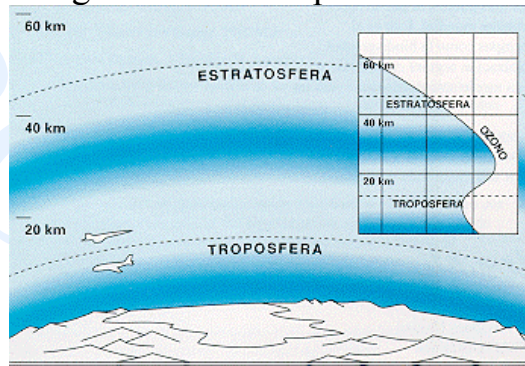


TEMA 8. PROBLEMAS AMBIENTALES ACTUALES.

8.5 DISMINUCIÓN DE LA CAPA DE OZONO.

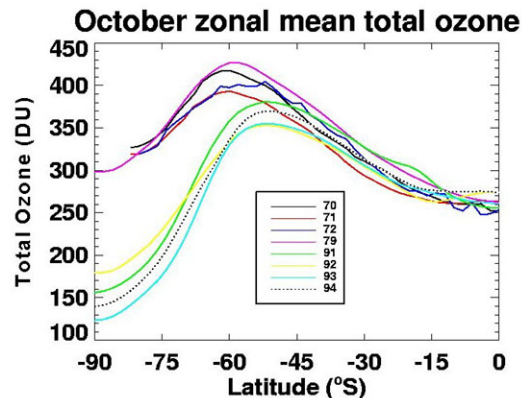
El ozono (O_3) es una forma del oxígeno. Existe en muy pequeña proporción en la atmósfera, menor que $1/10^8$ y su distribución no es uniforme. Si todo se aplastara sobre la Tierra formaría una capa de solo 3 mm de espesor. Se concentra en la estratosfera, entre 15 y 50 km, con un máximo entre 20 y 30 km conocida como la capa de ozono, que se muestra en la figura 12.7.

Figura 12.7. La capa de ozono.

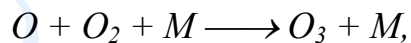


El ozono absorbe la radiación UV proveniente del Sol, si no fuera así y los rayos UV alcanzaran la superficie de la Tierra, nuestro planeta sería inhabitable para la mayoría de las especies de vida que conocemos, porque es una radiación biológicamente nociva. Por millones de años la capa de ozono ha protegido la vida sobre la Tierra, pero en poco más de 100 años la actividad humana la ha puesto en riesgo, ya que la contaminación de la atmósfera está destruyendo la molécula de O_3 , debilitando la capa al disminuir su concentración, cuya mayor disminución se registra al sur de los 50 sur, como se observa en la figura 12.8, donde se muestra la concentración promedio de ozono en la atmósfera entre el ecuador y el polo sur, para el mes de octubre, en los años que se indica.

Figura 12.8 Concentración de ozono en octubre.



La formación y destrucción del O_3 por procesos naturales está en equilibrio dinámico que mantiene constante su concentración en la atmósfera. El ozono se forma cuando las moléculas de oxígeno absorben radiación ultravioleta con longitudes de onda menores que 240 nanómetros (nm) y se destruye cuando absorbe radiación ultravioleta con longitudes de onda mayores que 290 nm. La combinación de esos procesos mantiene una cantidad relativamente constante de ozono en la estratosfera y absorbe casi el 90% de la radiación ultravioleta del Sol, principalmente entre 200 y 300 nm. La formación de ozono se inicia con la fotólisis del oxígeno molecular por la radiación solar de longitud de onda menor que 240 nm; los átomos de oxígeno así formados son muy reactivos y se combinan con las moléculas de oxígeno para formar ozono. Esto se esquematiza por las siguientes reacciones químicas:

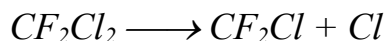
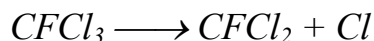


donde M es cualquier sustancia inerte como N_2 . Además como el ozono por si mismo absorbe luz ultravioleta de entre 200 y 300 nm, se tiene:

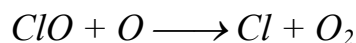
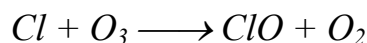


proceso que se repite. Como el ozono se concentra en la estratosfera, la absorción de energía del Sol en el rango UV produce el calentamiento de esta capa de la atmósfera, como se observa en la figura 1.9.

