



*...Podríamos ser conocidos como la generación que colocó al hombre en la Luna, mientras nos encontrábamos de pie hundidos con la basura hasta los tobillos...*

Ralph Locher

### CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

La **contaminación ambiental** son las emanaciones de alguna forma de energía (contaminación física), material químico (contaminación química), o emanaciones de microorganismos (contaminación biológica); y que causan un desequilibrio ecológico ya sea por la proliferación indiscriminada de alguna especie o por la extinción de otra. La contaminación se puede clasificar por su origen, por la fuente que la origina o por el tipo de contaminante que se segrega.

**Contaminación de origen natural:** Es el tipo de contaminación generada por algún factor natural, tal como las erupciones volcánicas, los terremotos, cambios climáticos, incendios forestales espontáneos, descomposición de seres vivos, o el oleaje marino, los cuales provocan un tipo de contaminación localizada y no es un problema, ya que se genera en forma esporádica.

**Contaminación de origen antropogénico:** La contaminación de origen antropogénico o artificial sucede cuando los vertidos son causados por la influencia directa de la mano del hombre.

**Contaminación física:** Son las emanaciones de algún tipo de energía (calor, radiaciones electromagnéticas, ruido, etc.) a uno de los componentes de la tierra. Este tipo de contaminación no es tan preocupante para el hombre debido a su efecto de dilución.

**Contaminación química:** Son las emanaciones de sustancias químicas a uno de los componentes de la tierra; tales como: detergentes, CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, material macroparticulado, hidrocarburos, plásticos, botellas, metales pesados, etc. Este tipo de contaminación es muy preocupante porque las industrias y los hogares generan miles de toneladas de productos químicos que se segregan a la atmósfera, hidrósfera y litósfera, produciendo los graves problemas de contaminación que estamos afrontando en estos momentos.

**Contaminación biológica:** Son las emanaciones de microorganismos: virus, protozoarios, hongos, etc. y que se reproducen exponencialmente por lo que si no se controlan rápidamente pueden producir males endémicos tales como: cólera, botulismo, dengue, malaria, etc.

### LA ATMÓSFERA

La atmósfera es una capa gaseosa de aproximadamente 10,000 km de espesor que rodea la litósfera e hidrósfera. Está compuesta de gases y de partículas sólidas y líquidas en suspensión atraídas por la gravedad terrestre. En ella, se producen todos los fenómenos climáticos y meteorológicos que afectan al planeta, regula la entrada y salida de energía de la tierra y es el principal medio de transferencia del calor. Por compresión, el mayor porcentaje de la masa atmosférica se encuentra concentrado en los primeros kilómetros. Es así como el 50% de ella se localiza bajo los 5 km, el 66% bajo los 10 km y sobre los 60 km se encuentra sólo una milésima parte.

En la tropósfera es donde se encuentran la mayor parte de los gases y el vapor de agua de la atmósfera, y su turbulencia afecta directamente a la corteza terrestre modelando su relieve. Por encima de la tropósfera se sitúan: la estratósfera, la mesósfera y la termósfera; con gases cada vez más enrarecidos, y con las respectivas tropopausa, estratopausa y mesopausa. No sabemos casi nada del papel que tienen en la definición del clima terrestre. Lo más estudiado es el estrato o «capa de ozono» en la estratósfera, de la cual sabemos poco más que se sitúa a unos 50 km de altitud y que es la encargada de absorber la mayor parte de las radiaciones ultravioleta que llegan a la Tierra, por lo que se constituye en una importante reserva de calor. Esta capa emite calor, y la influencia de ese calor define la ruptura del gradiente térmico vertical de la

tropopausa y la estratopausa. Muy probablemente la potencia del estrato tenga que ver con la temperatura media de la Tierra, ya que cuanto más grueso sea más calor absorberá.

En la tropósfera es donde tienen lugar los cambios del tipo de tiempo que nos interesan, y más nos afectan. Se compone fundamentalmente de **nitrógeno** (78%), **oxígeno** (21%) y **argón** (1%), así como de  $\text{CO}_2$  y otros gases menores, todos ellos en proporciones más o menos estables. También contiene vapor de agua, agua, polvo y núcleos higroscópicos en suspensión, pero su proporción en la atmósfera es variable según los lugares. La concentración de vapor de agua y agua en suspensión depende de la existencia de un área de evaporación o una temperatura reducida.

**Tabla:** El aire seco a nivel del mar presenta aproximadamente la siguiente composición:

COMPONENTE	PROCENTAJE VOLUMÉTRICO
Nitrógeno ( $\text{N}_2$ )	78.084%
Oxígeno ( $\text{O}_2$ )	20.948%
Argón (Ar)	0.934%
Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )	0.0355%
<b>Gases traza :</b> Neón (Ne), Helio (He), Metano ( $\text{CH}_4$ ), Kriptón (Kr), Hidrógeno ( $\text{H}_2$ ), Óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), Xenón (Xe), Ozono ( $\text{O}_3$ ), Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), Dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), Amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), Monóxido de carbono (CO).....	

Cuando algunos de estos componentes altera su concentración en forma local o global, incidiendo en forma negativa sobre el equilibrio ecológico, sobre las condiciones de vida o si esto último se da por la aparición de nuevos contaminantes como los clorofluorcarbonos (CFC), hablamos de contaminación atmosférica.

Se considera contaminación atmosférica a cualquier condición atmosférica bajo la cual los elementos o componentes ajenos a la atmósfera alcanzan concentraciones suficientemente elevadas respecto a su nivel ordinario como para que se produzcan efectos adversos en el hombre, animales, vegetación u objetos cualesquiera.

Los **contaminantes primarios** son emitidos directamente por una fuente, entre ellos están comprendidos los aerosoles,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , hidrocarburos, monóxido de carbono y otros menos frecuentes como halógenos y sus derivados ( $\text{Cl}_2$ , HF, HCl, haluros,...), arsénico y sus derivados, ciertos componentes orgánicos, metales pesados como Pb, Hg, Cu, Zn, etc. y partículas minerales (asbesto y amianto).

Los **contaminantes secundarios** se forman por reacción de los contaminantes primarios con los componentes naturales de la atmósfera, existiendo una gran familia de sustancias producidas por reacciones fotoquímicas. Comprende al ozono, aldehídos, cetonas, ácidos, peróxido de hidrógeno, radicales libres y otros de diverso origen como sulfatos, originados de los óxidos de azufre y nitratos, originados de los óxidos de nitrógeno.

### PRINCIPALES CONTAMINANTES PRIMARIOS

A continuación, se describen los principales contaminantes que pueden estar presentes en la atmósfera, y los efectos que pueden producir.

#### DIÓXIDO DE CARBONO ( $\text{CO}_2$ )

Es un gas incoloro, sin olor ni sabor que se encuentra presente en la atmósfera de forma natural. No es tóxico en pequeñas concentraciones y no se debería considerar una sustancia contaminante, ya que se reconvierte por fotosíntesis en oxígeno. La tala indiscriminada de bosques ha hecho que se rompa este equilibrio, acumulándose el  $\text{CO}_2$  en forma alarmante en la atmósfera, por las emanaciones generadas por el sistema de transporte, quema de los combustibles fósiles, incendios de grandes extensiones de bosques, etc. La capacidad del  $\text{CO}_2$  de retener la radiación IR (calor), genera el llamado efecto invernadero, discutido posteriormente.

#### MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

Cuando no hay suficiente oxígeno, se produce la combustión incompleta de un combustible fósil, el cual produce monóxido de carbono (CO). Este es un gas incoloro, inodoro, de menor densidad que el aire, tóxico y estable. Si se inhala, el monóxido de carbono reemplaza al oxígeno que las células necesitan para su funcionamiento. El monóxido de carbono del aire se acumula rápidamente en la sangre, ya que la hemoglobina tiene mayor afinidad por el CO, causando síntomas similares a los de la gripe, tales como jaqueca, fatiga, náuseas, mareos, estado de confusión e irritabilidad. A medida que aumenta su concentración, el CO produce vómitos, pérdida del conocimiento y, finalmente, daño cerebral y muerte. Las personas que sufren de problemas cardíacos son particularmente sensibles al CO, pudiendo experimentar dolor en el pecho si lo inhalan al realizar ejercicio. Los niños, los ancianos y las personas con problemas respiratorios son también especialmente sensibles.

### DIÓXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>)

Importante contaminante primario. Es un gas incoloro y no inflamable, de olor fuerte e irritante. Su vida media en la atmósfera es corta (de unos 2 a 4 días). Los daños a seres humanos pueden llegar a ser graves en el aparato respiratorio, ojos y mucosas. Además, la presencia de SO<sub>2</sub> es causa del deterioro de materiales, ya que acelera los procesos de oxidación de metales y se convierte en uno de los responsables del deterioro de gran cantidad de monumentos. En conjunto, más de la mitad del que llega a la atmósfera es emitido por actividades humanas, sobre todo por la combustión de carbón y petróleo y por la metalurgia.

### ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO<sub>x</sub>)

De los más de ocho óxidos distintos que forman esta familia, tres son los que están en el aire en cantidades apreciables: N<sub>2</sub>O (óxido nitroso), NO (óxido nítrico) y NO<sub>2</sub> (dióxido de nitrógeno).

El N<sub>2</sub>O es un gas inerte de carácter anestésico que contribuye al efecto invernadero (absorbe 200 veces más radiación infrarroja que el CO<sub>2</sub>) y afecta a la destrucción de la capa de ozono, incrementándose la presencia del mismo en la atmósfera como consecuencia de las emisiones procedentes de la descomposición de materia orgánica nitrogenada.

El NO es un gas incoloro e inodoro, tóxico a altas concentraciones y presente en el aire en muy bajas concentraciones (menos de 0,50 ppm), a las cuales su tolerancia por los seres vivos es aceptable; sin embargo, es un precursor del NO<sub>2</sub> y por lo tanto, responsable en parte de la contaminación fotoquímica.

### HIDROCARBUROS

Son varias las fuentes naturales que producen hidrocarburos. De todos los hidrocarburos en la atmósfera, aproximadamente solo un 15% está ahí a causa de la actividad humana. Sin embargo, en la mayor parte de las áreas urbanas el procesamiento y uso de la gasolina son las principales fuentes de hidrocarburos en la atmósfera. La gasolina puede evaporarse en cualquier punto de su procesamiento y uso. Este sencillo fenómeno contribuye esencialmente a la cantidad total de hidrocarburos en el aire urbano. El motor de un automóvil también contribuye al expulsar hidrocarburos no quemados o parcialmente quemados.

Ciertos hidrocarburos, sobre todo los que poseen dobles enlaces, se combinan con átomos de oxígeno o moléculas de ozono para formar aldehídos los cuales presentan un olor desagradable e irritante. Otra serie de reacciones donde intervienen hidrocarburos, dióxido de nitrógeno y oxígeno, da lugar a la formación de nitrato de peroxiacetilo (PAN). El ozono, el PAN y los aldehídos son los causantes de buena parte de los efectos nocivos de smog: dificultan la respiración y causan ardor y escozor a los ojos.

Los hidrocarburos con mayor efecto contaminante de la atmósfera, son el **metano** (CH<sub>4</sub>), por la cantidad emana a la atmósfera y el **benceno** por su actividad carcinogénica.

### CLOROFLUORCARBONOS (CFC)

Los compuestos llamados cloro fluorocarbonos, CFC, se han utilizado ampliamente como agentes propelentes en latas de aerosoles, como agentes espumantes para plásticos y en sistemas de refrigeración, aire acondicionado y disolventes. A temperatura ambiente, los CFC son gases o líquidos con bajo punto de ebullición. Son prácticamente insolubles en agua e inertes respecto a la mayor parte de las demás sustancias. Lo malo de que estas sustancias sean tan inertes es que pueden permanecer mucho tiempo en el medio ambiente. Su vida media estimada en la atmósfera supera los 100 años.

Los CFC se difunden en la estratosfera donde la radiación UV los descompone en los peligrosos radicales cloro, que están destruyendo irreversiblemente la capa de ozono.

### PARTÍCULAS Y AEROSOL

El término aerosol o partícula se utiliza a veces indistintamente, ya que los aerosoles atmosféricos se definen como dispersiones de sustancias sólidas o líquidas del aire.

Las partículas son un componente natural de la atmósfera e incluyen productos de procedencia variada: condensación de procesos naturales (incendios forestales, volcanes), de reacción de trazas de gases (cloruro de amonio, sales de sulfatos y nitratos) y materiales dispersados desde la superficie de la Tierra (sales de los océanos y polvo mineral de los continentes). A todas ellas hay que sumar las introducidas por el hombre como resultado de combustiones y procesos de incineración. Revisten toxicidad para el hombre interfiriendo frecuentemente los procesos respiratorios, ya sea por el tamaño (cuanto más pequeñas, más afectan al proceso de intercambio de gases en los pulmones), concentración, naturaleza de las mismas o porque estén asociadas a otros tóxicos. Afectan a las plantas formando depósitos sobre las hojas y llegando, a veces, a penetrar en la cadena trófica. Hacen disminuir la visibilidad, la radiación solar total recibida y alteran los niveles de precipitaciones. Su abundancia relativa varía según el medio.

La composición química varía mucho de unas partículas a otras, dependiendo fundamentalmente de su origen. Así, se pueden presentar sustancias muy distintas como partículas de polvo, polen, hollín (carbón), metales (plomo, cadmio), asbesto, sales, pequeñas gotas de ácido sulfúrico, dioxinas, pesticidas, etc.

Para su eliminación y tratamiento, se utilizan diversos dispositivos como cámaras de sedimentación por gravedad, separadores ciclónicos (centrífugos), colectores húmedos, filtros de tela y precipitadores electrostáticos.

### OTROS CONTAMINANTES DEL AIRE

Entre los compuestos halogenados es necesario citar los halogenuros de alquilo como contaminantes que afectan a la salud de los seres vivos presentando un cierto carácter acumulativo que puede llegar a ser letal si las concentraciones llegan a ser excesivas. Entre los compuestos orgánicos que destacan como contaminantes peligrosos figuran:

**Dioxinas:** Las dioxinas y los furanos no se sintetizan deliberadamente, excepto en pequeñas cantidades para trabajos de investigación. Se producen sin querer, principalmente de dos maneras:

- \* En el proceso de fabricación de algunos pesticidas, conservantes, desinfectantes o componentes del papel;
- \* Cuando se queman a bajas temperaturas materiales como algunos productos químicos, gasolina con plomo, plástico, papel o madera.

Hay varios cientos de dioxinas y furanos, pero en su mayoría sólo son ligeramente o nada tóxicos. Pero una docena de ellos están entre las sustancias más tóxicas que se conocen. Una simple dosis de 6 millonésimas de gramo de la dioxina más letal que es la 2,3,7,8-TCDD, mata a una rata. Todavía no se sabe bien cómo afectan a los humanos estas sustancias. Se ha podido observar la acción de estos compuestos cuando alguna persona ha quedado expuesta por accidente a ellas, pero en estos casos sólo se puede conocer la dosis que han recibido muy aproximadamente. Por esto es arriesgado pronunciarse sobre los efectos que producen las distintas dosis, especialmente cuando hablamos de contacto con estas sustancias durante periodos de tiempo largos.

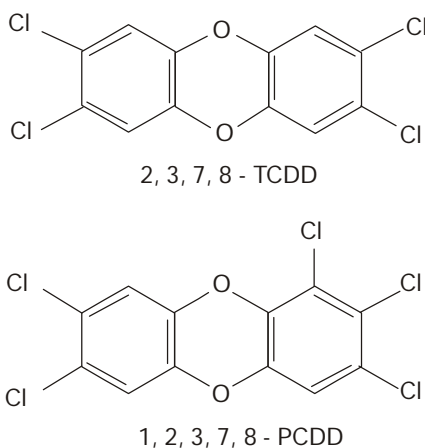


Figura 25.1: Dióxinas de gran efecto tóxico.

### Otras fuentes de contaminación

**Radiactividad.** La radiactividad es un contaminante primario, y tiene su origen tanto en emisores naturales como antropogénicos. La radiactividad natural resulta de la presencia de radionúclidos, originados a su vez o por la existencia de minerales radiactivos en la corteza terrestre o por la interacción de la radiación cósmica sobre los gases atmosféricos. Los focos de emisiones radiactivas de tipo antropogénico son:

- \* Reactores nucleares.
- \* Las industrias relacionadas con la producción de energía nuclear, minería, separación del combustible radiactivo y preparación de éste.
- \* Explosiones nucleares y termonucleares.
- \* Plantas de enriquecimiento del combustible radiactivo.

**Ruido.** Es una forma particular de contaminación atmosférica especialmente centrada en zonas urbanas e industriales afectando notablemente a la calidad de vida.

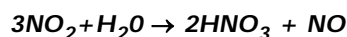
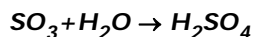
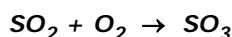
### PROBLEMAS LATENTES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

#### LLUVIA ÁCIDA

La lluvia normalmente tiene un pH ligeramente ácido (pH aprox. 5.6) debido al  $\text{CO}_2$  presente en la atmósfera. Cuando la lluvia tiene valores de pH menores a 5.6, se le llama lluvia ácida. El pH de la lluvia puede disminuir por:

- \* Fenómenos naturales como erupciones volcánicas (emisiones de  $\text{SO}_2$ ), incendios forestales ( $\text{CO}_2$ ), actividad microbiana.
- \* Fenómenos antropogénicos como el consumo de combustibles fósiles por su contenido de azufre o por la generación de óxidos de nitrógenos durante la combustión de ellos.

\* Algunas de las reacciones que dan origen a la lluvia ácida:



La lluvia ácida es un problema de interés nacional debido a que junto con los gases que la originan presenta efectos adversos al ambiente.