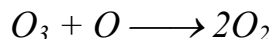
Pero en las últimas décadas los contaminantes emitidos a la atmósfera conocidos como clorofluorocarbonos, (CFC), están destruyendo a la molécula de O_3 . Los CFC son poco reactivos, por lo que se difunden con lentitud hacia la estratosfera sin sufrir cambios, donde se descomponen por la radiación ultravioleta de longitudes de onda entre 175 a 220 nm, de acuerdo a la siguiente reacción química:



Los átomos de cloro, Cl , son muy reactivos y experimentan las siguientes reacciones:



El resultado global (suma de las dos ecuaciones anteriores) es la eliminación neta de una molécula de ozono en la estratosfera:



Los átomos de oxígeno de esta reacción los aporta la descomposición fotoquímica del oxígeno molecular y del ozono, descrita antes. El átomo de cloro actúa como un catalizador en estas reacciones, es decir no se usa en la reacción química, y por lo tanto puede participar en muchas reacciones; se estima que un átomo de Cl puede destruir más de 10^5 moléculas de O_3 antes de ser eliminado por otra reacción. También los compuestos del óxido de nitrógeno, NO_x , pueden destruir el O_3 .

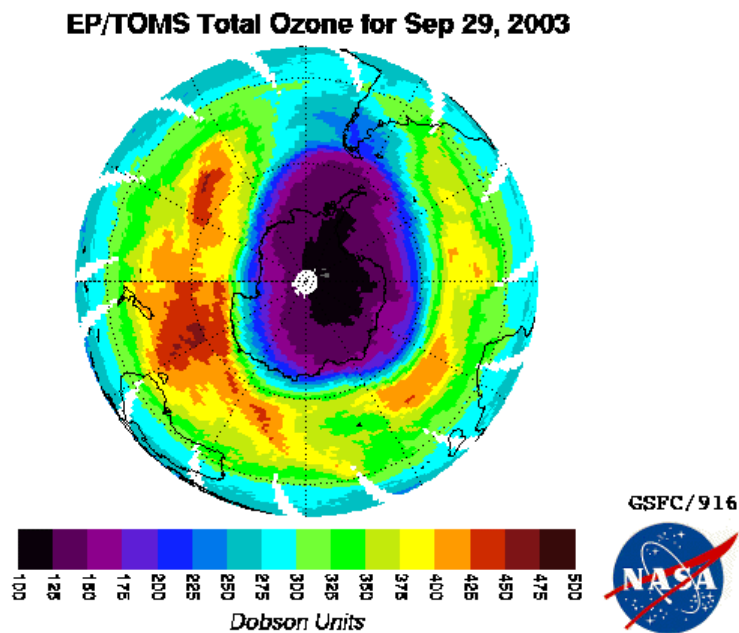
Los CFC se conocen con el nombre comercial de freones y pueden permanecer entre 70 a 400 años en la atmósfera, se difunden con lentitud hacia la estratosfera adonde pueden tardar años en llegar sin sufrir cambio. Los más comunes son los $CFCl_3$ (freón 11), CF_2Cl_2 (freón 12), $C_2F_3Cl_3$ (freón 113) y $C_2F_4Cl_4$ (freón 114). Son compuestos que se licúan con facilidad y son inertes, no tóxicos, no combustibles y volátiles, se usan como refrigerantes en lugar del amoníaco y del dióxido de azufre, líquido que es muy tóxico. Son productos muy poco reactivos, lo que los hizo que fueran la solución óptima para la fabricación de frigoríficos, espumas, goma y similares. Los CFC se usan como refrigerantes para refrigeradores y aire acondicionado, también para fabricar productos desechables como vasos y platos, aerosoles en latas, disolventes para limpiar circuitos electrónicos, espumas plásticas y otros. Varios compuestos estables que contienen cloro, que incluyen solventes usados ampliamente como el metilcloroformo y tetracloruro de carbono, también ascienden a la estratosfera y destruyen las moléculas de ozono. Los compuestos no reactivos alóxicos de los extinguidores de incendio, que contienen bromo, eventualmente llegan a la estratosfera, donde son descompuestos por la radiación UV. Cada átomo de bromo destruye cientos de veces más moléculas de ozono que un átomo de cloro.