### EFFECTOS DE LA LLUVIA ÁCIDA

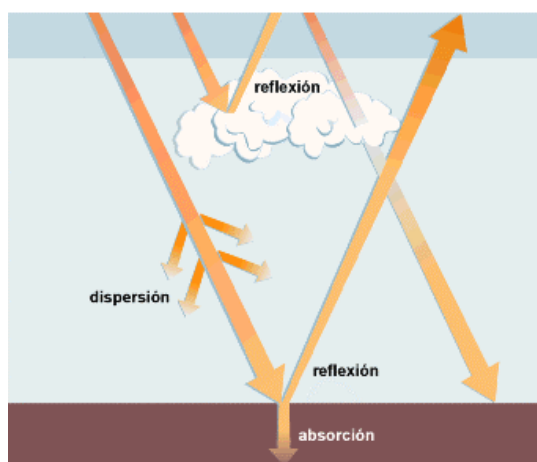
- \* **Lagos y ecosistemas acuáticos.** Disminuye el pH de los cuerpos de agua, lo que modifica las condiciones de la vida acuática y en casos severos puede ocasionar la muerte de algunas especies.
- \* **Plantas y suelos.** La lluvia ácida reacciona con los nutrientes de los suelos evitando que las plantas lo absorban (calcio y magnesio), disuelve metales tóxicos para la plantas presentes en el suelo (como aluminio) y facilita su absorción originando daño en ellas. Daña la superficie de las plantas.
- \* **Humanos.** El  $\text{SO}_2$  y los  $\text{NO}_x$  en grandes volúmenes pueden ocasionar efectos adversos al aparato respiratorio.
- \* **Construcciones y materiales.** Algunos materiales reaccionan con los ácidos sulfúrico y nítrico acelerando u ocasionando su corrosión, por ejemplo estructuras metálicas y concreto en obras civiles, monumentos y obras de arte al aire libre, etc.

### EFFECTO INVERNADERO

Recibe ese nombre un fenómeno asociado al hecho de que ciertos gases presentes en la atmósfera son capaces de almacenar radiación infrarroja. La mayoría de esos gases proceden de fuentes naturales, aunque la proporción de tipo antropogénico no cesa de aumentar, por ello los expertos predicen como inevitable un cambio climático inminente.

Gracias a la atmósfera, la temperatura media del planeta es  $15^\circ\text{C}$  en lugar de los previsibles  $-18^\circ\text{C}$  que tendríamos sin el conocido efecto invernadero. Los procesos producción de electricidad y casi todo el transporte utilizan los combustibles fósiles, que al ser quemados emiten al aire  $\text{CO}_2$  y vapor de agua. Aunque las cifras pueden resultar confusas, no olvidemos que las tasas de emisión de dióxido de carbono seguirán aumentando los próximos años y, por tanto, el ciclo del carbono se verá alterado; aumentando, previsiblemente, la concentración de dicho gas en la atmósfera y el riesgo que ello conlleva. De la energía que nos llega del Sol, una parte es reflejada por las capas altas de la atmósfera y por las nubes, otra parte es absorbida por el propio aire y el resto de energía llega hasta la superficie de la Tierra, de la cual aproximadamente un 51% corresponde a radiación infrarroja, un 40% es visible y un 9% ultravioleta.

El suelo y los mares reemiten hacia arriba radiación infrarroja, que es absorbida por el aire o se reenvía al suelo, mientras el resto escapa hacia el espacio exterior. Gracias, pues, a la capacidad de la atmósfera de retener gran parte de la radiación infrarroja (**efecto invernadero**), se mantiene una temperatura media de equilibrio de  $15^\circ\text{C}$ , muy superior a los  $-18^\circ\text{C}$  previstos de no registrarse esa absorción por los gases traza de efecto invernadero.



**Figura:** Fenómeno de absorción y reflexión de la luz solar por la tropósfera y la atmósfera.

Tres son los gases, aunque se detallan otros, cuyas concentraciones en el aire van aumentando paulatinamente como consecuencia de la industrialización:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$ . Además, el vapor de agua presente también ejerce un efecto importante en la regulación del fenómeno. Se proponen varias hipótesis para intentar explicar lo que ocurrirá en el futuro. Todas ellas parten de una situación de calentamiento inicial como consecuencia de la mayor concentración de esos gases en el aire.

**Cuadro:** Gases que provocan efecto invernadero

Gas invernadero	Acción relativa	Contribución real
$\text{CO}_2$	1 (referencia)	76%
CFCs	15 000	5%
$\text{CH}_4$	25	13%
$\text{N}_2\text{O}$	230	6%

El calentamiento de la atmósfera es el principal desafío medioambiental que hoy afronta la humanidad a nivel mundial. Ninguna población es ajena al problema y a sus consecuencias que puede expresar de varias formas:

- Aumento de la frecuencia de catástrofes climáticas con graves daños a las personas y los bienes materiales.
- Fusión de los hielos polares, afectando especialmente a poblaciones costeras y países insulares
- Aparición de nuevas enfermedades
- Erosión de tierras cultivables
- Al aumentar la temperatura del aire, los océanos liberarán más  $\text{CO}_2$  y los ecosistemas húmedos, más  $\text{CH}_4$ . Esto alimentaría el fenómeno.



**Figura 25.3:** Fuente de contaminación atmosférica.

Más vale hablar de cambio climático, aunque sólo sea por pura cautela en el lenguaje. El clima es el resultado de las interacciones del aire, el agua del océano y los hielos polares, entre los que se establecen flujos de energía e intercambios de calor. El océano absorbe la energía del Sol, la retiene y la distribuye por el globo, "memorizando" los procesos que tienen lugar. El mecanismo de distribución lo forman las corrientes marinas, las cuales se mueven por la superficie y el interior de los mares, controladas por flujos de calor y de sal, mediante un sistema metaestable de dinámica no lineal. Ligeras variaciones en la densidad y la temperatura pueden cambiar el movimiento del agua. Según investigaciones recientes, el necesario enfriamiento de la corriente superficial procedente del Pacífico, bordeando toda África hasta el Atlántico Norte, puede verse alterado por el calentamiento global, de modo que la corriente enfriada y con un mayor grado de salinidad viajando en sentido inverso por el interior marino (similar a una cinta transportadora) podría quedar interrumpida. Ello produciría un desajuste climático de efectos impredecibles. Principal culpable: el  $\text{CO}_2$ .

### SMOG FOTOQUÍMICO

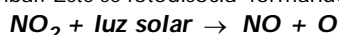
Smog es una palabra que nace como la mezcla de smoke (humo) y fog (niebla).

El smog clásico se caracteriza por altas concentraciones de óxidos de azufre y material particulado.

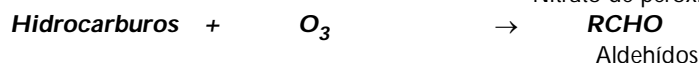
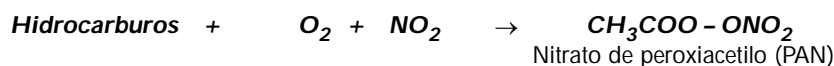
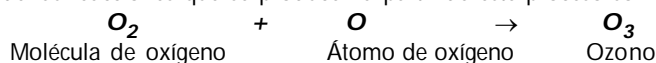
El smog fotoquímico se refiere a una mezcla compleja de productos que se forman a partir de la interacción de la luz solar con el dióxido de nitrógeno y los hidrocarburos principalmente.

Las grandes urbes están expuestas además a procesos de contaminación específicos como consecuencia de las emisiones propias de la ciudad entre las que cabe destacar partículas y aerosoles procedentes de las calderas de calefacciones domésticas y, sobre todo, por las emisiones de los vehículos a motor. Entre los contaminantes propios de este medio está el Pb, procedente de las gasolinas. Capítulo aparte merecen los óxidos de nitrógeno emitidos en la combustión interna de los motores de dichos vehículos (son los principales responsables del «smog» fotoquímico), así como los hidrocarburos volátiles y otros precursores del ozono troposférico, que junto a los aerosoles y partículas, dan como resultado una atmósfera que deja pasar de un 15 a un 30% menos de luz.

El dióxido de nitrógeno es un gas de color ámbar. Éste se fotodisocia formando óxido nítrico y átomos de oxígeno reactivos.



Algunas de las reacciones que se producen a partir de este proceso son las siguientes:



Los  $\text{NO}_x$  tienen una gran trascendencia en la formación del smog fotoquímico, del nitrato de peroxiacetileno (PAN) e influyen en las reacciones de formación y destrucción del ozono, tanto troposférico como estratosférico, así como en el fenómeno de la lluvia ácida ya que la mayoría de las reacciones químicas de estos compuestos llevan a la obtención de  $\text{HNO}_3$  que es vertido como lluvia ácida.

**Cuadro:** Tabla de compuestos generados por el smog fotoquímico.

<b>TABLA COMPUESTOS ORIGINARIOS DEL SMOG</b>	
<b>TIPO CONTAMINANTE</b>	<b>FUENTE DE CONTAMINACIÓN</b>
Monóxido de carbono ( $\text{CO}$ )	Gases de escape de vehículos de motor. Algunos procesos industriales.
Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ )	Instalaciones generadoras de calor y electricidad que utilizan petróleo o carbón con contenido sulfuroso; plantas de ácido sulfúrico.
Partículas en suspensión	Gases de escape de vehículos de motor; procesos industriales; incineración de residuos; generación de calor y electricidad; reacción de gases contaminantes en la atmósfera.
Plomo ( $\text{Pb}$ )	Gases de escape de vehículos de motor; fundiciones de plomo; fábricas de baterías.
Óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}$ , $\text{NO}_2$ )	Gases de escape de vehículos de motor; generación de calor y electricidad; explosivo, fábricas de fertilizantes.
Oxidantes fotoquímicos fundamentalmente ozono ( $\text{O}_3$ )	Se forman en la atmósfera como reacción a los ácidos de nitrógenos, hidrocarburos y luz solar.
Hidrocarburos (incluye etano, etileno, propano, butanos, pentanos, acetileno)	Gases de escape de vehículos de motor; evaporación de disolventes; procesos industriales; eliminación de residuos sólidos, combustión de combustibles.
Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )	Todas las fuentes de combustión.

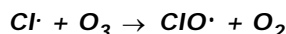
### REDUCCIÓN DE LA CAPA DE OZONO

La capa de ozono en la estratósfera protege la vida en la tierra de los rayos ultravioleta de la luz solar. En los años 80, la comunidad científica comenzó a acumular evidencia de que la capa de ozono estaba reduciéndose. La reducción de la capa de ozono aumenta el nivel de radiación ultravioleta que llega a la superficie de la tierra, lo cual, a su vez, puede aumentar las probabilidades de exposición excesiva a los rayos ultravioleta y los problemas de salud asociados con ello, como cáncer, cataratas e inhibición del sistema inmunológico.

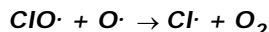
Los clorofluorocarbonos son transportados por fuertes vientos hacia la estratósfera, en un proceso que puede tardar de 2 a 5 años donde, por acción de los rayos UV, se disocian según:



El cloro atómico en forma de radical libre generado en la ecuación anterior, puede formar  $\text{ClO}\cdot$  al reaccionar con el ozono transformando a este último en  $\text{O}_2$ , según:



En estas condiciones, el  $\text{ClO}\cdot$  reacciona con oxígeno atómico y se regeneran los radicales cloro y así sucesivamente puede continuar el ciclo de destrucción miles de veces.



- Los principales culpables de la destrucción de la capa de ozono son:
  - CFCs (en 80%), freones.
  - Los compuestos orgánicos halogenados.
  - Los óxidos de nitrógeno,  $\text{NO}_x$ .
- Las actividades que contribuyen al deterioro de la capa de ozono son:
  - La deforestación y el uso de fertilizantes.
  - Sistemas de aire acondicionado.
  - La utilización de combustibles fósiles.
  - El uso de los sistemas de atomización, sprays.
- Efectos**
  - Inicia y promueve el cáncer a la piel, maligno y no maligno.
  - Daña el sistema inmunológico, exponiendo a la persona a la acción de varias bacterias y virus.
  - Provoca daño a los ojos, incluyendo cataratas, deformación del cristalino, etc.
  - Hace más severas las quemaduras del sol y envejecen la piel.
  - Aumenta el riesgo de dermatitis alérgica y tóxica.
  - Activa ciertas enfermedades por bacterias y virus.

- Aumentan los costos de salud.
- Reduce el rendimiento de las cosechas.
- Reduce el rendimiento de la industria pesquera.
- Afectan la productividad agrícola.
- Daña cadenas alimenticias.
- Destruye el fitoplacton.
- Perjuicio de bosques.
- Afecta la vida submarina hasta 20 metros de profundidad.

### **Metales Pesados**

Proceden de la combustión de carburantes fósiles, centros metalúrgicos, industria nuclear, minería e incineración de residuos. Pueden ocasionar enfermedades de los aparatos respiratorio y cardiovascular, así como daños cerebrales y psicológicos. Entre los metales pesados más peligrosos tenemos:

#### **Plomo**

Sus derivados son emitidos por los automóviles que usan  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$  y otros aditivos antidetonantes en la gasolina.

Es tóxico. Inhalado o ingerido se concentra en la sangre, en los tejidos y en los huesos. Los iones  $\text{Pb}^{2+}$  inhiben la actividad de enzimas que catalizan reacciones de la biosíntesis de hemoglobina.

El tetraetil plomo es aún mas venenoso, en el hígado se convierte en  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_3^+$ , así atraviesa membranas con facilidad atacando enzimas en distintas zonas, como por ejemplo en el cerebro, principalmente el sistema nervioso central y también funciones renales.

#### **Mercurio**

El mercurio es el único metal común en estado líquido a temperatura ambiente. El vapor de mercurio es en extremo tóxico. Un recipiente abierto de mercurio o un derrame en un lugar cerrado puede desprender suficiente vapor en el aire como para exceder el valor permisible hasta por un factor de 200.

El mercurio es un peligro para quienes trabajan con él. Los dentistas los utilizan en las amalgamas dentales. El envenenamiento crónico ocasionado por mercurio es una amenaza real para quienes están expuestos a él continuamente. Afortunadamente, hay antidotos para el envenenamiento con mercurio. Sin embargo, es posible que los síntomas de envenenamiento con este metal no aparezcan sino después de un cierto tiempo. Para cuando se pueden reconocer los síntomas de envenenamiento como pérdida del equilibrio, la vista, el tacto y el oído; el cerebro y el sistema nervioso ya han sufrido daños severos, los cuales son en gran medida irreversibles.



Figura 25.4: Perlas de mercurio líquido

#### **Cadmio**

El cadmio se usa menos extensamente que el plomo o el mercurio, pero no por ello es menos peligroso. Este metal se usa ampliamente en aleaciones, en las baterías recargables de níquel –cadmio y en muchas otras aplicaciones. El envenenamiento con cadmio causa la pérdida de iones calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) de los huesos, los cuales se vuelven quebradizos. El cadmio también causa dolores abdominales severos, vómitos, diarrea y una sensación de asfixia.

#### **Arsénico**

Se encuentra en estado libre en la naturaleza y también formando diversos minerales. Es un sólido quebradizo, cristalino y de color gris acero, sublima fácilmente y forma vapores tóxicos.

Aunque sus compuestos solubles son venenosos, en pequeñas dosis se utilizan como tónicos. Su principal utilidad es para aleaciones con numerosos metales, y en agricultura para combatir insectos y parásitos.

### **CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

Los contaminantes más frecuentes de las aguas son: materias orgánicas y bacterias, hidrocarburos, desperdicios industriales, productos pesticidas y otros utilizados en la agricultura, productos químicos domésticos y desechos radioactivos. Lo más grave es que una parte de los derivados del petróleo son arrojados al mar por los barcos o por las industrias ribereñas y son absorbidos por la fauna y flora marina que los retransmiten a los consumidores de peces, crustáceos, moluscos, algas, etc. Se conocen las propiedades cancerígenas de los hidrocarburos polibencénicos del tipo 3-4 pireno y se los ha encontrado en el cuerpo de diversos tipos de organismos acuáticos que consume el hombre.

Los contaminantes en forma líquida provienen de las descargas de desechos domésticos, agrícolas e industriales en las vías acuáticas, de terrenos de alimentación de animales, de terrenos de relleno sanitario, de drenajes de minas y de fugas de fosas



sépticas. Estos líquidos contienen minerales disueltos, desechos humanos y de animales, compuestos químicos sintéticos y materia coloidal y en suspensión. Entre los contaminantes sólidos, se encuentran arena, arcillas, tierra, cenizas, materia vegetal agrícola, grasas, brea, papel, hule, plásticos, madera y metales.

El agua contiene muchas sustancias disueltas, entre ellas oxígeno, el cual es necesario para los peces y otras formas de vida acuática. La mayor parte del material orgánico puede ser descompuesto (degradado) por microorganismos. Esta biodegradación puede ser *aerobia* o *anaerobia*. La oxidación aeróbica ocurre en presencia de oxígeno disuelto. Una medida de la cantidad de oxígeno requerido para esta degradación es la **demanda bioquímica de oxígeno** (DBO). Cuanto mayor sea la cantidad de desechos orgánicos degradables, mayor es la DBO. Si la DBO es lo suficientemente alta, se agotará el oxígeno y ningún ser vivo, con excepción de los microorganismos anaerobios que producen olores desagradables pueden sobrevivir en lagos o corrientes de agua.

Si el agua tiene suficiente oxígeno disuelto las bacterias aerobias, *oxidan* la materia orgánica a dióxido de carbono y agua principalmente. Cuando las algas mueren, se convierten en desechos orgánicos y elevan la DBO.

### **Eutroficación.**

La contaminación y eutroficación de los cuerpos acuáticos a causa de poluentes de origen humano son serios problemas para el abastecimiento de agua potable alrededor del mundo.