A mediados de los 80 se tenían pruebas que durante la primavera del hemisferio sur, había disminuido la concentración de ozono sobre la Antártica, donde se había reducido a aproximadamente un 50%. El agujero de ozono aparece en la Antártica debido a que las condiciones meteorológicas en invierno y primavera allí son únicas. En el invierno del hemisferio sur se forma en la estratosfera el vórtice polar, un sistema de vientos del oeste muy intensos y estable que rodea la Antártica, donde quedan atrapados los CFC que se elevaron hasta la estratosfera. Durante la noche polar, la temperatura del aire en este vórtice es muy baja, formándose partículas de hielo llamadas nubes estratosféricas polares, que actúan químicamente como catalizador para formar moléculas de cloro, Cl_2 , que se liberan de los CFC. Al comienzo de la primavera, la luz solar separa al cloro molecular en sus átomos de cloro, Cl, que son los que destruyen al O_3 , disminuyendo su

concentración, formándose el agujero de ozono antártico. En el Ártico (hemisferio norte) la situación es menos grave porque es más cálido y el vórtice dura menos tiempo. El debilitamiento de la capa de ozono en la Antártica en primavera se puede observar en la figura 12.9, que muestra la concentración de ozono del día 29 de septiembre de 2003, época en la cual la disminución de ozono alcanzó valores críticos muy bajos.

A partir de las serias consecuencias que tiene la pérdida de ozono, varios países han reconocido que es urgente disminuir o eliminar por completo la producción de CFC, ya que estos son muy estables y pueden permanecer en la atmósfera por aproximadamente 100 años. En 1978, EEUU y otros países prohibieron el uso de CFC en sus aerosoles. En 1987 la mayoría de los países industrializados firmaron un tratado internacional conocido como Protocolo de Montreal, en el que se establecieron metas para reducir paulatinamente la producción de CFC y eliminarlos por completo el año 2000. Pero grandes países pobres como China e India es muy difícil que puedan cumplir este tratado, ya que estos componentes son parte importante de su economía. También hacen grandes esfuerzos para encontrar sustitutos de los CFC que no dañen la capa de ozono. Uno de estos es el hidroclorofluorocarbono 123, (HCFC 123).

Figura 12.9 Concentración de ozono sobre la Antártica, día 29 de septiembre de 2003.



8.5.1 Efectos de la disminución de la capa de ozono.

La reducción de la cantidad de ozono en la atmósfera, puede afectar la vida sobre la Tierra. Con menos ozono en la estratosfera, mayor cantidad de radiación solar UV nociva llega a la superficie de la Tierra. Esta forma de radiación UV daña las moléculas de ADN y puede causar defectos genéticos en la superficie externa de plantas y animales, e incluso en la piel humana. Cada 1% de pérdida de ozono, conduce a un aumento del 5 al

7% en la incidencia del cáncer de piel, que incluye un 1% de aumento en la melanoma mortal. Se estima que una disminución de un 5% de ozono produciría los siguientes efectos:

- Para el año 2075 habrá 180 millones de casos de cáncer de piel en todo el planeta.
- Un aumento drástico de cataratas y quemaduras de sol severas en las personas y cáncer ocular en el ganado.
- Aumento en quemaduras de los ojos por smog fotoquímico, ozono altamente nocivo y el depósito de ácido en la troposfera. Cada disminución de un 1% de ozono en la estratosfera puede producir un aumento del 2% en el ozono cerca del suelo.
- Disminución en los rendimientos de las cosechas de alimentos tales como maíz, trigo, soya y arroz.
- Reducción en el crecimiento del fitoplancton oceánico que forma las bases de las cadenas alimenticias del océano y que ayuda a remover el CO₂ de la atmósfera. Especialmente vulnerable es el fitoplancton sensible a las radiaciones UV, base de la cadena alimenticia principal en la Antártica.
- Pérdidas de millones de dólares al año por la degradación de las pinturas, plásticos y otros materiales poliméricos.
- Calentamiento planetario intensificado por un mayor efecto invernadero.
- En un escenario del peor de los casos, las personas no deben exponerse al sol. El ganado debería apacentar solo en las tardes para reducir así el daño a los ojos. Los agricultores deberían reducir los minutos que se expongan a los rayos solares.