La **eutroficación** es un proceso de enriquecimiento de nutrientes y el subsecuente incremento en productividad en el cuerpo acuático. Los nutrientes están formados generalmente por nitrógeno y fósforo, los cuales están presentes en los detergentes (en forma de fosfatos) y en los fertilizantes (en forma de nitratos), y que son los principales reguladores del crecimiento y reproducción vegetal.

La manifestaciones más comunes de la eutroficación son:

- Incremento desmedido de las concentraciones de nutrientes resultando en un acelerado aumento del crecimiento de fitoplankton. El crecimiento de fitoplankton es indeseable en un cuerpo acuático por varias razones. Estas incluyen el hecho de que las algas azules verdosas producen toxinas que son peligrosas para los humanos y los animales. Otros problemas incluyen el desagradable sabor y olor en el agua potable, además de que los flóculos algales son visualmente repulsivos y tapan las cañerías.
- La deoxigenación del hipolimnio que resulta del decaimiento de la biomasa algal durante la estratificación estacional.
- Mortandad de peces como consecuencia de la anoxia del hipolimnio.
- La liberación de nutrientes desde los sedimentos resultante de la deoxigenación del hipolimnio.
- La liberación de metales pesados desde los sedimentos resultante de la deoxigenación del hipolimnio.
- El manganeso y el hierro pueden causar problemas durante el tratamiento para potabilizar las aguas.
- Los metales pesados como el plomo, el mercurio y el cadmio son altamente tóxicos para los humanos.

En general, la eutroficación de las aguas causa tanto pérdidas económicas, a consecuencia de que la utilidad del cuerpo acuático es reducida; como amenaza a la salud humana, por los cambios biológicos y químicos que genera en los cuerpos acuáticos.

La eutroficación es un proceso muy acelerado por nuestras actividades humanas en el área de atrapamiento de aguas o "cuenca" de un cuerpo acuático. Estas actividades humanas tales como la deforestación y/o la reforestación con plantas exóticas, la agricultura, la industria y la urbanización incrementan la carga nutriente sobre los cuerpos acuáticos. Incrementos en una carga sobre un cuerpo acuático puede ser directa, aumentando las concentraciones o indirecta, reduciendo la habilidad de las cuencas para absorber nutrientes. La carga directa de nutrientes producto de las actividades humanas puede ser resultado de aportes puntuales o difusos.



**Figura:** Problemas de eutroficación del agua

## CONTAMINACIÓN DEL SUELO

La contaminación del suelo consiste en la introducción de un elemento extraño al sistema suelo o la existencia de un nivel inusual de uno propio que, por sí mismo o por su efecto sobre los restantes componentes, genera un efecto nocivo para los organismos del suelo, sus consumidores, o es susceptible de transmitirse a otros sistemas. Existe una contaminación de origen natural y otra de origen antrópogénico o inducido.

### **Contaminación natural.**

La primera causa de contaminación natural es la propia alteración mineral que da origen al suelo. Existen algunas rocas cuyo contenido en determinados elementos es especialmente alto y los suelos que sobre ellas se desarrollan heredan esa elevada concentración. Este es el caso de algunas rocas metamórficas como las serpentinas cuyo contenido en cromo y en níquel suele ser muy alto.

Otro factor importante es el lavado, así en climas ecuatoriales o tropicales donde la alteración mineral es muy intensa, pueden ocurrir acumulaciones residuales de elementos poco móviles aun cuando el contenido inicial no fuese excesivamente elevado. En menor medida puede ocurrir en climas húmedos en los que pueden provocarse desequilibrios que conducen a toxicidad por algunos elementos, como es el caso del aluminio, del hierro o del manganeso; todos ellos son habituales pero pueden alcanzar concentraciones excesivas.

La actividad volcánica cubre las áreas vecinas con sus emanaciones ya sean sólidas en forma de cenizas, o gaseosas con aportes de diversos compuestos oxidados de azufre que generan una fuerte acidez en el suelo. En este caso, más que la contaminación por el elemento aportado puede producirse otra inducida que eleva la solubilidad de algún elemento preexistente.

La atmósfera puede servir de vehículo para la introducción de elementos extraños en el suelo bajo diferentes estados físicos. En forma sólida, el polvo proveniente de lejanas zonas puede provocar una sobreconcentración de algún elemento, o la dilución de los nutrientes presentes como es el caso de las nubes de polvo ricas en cuarzo y cuyo origen son las conocidas calimas.

En zonas costeras, los fuertes vientos generan aerosoles con diminutas gotas de agua que pueden alcanzar a extensas franjas costeras en las que elevan la salinidad. Este efecto, adquiere una especial relevancia en las zonas áridas o semiáridas en las que la lluvia es insuficiente para provocar el lavado de las sales añadidas.

Por último, tenemos la contaminación gaseosa, que si bien puede considerarse inducida porque el desprendimiento de gases suele ser de origen antropogénico, su distribución es natural pues no siempre se produce en el lugar en que se origina, sino que puede alcanzar zonas lejanas debidas al régimen de vientos dominantes.

### **Contaminación antropogénica.**

Uno de los principales agentes contaminantes del suelo es la industria, que genera residuos sólidos que se depositan sobre los suelos vecinos y cuyo efecto suele ser reducido en el espacio, pero persistente en el tiempo. Los residuos líquidos tienen un efecto más extendido en el espacio y de más difícil control, pues además de los suelos afectados directamente por ellos, al incorporarse a las aguas superficiales pueden extenderse a zonas relativamente lejanas y que utilicen esas aguas para riego. Las emisiones de polvo o gases se distribuyen por el viento y su comportamiento es similar al de la contaminación atmosférica ya comentada.

Las actividades mineras provocan en el suelo, además de su desaparición en el área afectada que no siempre se recupera convenientemente, una contaminación en las zonas cercanas en las que se depositan gran cantidad de residuos sin valor para la explotación. Cuando la actividad extractiva está relacionada con metales pesados, materiales radiactivos o sustancias similares, nocivas para los seres vivos, la contaminación afecta a una gran superficie por el efecto de la dispersión del polvo generado por el aire. Este efecto contaminante puede alcanzar a las aguas subterráneas cuando su magnitud es grande y en función de las condiciones climáticas y la permeabilidad de los suelos afectados.

La agricultura es la actividad más contaminante para el suelo ya que afecta a grandes superficies del mismo y es la actividad principal que se desarrolla sobre él. La contaminación del suelo se efectúa tanto en el manejo como en los aditivos utilizados, fertilizantes y pesticidas.

Existen otra serie de actividades en las que el efecto contaminante no es tan evidente como en las anteriores, como sucede con la caza, que deja grandes cantidades de plomo y otros metales utilizados en los cartuchos. Las áreas urbanas son otra gran fuente de contaminación por la enorme producción de residuos, así como las vías de comunicación por los gases desprendidos por los motores de explosión. En este sentido, hay que tener cada vez más en cuenta el intenso tráfico aéreo que deja gran cantidad de residuos en la atmósfera y que indefectiblemente terminan en el suelo.

## ALTERNATIVAS A LOS PROBLEMAS DE CONTAMINACIÓN

- \* El **reciclado** es el método de eliminación de residuos sólidos más ecológico y respetuoso con el medio ambiente. Mediante labores responsables de clasificación para el reciclaje estaremos ahorrando mucha energía a las plantas incineradoras, además de residuos y gases contaminantes de la atmósfera.



- \* Mediante la adquisición de envases de cristal o plásticos, especialmente si son retornables, estaremos contribuyendo al proceso de reutilización.
- \* Promover el uso de productos **biodegradables**. La biodegradación no es más que la descomposición de un organismo por la acción de otros organismos vivos y/o la acción de la intemperie.
- \* Una materia manufacturada como el papel, depositada en un medio acuoso tarda entre 3 y 4 semanas en degradarse; para un vaso de vidrio el tiempo es indefinido.
- \* Reciclable no es sinónimo de biodegradable, aunque una sustancia puede ser ambas cosas a la vez.
- \* Los envases, bolsas plásticas o bandejas de poliestireno, contribuyen a la producción de residuos no biodegradables cuando nos deshacemos de ellos sin atenernos a un programa de reciclaje.

Se da a continuación una lista de los posibles elementos que pueden separarse de los residuos domiciliarios y que tienen valor comercial:

- |            |                        |
|------------|------------------------|
| * Papel    | * Vidrio transparente  |
| * Cartón   | * Vidrio color         |
| * Hierro   | * Botellas de plástico |
| * Cobre    | * Plásticos en general |
| * Aluminio |                        |

### **RECICLADO DE PLÁSTICOS:**

Las fábricas de plástico utilizan tres fuentes de materiales para alimentar sus proceso de producción:

- \* Materia virgen o nueva.
- \* Residuos industriales de otras fábricas de plásticos o residuos de buena calidad como envasadoras ( Scrap).
- \* Residuos domiciliarios urbanos ( desechos).

Según el grado de calidad del nuevo producto se selecciona una mayor o menor pureza. Por ejemplo si se debe fabricar un envase que contendrá alimentos la materia prima plástica debe ser virgen, pero si fuera un juguete podría optarse por una mezcla de otros plásticos recuperados.

El scrap también puede estar formado por material que si bien es residuo se lo suele encontrar limpio (recortes de bolsas, camisetas) o materiales sucios (envoltorios de botellas o ladrillos), e incluso puede estar contaminado con productos químicos. Estos son limitantes para el uso posterior del plástico desde el punto del vista médico o bromatológico; pero no desde el punto de vista técnico de fabricación.

Por último, los residuos domiciliarios son los más complejos por la selección inadecuada de los mismo, porque suelen estar sucios con diversos productos y porque encarece su reprocesamiento. Por supuesto, su utilización está solamente dirigida a productos sin grandes exigencias de higiene y de calidad (juguete, caños, etc.)



Reciclable

## PROBLEMAS PROPUESTOS

01. ¿Qué es un contaminante secundario del aire?
- Aquellos que no dañan la capa de ozono.
  - Aquellos que conllevan a la formación de la lluvia ácida.
  - Aquellos que se forman por la reacción de un contaminante primario con un componente de la atmósfera o con otro contaminante.
  - Aquellos que no son nocivos para la salud del hombre.
  - Aquel que contamina en menor grado al ambiente.
02. ¿Qué alternativa sólo contiene contaminantes primarios?
- NO, SO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, CO
  - NO<sub>2</sub>, NO, SO<sub>2</sub>, CO
  - CO, O<sub>3</sub>, SO<sub>3</sub>, NO
  - CO, SO<sub>3</sub>, macropartículas, hidrocarburos
  - H<sub>2</sub>O, SO<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>
03. ¿Qué contaminantes son los que más afectan la capa de ozono en la estratósfera?
- NO<sub>x</sub> y compuestos fluorclorocarbonados.
  - SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>
  - SO<sub>2</sub>, compuestos hidrocarbonados.
  - SO<sub>3</sub>, compuestos fluorclorocarbonados.
  - Macropartículas.
04. El índice de octano se relaciona con la detonación o el sonido de un motor de combustión interna. Estas detonaciones o golpeteos se deben a la desigual combustión dentro de los cilindros del motor. Las gasolinas se pueden clasificar comparando la tendencia a la detonación con los combustibles estándar de octanajes conocidos. El **n - heptano**, tiene una clasificación de octanaje de **0** y el 2,2,4-trimetilpentano, cuyo nombre vulgar es **isooctano**, se clasifica con un octanaje de **100**. Entonces, como clasificaría una gasolina de 84 octanos:
- Aquella gasolina cuyo poder de detonación es equivalente a una mezcla 84 % de n-heptano y 16 % de isooctano.
  - Aquella gasolina cuyo poder de detonación es equivalente a una mezcla 16% de n-heptano y 84% de isooctano.
  - Aquella gasolina cuyo poder de detonación es equivalente a una mezcla de 84% de n-octano y 16% de n-heptano.
  - Aquella gasolina cuyo poder de detonación es equivalente a una mezcla de 16% de n-octano y 84% de n-heptano.
  - Aquella gasolina cuyo poder de detonación es similar a una mezcla equimolar de n-heptano e isooctano.
05. ¿Por qué se agrega plomo tetraetilico a la gasolina?
- Para disminuir el costo.
  - Para disminuir el octanaje.
  - Para elevar el octanaje.
  - Para no contaminar el ambiente.
  - Todos son correctos.
06. ¿Qué entiende por gasolina ecológica?
- Aquella gasolina cuyos componentes han sido tratados para ser ricos en alcanos **no** ramificados y así elevar el octanaje de la gasolina, sin la adición del plomo tetraetilico.
  - Aquella gasolina que ha sido tratada para elevar la proporción de alcanos ramificados, olefinicos y así elevar el octanaje sin la adición del plomo tetraetilico.
  - Aquella gasolina que contiene un exceso de plomo tetraetilico para elevar el octanaje.
  - A y C son correctos.
  - B y C son correctos.
07. ¿Cuáles son los 4 gases que componen el 99,9 % de la atmósfera?
- N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, Ar.
  - N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CO, He.
  - N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, Ar, CO.
  - H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO, Ne.
  - N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO.
08. ¿Qué entiende por contaminantes primarios de la atmósfera?
- Son aquellos contaminantes generados en el medio ambiente por determinadas reacciones químicas con otros contaminantes liberados al medio ambiente y que se acumulan en determinadas zonas geográficas.
  - Son aquellos contaminantes directamente liberados al medio ambiente y que se acumulan en determinadas zonas geográficas.
  - Son aquellos contaminantes indirectamente liberados al medio ambiente y que se acumulan en determinadas zonas geográficas.
  - Son aquellos contaminantes rápidamente generados en el medio ambiente por la liberación de otros contaminantes.
  - Son aquellos cuyo grado de contaminación es superior al de un contaminante secundario.
09. ¿Cuáles son los dos gases que representan el 99% del la atmósfera?
- Oxígeno y dióxido de carbono.
  - Nitrógeno y dióxido de carbono.
  - Oxígeno e hidrógeno.
  - Oxígeno y nitrógeno.
  - Oxígeno y argón.

10. Por qué es tóxico el monóxido de carbono para los seres humanos:
- Porque se acumula en el pulmón.
  - No permite el transporte normal de oxígeno debido a que se acumula en la sangre.
  - Se acumula en el cerebro produciendo embolia.
  - Se acumula en el corazón produciendo taquicardia.
  - Porque causa daño irreversible a los riñones.
11. ¿Qué efecto cree Ud que **no** se genera por la contaminación por derrame del petróleo en los mares de la tierra?
- Disminuye la cantidad de oxígeno disuelto en el mar debido a que la capa de petróleo encima del agua no permite el contacto aire- agua.
  - Disminuye la cantidad de aves debido a que al cazar peces se les adhiere el petróleo y ya no pueden volar muriendo inexorablemente.
  - Disminuye la cantidad de peces por el envenenamiento por los componentes del petróleo.
  - Mueren sólo los animales que viven en el fondo debido a que el petróleo se deposita en el fondo del mar.
  - Disminuye la incidencia de rayos solares en el fondo del mar con lo que varía la fauna marina. Esto se debe a que el petróleo refleja los rayos solares.
12. ¿Qué cree Ud que es el efecto invernadero?
- El incremento de la temperatura del medio ambiente por la contaminación con  $\text{SO}_2$ .
  - La disminución de la temperatura del medio ambiente por la contaminación con  $\text{CO}_2$ .
  - El aumento de la temperatura del medio ambiente por la contaminación con  $\text{CO}_2$ .
  - La disminución de la temperatura del medio ambiente por la contaminación con  $\text{SO}_2$ .
  - El aumento de la temperatura del medio ambiente por la reducción de la capa de ozono.
13. ¿Cuál es principal componente del gas natural?
- El metano.
  - El etano.
  - Los butanos.
  - La gasolina para avión.
  - El propano.
14. ¿Cuál de los siguientes productos **no** se obtiene de la refinación del petróleo?
- Kerosene.
  - Gasolina.
  - Éter de petróleo.
  - Glicerina.
  - Asfalto.
15. De qué está formado el petróleo:
- Una mezcla de aceites pesados.
  - Muchos compuestos disueltos en agua.
  - De una mezcla de hidrocarburos con un mayor contenido de alcanos y ciclo alcanos.
  - Una mezcla de hidrocarburos especialmente aromáticos.
  - Una mezcla de alquenos.
16. De qué está formada la gasolina:
- De una mezcla de alcanos solamente.
  - De una mezcla de alcanos y alquenos.
  - De una mezcla de alcanos: C5- C10, con cierta cantidad de hidrocarburos olefinicos.
  - De una mezcla de alcanos de C2 - C6, con una gran proporción de hidrocarburos olefinicos.
  - Únicamente de n-heptano e isoootano.
17. ¿Qué entiende por cracking catalítico?
- Un tratamiento de las fracciones pesadas del petróleo a temperaturas moderadas y en presencia de catalizadores de aluminio que permiten rupturas de los alcanos para generar otros alcanos y alquenos comprendidos dentro de los componentes de la gasolina.
  - Un tratamiento de las fracciones livianas de la gasolina a temperaturas moderadas y en presencia de catalizadores de aluminio para generar fracciones más pesadas.
  - Un tratamiento de las fracciones pesadas de la gasolina a temperaturas moderadas y en presencia de catalizadores de aluminio para generar hidrocarburos aromáticos que elevan el octanaje de la gasolina.
  - Es el tratamiento de la gasolina para la adición de plomo tetraetilico y así elevar el octanaje de la gasolina.
  - Deshidrogenación de hidrocarburos ligeros para formar otros con menor octanaje.
18. El proceso de cracking del petróleo consiste en:
- La polimerización de las fracciones ligeras del petróleo.
  - La pirólisis térmica o catalítica de hidrocarburos de elevado peso molecular.
  - La separación del gas natural disuelto en el petróleo.
  - La destilación fraccionada de los hidrocarburos livianos.
  - La eliminación de los compuestos sulfurados disueltos en el petróleo.
19. El carbón mineral, que se forma por la descomposición gradual de las plantas durante millones de años, está distribuido en todo el mundo. Hay varias formas de carbón que difieren en composición y textura; por ejemplo, la antracita es la forma más dura de carbón mineral, mientras que hulla bituminosa o semibituminosa es más blanda. Determine qué forma de carbón se forma artificialmente por destilación destructiva en ausencia de aire:

- a) Antracita.  
b) Coque.  
c) Hulla bituminosa.  
d) Hulla semibituminosa.  
e) Lignito.
20. ¿Qué gas noble no es un componente del aire atmosférico?
- a) He            b) Rn            c) Kr  
d) Ar            e) Xe
21. ¿Qué capa de la atmósfera nos protege de la radiación ultravioleta?
- a) Tropósfera            b) Ionósfera  
c) Mesósfera            d) Estratósfera  
e) Termósfera
22. En cuál de las capas de la atmósfera se desarrolla la vida en todas sus formas:
- a) Tropósfera            b) Ionósfera  
c) Mesósfera            d) Estratósfera  
e) Termósfera
23. El efecto invernadero consiste en:
- a) Fijación del CO en los glóbulos rojos para impedir el paso del O<sub>2</sub>.  
b) Refugiarse en el invierno para disminuir el consumo de energía.  
c) Disminución de la temperatura promedio de la tierra por el CO<sub>2</sub> acumulado en la atmósfera.  
d) Incremento de la temperatura promedio de la tierra por el CO<sub>2</sub> acumulado en la atmósfera.  
e) Invernarse en el Ártico.
24. ¿Qué efectos provocaría el efecto invernadero?
- I. Aumento de la temperatura de la tierra.  
II. Congelamiento parcial de los océanos.  
III. Fusión parcial de los hielos polares con la consecuente reducción de áreas costeras.  
IV. Formación de ácido carbónico y disminución del pH de los océanos.
- a) I y III            b) I y II            c) I, II, III  
d) II y III            e) Todas
25. Al producirse un derrame de petróleo en el mar:
- I. Se quema el agua.  
II. Los animales y vegetales se convierten en fósiles.  
III. El oxígeno **no** se disuelve en el agua y los peces mueren por asfixia.  
IV. Mueren las aves que cazan en el área contaminada.
- a) II y III            b) III y IV            c) sólo III  
d) Sólo IV            e) Sólo I y IV
26. Identifique los contaminantes que contribuyen al efecto invernadero en mayor proporción:
- a) CO<sub>2</sub>, vapor de agua, CFC  
b) O<sub>3</sub> y CO  
c) SO<sub>2</sub> y SO<sub>3</sub>  
d) CO<sub>2</sub> y CO  
e) CO y vapor de agua.
27. Es considerado el principal gas de invernadero.
- a) SO<sub>3</sub>            b) N<sub>2</sub>            c) Cl<sub>2</sub>  
d) CO            e) CO<sub>2</sub>
28. ¿Cuál de las siguientes acciones contribuye en mayor grado a la contaminación atmosférica de las ciudades más pobladas?
- a) Procesos industriales.  
b) Transporte.  
c) Incendios urbanos.  
d) Quema de combustibles en las plantas térmicas.  
e) Eliminación de desechos sólidos.
29. ¿Cuáles son los tres metales pesados que causan mayor preocupación ecológica?
- a) Oro, plata y platino.  
b) Hierro, cobre y cinc.  
c) Mercurio, cadmio y plomo.  
d) Oro, hierro y cobre.  
e) Hierro, cobalto y níquel.
30. Completar el siguiente párrafo respecto a un tipo de contaminación:  
La contaminación ..... se presenta cuando existen microorganismos que causan un desequilibrio en la naturaleza, por ejemplo bacterias, hongos, virus, protozoarios, etc. Es típica de aquellas regiones cuyas condiciones de higiene son deficientes, y se presenta principalmente en los países económicamente menos desarrollados. Se puede controlar o prevenir con relativa facilidad en comparación con otros tipos de contaminación; si no es el caso, puede llegar a provocar altos índices de mortandad en un tiempo relativamente corto.
- a) física            b) química            c) térmica  
d) económica            e) biológica
31. Completar el siguiente párrafo respecto a un tipo de contaminación:  
La contaminación ....., es toda aquella contaminación causada por factores físico-mecánicos relacionados principalmente con la energía. Por ejemplo, altas temperaturas, ruidos, ondas electromagnéticas, etc. Este tipo de contaminación, por su característica tan sutil, tiene efectos a largo plazo que **no** son tan fáciles de identificar. Sin embargo, se ha demostrado que este tipo de contaminación puede causar la extinción de algunas especies, e influye en desarrollo de algunas enfermedades psiconeurológicas.

- promedio.
- a) VVV            b) FVV            c) FFV  
d) VVF            e) FFF
37. Indicar si las siguientes proposiciones son falsas o verdaderas:
- El efecto invernadero es un estado en cual hay acumulación de CO<sub>2</sub> sobre la superficie terrestre
  - La radiación del Sol (energía infrarroja) al llegar a la Tierra queda atrapada en la atmósfera provocando una disminución de la temperatura en el aire
  - El monóxido de carbono envenena la sangre formando la carboxihemoglobina (HbCO).
  - En la fotosíntesis de las plantas el CO<sub>2</sub> se transforma en carbohidratos liberando oxígeno.
- a) VVVV            b) VFFF            c) VVVV  
d) VFFF            e) FFFF
38. De las siguientes afirmaciones, determinar en el orden que se muestran, cuáles favorecen la preservación del medio ambiente:
- Quemar al aire libre la basura doméstica.
  - Incrementar el consumo de productos envasados en plásticos no biodegradables.
  - Usar para las operaciones de limpieza detergentes biodegradables.
  - Reemplazar por alcohol el uso de petróleo o gasolina en los motores.
- a) III y IV            b) II y III            c) I y III  
d) I, II y III            e) I y II
39. La basura no puede clasificarse como:
- a) Orgánica.            b) Inorgánica.  
c) Microbiana.            d) Reciclable.  
e) Peligrosa.
40. Diga cuál de los siguientes enunciados son verdaderos y cuales falsos, según corresponda:
- La lluvia ácida se produce por la reducción de la capa de ozono.
  - Los óxidos **no** metálicos en su mayoría producen la lluvia ácida.
  - La lluvia ácida produce corrosión de los monumentos y de los edificios.
  - La lluvia ácida se genera por la combinación de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> con las gotas de agua en las nubes.
- a) FVVV            b) FFFV            c) VFVV  
d) FVVF            e) FVFF
41. Señale verdadero o falso según corresponda:
- $$\left. \begin{array}{l} \text{SO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 \\ \text{SO}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Es la formación} \\ \text{de parte de la} \\ \text{lluvia ácida} \end{array}$$
  - Las enfermedades respiratorias, la corrosión de los monumentos, la oxidación de las tuberías expuestas; son fruto de la lluvia ácida.

III. Respecto del Hg, Pb, Cd se puede decir que su presencia en la atmósfera da origen a la lluvia ácida.

- a) FVF      b) VVV      c) VVF  
d) FFV      e) VFV

42. La ..... fue la reunión mundial de países desarrollados y en vías de desarrollo donde se delinearon y se plantearon los objetivos que se deben cumplir para evitar seguir contaminando el planeta.

- a) Cumbre de Río  
b) Convención de Kyoto  
c) Reunión de New Jersey  
d) Reunión del TLC  
e) Cumbre de Países Amazónicos

43. Responda verdadero o falso, según corresponda:

- I. La disminución de la capa de ozono se origina por reacción de los freones en la atmósfera.  
II. El ozono en la estratósfera, evita que la radiación ultravioleta dañe a los seres vivos.  
III. La rápida destrucción de la capa de ozono estaría causando un aumento de cáncer de la piel.  
IV. El ozono a concentración elevada es altamente tóxico para la vida a nivel del mar.

- a) VVVV      b) VVFV      c) VFVV  
d) FVVV      e) FFVV

44. Señale verdadero o falso según corresponda:

- I. Los gases clorofluorcarbonados en la alta atmósfera se difunden y destruyen la capa protectora de la radiación ultravioleta proveniente del espacio exterior.  
II. Los freones son compuestos clorofluorcarbonados.  
III. Los clorofluorcarbonados se encuentran en los rociadores o spray para desodorantes, en sistemas de refrigeración, en los ambientadores perfumados.

- a) VVV      b) VVF      c) VFF  
d) FVV      e) FFV

45. Indique falso o verdadero en relación al Plomo, Mercurio, Cadmio y cromo:

- I. El Plomo es emitido en regular cantidad por los gases de escape de vehículos.  
II. El Cadmio afecta el sentido del olfato.  
III. Su presencia en la atmósfera origina la lluvia ácida.  
IV. El Mercurio es tóxico.

- a) VVFF      b) VFVV      c) VVFFV  
d) FVFV      e) VFFV

46. Señale verdadero o falso según corresponda:

- I. Los componentes del mercurio ya sea provenientes de los relaves mineros ingresan el organismo por inhalación, vía digestiva o a través de la piel, produciendo envenenamiento.  
II. Los gases de escape de los vehículos contienen plomo e interfieren en la producción de glóbulos rojos, causando intoxicación.