8.6 LA LLUVIA ÁCIDA.

Químicamente el agua destilada (neutra) tiene un PH 7. El PH de una sustancia puede variar (logarítmicamente) entre 0 y 14. Sustancias con PH < 7 son más ácidas mientras menor sea el PH, en caso contrario (PH > 7) se llaman alcalinas. Como el PH se gradúa en escala logarítmica, un valor de PH 4 es 10 veces más ácido que uno de PH 5 y 100 veces (10x10) más ácido que otro de PH 6. En la tabla 12.3 se da el valor del PH de algunas sustancias conocidas.

Tabla 12.3 PH de sustancias comunes.

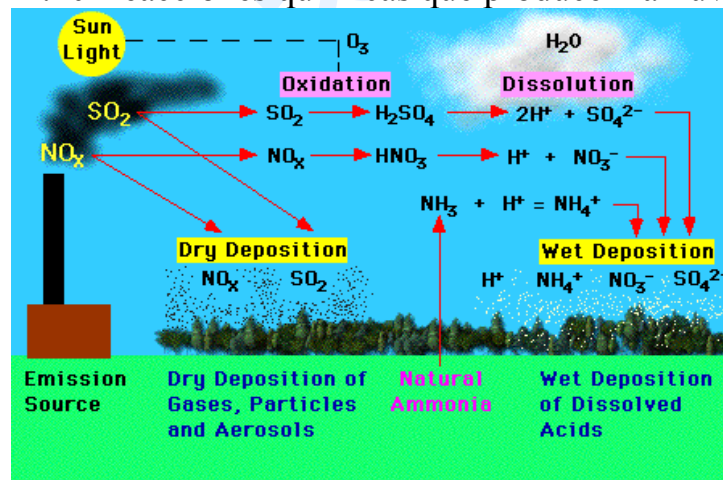
Jugo de limón	Vinagre	Jugo de naranja	Agua común	Leche	Agua pura	Leche magnesia
2,4	3	3,5	5,5	6,5	7	10,6

Como el agua de lluvia está en equilibrio con el CO₂ atmosférico, normalmente tiene un PH aproximadamente igual a 5,5, que se considera como agua no contaminada (algunos estudios en lugares remotos dan un PH ~ 5). En la actualidad en muchos lugares de grandes centros urbanos, por efecto de la contaminación del aire, la precipitación tiene

un PH menor, por lo que se llama *lluvia (o nieve) ácida*. La lluvia ácida se produce cuando los óxidos ácidos emitidos como gases contaminantes en la atmósfera, reaccionan con el agua formando ácidos, en la forma en la que se describe en la figura 12.10.

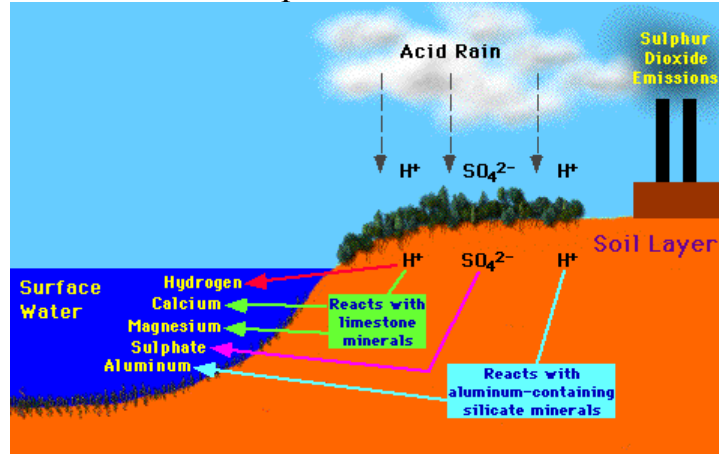
El principal gas responsable de la lluvia ácida es el dióxido de azufre, SO_2 , y en menor grado los óxidos de nitrógeno, NO_x , de las emisiones de los vehículos. Hay varias fuentes de emisión de SO_2 a la atmósfera, una fuente natural son las erupciones volcánicas. Los residuos industriales desechados a través de las chimeneas, son una importante fuente de emisión de SO_2 y NO_x causantes de la lluvia ácida. También muchos metales, procesados en actividades mineras, están combinados en forma natural con azufre; para extraer el metal a usar, con frecuencia es necesario fundir los minerales, es decir calentar el sulfuro metálico en aire para formar el óxido de metal y SO_2 , por lo que las fundiciones son fuente importante de emisión de SO_2 . La quema de combustibles fósiles, las plantas generadoras de electricidad y los hogares también son importantes fuentes de emisión de SO_2 a la atmósfera. En total cada año se liberan a la atmósfera del orden de 60 millones de toneladas de SO_2 . Una manera de reducir los efectos de la contaminación con SO_2 es purificar los gases antes de liberarlos a la atmósfera, con diversos procedimientos químicos.

Figura 12.10 Reacciones químicas que producen la lluvia ácida.



El agua de lluvia ácida produce otras reacciones contaminantes en el suelo; esta agua que luego escurre hacia los ríos y lagos puede disminuir el PH en ellos, acidificando y por lo tanto poniendo tóxicas sus aguas. Las reacciones químicas de la lluvia ácida en el suelo, se muestran en el diagrama de la figura 12.11. Si la composición de las superficies adyacentes al lago es tal que contiene minerales en su suelo que pueden neutralizar el ácido, como roca y suelos con caliza, el agua ácida que escurre hacia el lago o río puede en parte purificarse, pero también puede ocurrir lo contrario y aumentar el PH, dañando más al lago o río.

Figura 12.11 Reacciones químicas de la lluvia ácida en el suelo.



8.6.1 Efectos de la lluvia ácida

La lluvia ácida se puede producir cerca de los lugares de emisión del contaminante, si el evento de precipitación se desata en momentos cercanos al de la emisión. Pero si no llueve, los contaminantes que pueden permanecer en la atmósfera por varios días, son transportados por la circulación de la atmósfera a grandes distancias, contaminando por lo tanto en lugares muy alejados de su fuente de origen, es decir lugares que no producen el problema, lo reciben.

La lluvia ácida produce pérdidas anuales por cientos de millones de dólares en daños. Químicamente el SO_2 reacciona con el agua de lluvia para formar H^+ y HSO_3^- y reacciones donde surge también ácido sulfúrico, H_2SO_4 , que al actuar con la piedra caliza y mármol (CaCO_3) se corroen. En la figura 12.12 se observa una fotografía de una estatua en Alemania, a la izquierda tomada en 1920 y a la derecha tomada 60 años después, donde se aprecia la corrosión producida por la lluvia ácida. Entre los daños se cuentan los siguientes:

Figura 12.12 Daño producido por la lluvia ácida en monumentos.



Tema 8 Problemas ambientales actuales.

- Daño en las construcciones y estatuas en todo el mundo, por efecto de la corrosión del material por la acidez del agua de lluvia.
- En la salud de las personas, la exposición prolongada a los aerosoles ácidos puede producir daños en las vías respiratorias y en los pulmones. En algunos lugares se ha vinculado también con el aumento de casos de bronquitis en los niños.
- Acidificación de las aguas de los lagos, que daña seres vivos que los habitan. En algunos casos los peces ya se han extinguido, y en otros va a ocurrir eso. Esto a su vez rompe otros eslabones ecológicos que aumentan el daño, alterándose el equilibrio ecológico en grandes áreas en el entorno. En la figura 12.13 se observa un ambiente acuático en riesgo de contaminación por lluvia ácida.
- También hay efectos negativos en los campos agrícolas, donde se reducen las cosechas, y en la productividad de los bosques, donde se dañan el follaje y las raíces de los árboles.

Figura 12.13 La lluvia ácida puede provocar que este ambiente acuático desaparezca.