III. Los metales residuales: trazas y el hollín (residuo de carbón) provenientes de la industria **no** contaminan el agua y el suelo.

- a) VVV      b) VFF      c) VFF  
d) VVF      e) VFV

47. Indique verdadero (V) o falso (F), según corresponda:

- I. El ozono se forma como contaminante en la tropósfera.  
II. El dióxido de azufre es un contaminante secundario.  
III. Los gases nobles contaminan el aire.  
IV. El  $\text{NO}_2$  es un contaminante que constituye parte del smog fotoquímico.

- a) VFVV      b) VFFV      c) VVVV  
d) VFVF      e) FFFV

48. Completar:

La lluvia ácida se presenta en áreas industrializadas y se debe en gran parte a la presencia de ....., que se forma al reaccionar ....., un contaminante secundario de la atmósfera.

- a)  $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{SO}_3$       b)  $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{SO}_2$   
c)  $\text{H}_2\text{SO}_3 - \text{SO}_3$       d)  $\text{H}_2\text{SO}_3 - \text{CO}_2$   
e)  $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{CO}_2$

49. ¿Cuál de los siguientes colores se asocia a los productos ecológicos?

- a) Rojo.      b) Amarillo.      c) Verde.  
d) negro.      e) Azul.

50. Indica en cuál de las siguientes clasificaciones puede entrar el  $\text{H}_2\text{SO}_4$  como contaminante del aire.

- a) Partículas suspendidas.  
b) Contaminante primario.  
c) Generado por fuente móvil.  
d) Contaminante secundario.  
e) Causante de efecto invernadero.

51. La contaminación del suelo ha recibido menos atención que la contaminación del aire y el agua. En muchos casos, los métodos utilizados para el control de la contaminación del aire y del agua son responsables de contaminar el suelo. ¿Qué alternativa indica una forma de contaminar el suelo?

- a) Por aplicación directa de químicos tales como pesticidas y fertilizantes.  
b) Por deposición de residuos antropogénicos.  
c) Por derrames accidentales.  
d) Por deposición de contaminantes atmosféricos.  
e) Todas las anteriores.



52. ¿Qué alternativa **no** genera un tipo de contaminación antropogénica?
- Industrias.
  - Centros poblacionales.
  - Cambios geoclimáticos.
  - Vehículos que transportan materiales corrosivos.
  - Centros mineros.
53. Complete el siguiente párrafo:  
Los contaminantes ..... que causan mayores problemas son los denominados oxidantes fotoquímicos.  
El ....., un contaminante primario en presencia de luz solar forma parte de un ciclo fotoquímico. La radiación UV del sol hace que éste contaminante se divida en monóxido de nitrógeno y átomos de oxígeno, los cuales reaccionan con el  $O_2$  de la atmósfera, para producir el ozono,  $O_3$ . El ozono en la tropósfera es un contaminante secundario que irrita la nariz y garganta, produce pérdida de coordinación muscular y cansancio.
- secundarios - NO
  - secundarios -  $NO_2$
  - primarios -  $NO_2$
  - primarios - NO
  - primario -  $N_2$
54. El gas natural de Camisea contiene primordialmente:
- $CH_4$
  - He
  - $C_8H_{18}$
  - $CO_2$
  - a, b y c
55. El uso de fertilizantes en la agroindustria puede generar un incremento considerable de iones nitrato en:
- Estratósfera.
  - Aguas subterráneas.
  - Tropósfera.
  - Rellenos sanitarios.
  - El aire.
56. Completar el siguiente párrafo:  
El ..... es un metal pesado que se genera como contaminante en la combustión de algunas gasolinas, en la minería, procesos industriales, etc. En la salud genera efectos adversos ya que se acumula en los órganos del cuerpo, causa anemia, lesiones en los riñones y en el sistema nervioso central (saturismo).
- Plomo
  - Cadmio
  - Mercurio
  - Hierro
  - Plata
57. Completar el siguiente párrafo:  
El ..... es un contaminante secundario que se genera con el smog fotoquímico por reacciones atmosféricas de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno bajo la influencia de la luz solar. En la salud, genera efectos adversos, irrita los ojos, tracto respiratorio, agravan enfermedades respiratorias y cardiovasculares. En los materiales deterioran el hule, los textiles y las pinturas. En la vegetación, causan lesiones en las hojas y limitan el crecimiento de las mismas.
- CO
  - $CO_2$
  - $O_3$
  - $NO_x$
  - $SO_3$
58. Completar el siguiente párrafo:  
El (la) ..... es la concentración en la atmósfera de gases producidos mediante reacciones de fotólisis con la ayuda de luz solar. Es decir un fotón de luz UV incide sobre una molécula, alterándola y dejándola con un alto nivel de energía, por lo que se vuelve reactiva. Esta molécula es capaz de reaccionar con otras sustancias o puede disociarse en distintas especies. El nombre de ..... se da a las especies que son producidas mediante los distintos mecanismos desencadenados por los fotones de luz y que se forman a partir de los contaminantes de la atmósfera, pero a diferencia de los emitidos directamente por las fábricas, estos contaminantes se producen por reacciones que los inducen.
- efecto invernadero
  - inversión térmica
  - smog fotoquímico
  - lluvia ácida
  - eutroficación
59. ¿Qué productos se reciclan a partir de los desechos sólidos generados en los centros urbanos?
- Cartón.
  - Papel.
  - Aluminio.
  - Vidrio.
  - Todos los anteriores.
60. ¿Qué contaminante considera Ud. de mayor peligro para la población?
- Tóxico, de vida media corta.
  - Tóxico, de vida media larga.
  - Muy baja toxicidad y vida media larga.
  - Inocuo y vida media muy larga.
  - Radiactivo y de vida media efímera.

# Claves

01.	c
02.	b
03.	a
04.	b
05.	c
06.	b
07.	a
08.	b
09.	d
10.	b
11.	d
12.	c
13.	a
14.	d
15.	c
16.	c
17.	a
18.	b
19.	b
20.	b
21.	d
22.	a
23.	d
24.	a
25.	b
26.	a
27.	d
28.	b
29.	c
30.	e

31.	a
32.	b
33.	b
34.	b
35.	c
36.	a
37.	a
38.	a
39.	c
40.	a
41.	c
42.	b
43.	a
44.	a
45.	c
46.	d
47.	b
48.	a
49.	c
50.	d
51.	e
52.	c
53.	c
54.	e
55.	b
56.	a
57.	c
58.	c
59.	e
60.	b

# ÍNDICE

## QUÍMICA

### Primer Bimestre

Pág.

Capítulo 01	
<b>Materia</b> .....	9
Capítulo 02	
<b>Densidad - Temperatura</b> .....	19
Capítulo 03	
<b>Átomo</b> .....	29
Capítulo 04	
<b>Química Nuclear</b> .....	39
Capítulo 05	
<b>Números Cuánticos</b> .....	49
Capítulo 06	
<b>Configuración Electrónica</b> .....	59
Capítulo 07	
<b>Tabla Periódica</b> .....	69
Capítulo 08	
<b>Repaso</b> .....	81

### Segundo Bimestre

Capítulo 09	
<b>Enlace Químico I</b> .....	87
Capítulo 10	
<b>Enlace Químico II</b> .....	95
Capítulo 11	
<b>Nomenclatura Inorgánica</b> .....	105
Capítulo 12	
<b>Unidades Química de Masa</b> .....	115
Capítulo 13	
<b>Composición Centesimal (CC) Fórmula Empírica (FE) y Fórmula Molecular (FM)</b> .....	123
Capítulo 14	
<b>Estado Gaseoso I</b> .....	133
Capítulo 15	
<b>Estado Gaseoso II</b> .....	143
Capítulo 16	
<b>Repaso</b> .....	153

### Tercer Bimestre

Capítulo 17	
<b>Reacciones Químicas I</b> .....	159
Capítulo 18	
<b>Reacciones Químicas II</b> .....	173
Capítulo 19	
<b>Estequiometría I</b> .....	181
Capítulo 20	
<b>Estequiometría II</b> .....	189
Capítulo 21	
<b>Masa Equivalente y Equivalente Gramo</b> .....	197
Capítulo 22	
<b>Soluciones I</b> .....	205
Capítulo 23	
<b>Soluciones II</b> .....	213
Capítulo 24	
<b>Repaso Bimestral</b> .....	221

### Cuarto Bimestre

Capítulo 25	
<b>Equilibrio Químico</b> .....	227
Capítulo 26	
<b>Ácidos y Bases</b> .....	239
Capítulo 27	
<b>Electroquímica</b> .....	249
Capítulo 28	
<b>Introducción a la Química Inorgánica</b> .....	259
Capítulo 29	
<b>Hidrocarburos</b> .....	281
Capítulo 30	
<b>Grupos Funcionales</b> .....	293
Capítulo 31	
<b>Contaminación Ambiental</b> .....	309