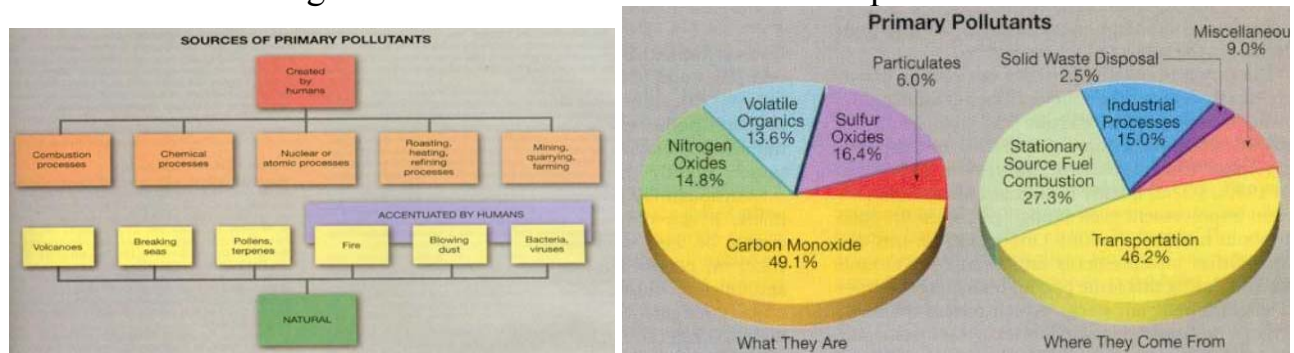


8.7 EL SMOG FOTOQUÍMICO.

El término “smog” se obtiene de combinar las palabras en inglés humo (smoke) y niebla (fog), y se usó para referirse a la combinación de esos elementos, que originalmente se producía en Londres. Es una nube tóxica causada por el dióxido de azufre (SO_2) en la atmósfera. El smog fotoquímico se forma por la reacción de los gases que emanan de los automóviles, en presencia de la luz solar (de ahí el nombre de fotoquímico).

Los contaminantes del aire son partículas y gases mezclados con el aire, que se encuentran en concentraciones que pueden ser peligrosas para la salud y bienestar de los organismos o interrumpir el funcionamiento ordenado del medioambiente. Los gases emitidos directamente a la atmósfera, por fuentes naturales y antropogénicos y que contaminan inmediatamente el aire luego de ser liberados, se llaman **contaminantes primarios**, se indican en la figura 12.14. Los contaminantes primarios más abundantes son el monóxido de carbono, CO , óxido de nitrógeno, NO , e hidrocarburos crudos emitidos por los escapes de los vehículos.

Figura 12.14 Fuentes de contaminantes primarios.



En el diagrama de la figura 12.14 derecha se muestran las concentraciones porcentuales típicas en las grandes ciudades, de los diferentes gases contaminantes y las fuentes de emisión de los mismos. Notar que casi la mitad de los contaminantes corresponden a CO y que la principal fuente de emisión es el transporte terrestre. Una vez en el ambiente, estos contaminantes desencadenan una serie de reacciones químicas produciéndose los **contaminantes secundarios**, que están formados SO_2 , NO_2 , O_3 y otros gases, responsables de la formación del smog. En algunos casos el efecto de los contaminantes secundarios sobre la salud humana y el medio ambiente es mas grave que el efecto de los contaminantes primarios.

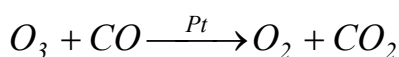
Uno de los importantes componentes del smog fotoquímico es el ozono, que en altas concentraciones cerca de superficie es un contaminante dañino para la salud, usado como un índice de mala calidad de aire. Entre sus efectos negativos para los seres humanos, se cuenta el que una corta de exposición a niveles elevados de O_3 produce una irritación en los ojos y pulmones, y exposiciones a niveles moderados de O_3 , pero de largo plazo, producen efectos crónicos. En campos cultivados, retarda el crecimiento de las hojas dañando las plantas y arbustos. En las ciudades produce daños materiales en gomas, plásticos y pinturas. El desagradable olor picante es una característica distintiva del smog fotoquímico.

Debido a que estas reacciones son producidas por la luz solar, su formación se limita a las horas el día, con un máximo alrededor del mediodía con cielos despejados y aire en calma. La concentración de ozono típica cerca de superficie presenta un máximo a la hora de máxima insolación o de temperatura máxima. Los niveles de ozono son, por lo tanto, también mayores en los meses cálidos. Las concentraciones dependen del lugar, tráfico y de las condiciones climáticas, su presencia se acompaña generalmente con neblina.

En la oxidación de los hidrocarburos se forman varios intermediarios orgánicos, como alcoholes y ácidos carboxílicos, que son menos volátiles que los mismos hidrocarburos.

En algún momento estas sustancias se condensan en pequeñas gotas de líquido. Cuando las gotas se esparcen en el aire se les llama aerosoles, que dispersan la luz solar y reducen la visibilidad, lo que hace que el aire se vea nublado.

Como ahora el mecanismo de formación del smog fotoquímico se entiende mejor, se hacen grandes esfuerzos para reducir la concentración de contaminantes primarios. En la actualidad gran parte de los automóviles están equipados con convertidores catalíticos, que se han diseñado para oxidar el CO y los hidrocarburos crudos a CO₂ y H₂O y para reducir el NO, NO₂, N₂ y O₂. Recientemente se descubrió que se puede cubrir los radiadores de los autos con un catalizador de platino, Pt, que puede purificar el aire que circula dentro y convertir el O₃ y el CO en O y CO₂ por la siguiente reacción química:



En el problema del smog fotoquímico todos somos partícipes de diferentes formas. Por ejemplo cada vez que usamos un auto o cuando alguien esta fumando, estamos contaminando. La solución no es solamente dejar de usar el auto, ya que es nuestro medio de transporte, sino usar hábitos de desplazamiento que nos permitan limitar su uso, lo que de inmediato ayudara a la reducción del smog. Entre otras medidas de prevención se puede considerar la posibilidad de caminar, usar bicicleta o usar transporte público, para reducir la formación de contaminantes primarios, apagar el motor del auto en atochamientos de tránsito, utilizar convertidores catalíticos, aplicar restricciones vehiculares, potenciar el transporte público para disminuir el transporte privado, tener buenos hábitos de conducción, revisar la mantención del vehículo, crear programas de educación y conciencia ciudadana. Es importante tomar urgentemente algunas o todas estas medidas de prevención, ya que el smog fotoquímico a través de sus diferentes reacciones químicas produce daños en la salud humana tales como irritación ocular, en las vías respiratorias, severos estornudos afectando principalmente a niños y ancianos. Por otra parte, los gases contaminantes producen efectos negativos en los animales y en las plantas y disminuyen considerablemente la visibilidad de la atmósfera y le cambian su color.

8.8 CONTAMINACIÓN DOMÉSTICA.

El aire en el hogar, oficinas, colegios, centros comerciales, cines, etc. se altera por la actividad humana, por los materiales con los que se construyen y por otros factores del medio ambiente. Los contaminantes domésticos más comunes son: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono, radón y formaldehído, que se describen a continuación.

8.8.1 Monóxido y dióxido de carbono.

Son productos de la combustión en presencia de oxígeno; si la concentración de oxígeno es baja se forma CO y CO₂, y si es alta solo CO₂, ambos gases son incoloro e inodoro. Las fuentes son estufas a gas, leña, calefactores, humo de tabaco. El CO₂ no es un gas

tóxico, pero tiene efecto asfixiante, su concentración en lugares cerrados puede ser tan alta como 2000 ppm, cuando en el exterior es sólo de 3 ppm, y en las personas expuestas a esta contaminación produce fatiga y dificultad para concentrarse. El CO en cambio es un gas muy venenoso, ya que se une a la hemoglobina, que es el transportador de oxígeno en la sangre. Las moléculas de hemoglobina que se unen al CO no pueden transportar el oxígeno necesario para los procesos metabólicos, produciéndose el daño.

Cada ser viviente necesita oxígeno para vivir, por medio de la respiración el oxígeno llega a los pulmones. Dentro de los pulmones, el oxígeno viaja del aire a la sangre. Una vez que el oxígeno se encuentra en el cuerpo, requiere ayuda para llegar donde necesita ir, ayuda que se la proporciona una molécula llamada hemoglobina, que toma el oxígeno y lo lleva a los lugares del cuerpo que lo necesitan. Pero la hemoglobina puede transportar tanto el oxígeno como el CO. Cuando una persona respira aire que contiene CO, la hemoglobina desplaza al oxígeno y transporta al CO en su lugar, por lo que se entrega menos oxígeno al cuerpo. El cerebro y el corazón necesitan mucho oxígeno y no funcionan normalmente cuando una persona respira CO. Si alguien se expone a altos niveles de CO, puede experimentar dificultades al respirar o ligeros dolores de cabeza. Con una pequeña cantidad de CO que se inhale, se produce dolor de cabeza y fatiga, y cuando la mitad de las moléculas de hemoglobina forman un complejo con CO, puede ocurrir la muerte. En atención de primeros auxilios se debe trasladar el afectado a zonas con abundante oxígeno o proporcionarle oxígeno con respiración boca a boca, a menos que se tenga a mano un balón de oxígeno.

Altas concentraciones de CO se encuentran en ciudades con mucho tráfico. Las personas que pasan mucho tiempo en las calles, conductores de buses y taxis, inspectores de vehículos, encargados de estacionamientos, trabajadores que reparan calles, vendedores ambulantes, pasajeros, peatones, etc. se exponen a respirar más CO. Individuos con enfermedades cardiovasculares o respiratorias, anemia o hemoglobina irregular, pueden experimentar efectos más severos en su salud. Los niños pueden ser más vulnerables debido a que sus pulmones no están desarrollados completamente, respiran más rápido y pasan mucho tiempo al aire libre. En personas sanas, la exposición al CO puede afectar la visión y la agudeza mental. Los síntomas se intensificarán si la persona está haciendo ejercicio o si tiene el corazón y los pulmones débiles.

8.8.2 Riesgo del radón.

Un tipo de contaminación del aire en los interiores (o doméstica) la produce el radón. El radón es un elemento del grupo A8 de gases nobles, es un gas incoloro, inodoro e insípido, emisor de partículas alfa radioactivas, que se pueden adherir al polvo y humo e inhalarse y depositarse en el tracto respiratorio. El radón se detecta en los hogares construidos sobre terrenos que cubren depósitos de uranio, producto del decaimiento del

Uranio 238 (ver punto 12.1). Si las partículas alfa radioactivas se respiran por períodos prolongados de tiempo, se puede desarrollar un cáncer de pulmón.

8.8.3 Formaldehído.

El formaldehído (HCHO) es un líquido desagradable, una sustancia orgánica volátil, que se libera de las resinas utilizadas en los materiales de construcción y mueblería, como madera enchapada o espumas aislantes. Las espumas y las resinas se degradan lentamente y liberan el formaldehído. En bajas concentraciones produce adormecimiento, náusea, dolor de cabeza y molestias respiratorias. Concentraciones altas podrían producir cáncer, aunque esto no está totalmente demostrado.

La mejor forma de tratar la contaminación doméstica es estableciendo una serie de normas reguladoras de los principales contaminantes en el hogar, como por ejemplo, no mantener estufas ni calefón a gas en ambientes cerrados, evitar el consumo de tabaco, procurar que las llaves del gas de la cocina se encuentren en buen estado y debidamente cerradas, por la posible emanación de monóxido de carbono. En general basta poner en práctica buenas normas de conducta para el cuidado y seguridad en nuestro hogar.

PREGUNTAS.

1. Explique los procesos que originan el calentamiento en la estratosfera.
2. ¿Cuál es la causa del agujero de ozono en la Antártica?
3. Describir los mecanismos para detener la destrucción del O₃ en la estratosfera
4. Como la cantidad de O₃ en la atmósfera equivale a una capa de 3 mm de espesor cubriendo la Tierra, calcular la masa y el número de moléculas de O₃.
5. ¿Qué es el PH de una sustancia y que relación tiene con la lluvia ácida?
6. Haga un análisis de los procesos industriales que producen la lluvia ácida.
7. Analice las distintas maneras de evitar la lluvia ácida.
8. Sugiera alguna forma de reducir la formación del smog fotoquímico.
9. ¿Cuáles son los contaminantes primarios y secundarios?
10. El ozono ¿es beneficioso o es perjudicial? Analizar.
11. ¿Cuáles son los principales contaminantes de los interiores y su origen? ¿Se incluye al O₃ (otra vez el O₃)?
12. Explique porque el CO puede ser letal. [Una concentración de CO de 800ppm en volumen se considera letal para el ser humano, (a propósito, con ese dato puede estimar la cantidad de CO, en gramos, peligrosa en su cocina)].