

## **¿QUÉ ES LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE?**

**DELHI MICHELLE SU PECINA**

**FUNDAMENTOS DE SISTEMAS**

**INGENIERÍA AMBIENTAL. UNIVERSIDAD VALLE DEL BRAVO**

### **Palabras clave**

Polución, contaminación, ozono, efecto invernadero, actividad humana, monóxido de carbono, dióxido de carbono, clorofluocarbonos, contaminantes atmosféricos peligrosos, plomo, ozono, oxido de nitrógeno, partículas, dióxido de azufre, compuestos orgánicos volátiles

### **Resumen**

El calentamiento global de la Tierra depende del efecto invernadero y del mecanismo de enfriamiento que depende de la forma en que devuelva la energía a la atmósfera, es decir, del mecanismo de absorción y emisión de la energía que llega del Sol.

Según registros, la Tierra ha pasado alternadamente, por períodos de temperaturas altas y bajas (glaciaciones), y el clima ha variado sensiblemente a lo largo de la vida del planeta.

Desde hace muchos años, los científicos se han preguntado qué es lo que ha ocasionado estas variaciones y son muchas las interpretaciones que se han generado.

En los últimos años, los investigadores preocupados por el cambio de las condiciones climáticas actuales han dirigido sus estudios de los efectos de diferentes factores y plantean, al igual que el club de Roma en su informe 'Más allá de los límites del crecimiento', que se están arrojando grandes cantidades de gases de efecto invernadero a la atmósfera, principalmente CO<sub>2</sub>; sin embargo, que este incremento no corresponde a las emisiones totales de estos gases.

La cantidad de CO<sub>2</sub> está regulada en la atmósfera por los intercambios, más o menos rápidos, que ocurren entre los diferentes reservorios de este gas.

Si en la atmósfera se está produciendo una alteración y el efecto invernadero se está incrementando, entonces la temperatura global asciende y el ciclo hidrológico se altera, generando sequías en unos sitios y lluvias torrenciales en otros, ya que es un fenómeno muy susceptible al efecto de otras actividades humanas.

Es importante también, que los ciudadanos tomen conciencia y entiendan que su bienestar y confort personal inmediato no son lo único que importa ni lo más importante. Nuestros gobernantes deben entender que sin ambiente, sin suelo, sin agua, no hay prosperidad económica que dure ni dominio que valga la pena

## **Introducción**

El aire es uno de los factores determinantes de la vida en la Tierra. Diariamente todos los organismos dependemos de este coctel de gases, nuestros pulmones filtran alrededor de 15 kg de aire atmosférico al día.

En todo momento de la historia del hombre, éste ha arrojado materiales que pueden considerarse como contaminantes atmosféricos (humo, vapores y partículas), sin embargo, es a partir del desarrollo industrial que esta acción adquiere proporciones considerables, no sólo por la cantidad de contaminantes que llegan al aire, sino por la naturaleza y calidad de éstos.

Emisiones industriales ya sea por la quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón, diesel, gasolinas) para realizar los diferentes procesos; por la emisión de productos o desechos químicos volátiles (ácidos, solventes, catalizadores) y; la modificación de las condiciones ambientales (calor y liberación de partículas inertes que modifican la visibilidad y la penetración de la luz). Se considera que se producen más de 70 000 compuestos químicos diferentes que se utilizan tanto en la industria como en otras actividades humanas y que, de manera ineludible, van a parar tarde o temprano a nuestro medio, a nuestra atmósfera, muchos de estos contaminantes producen importantes daños al ambiente y a la salud..

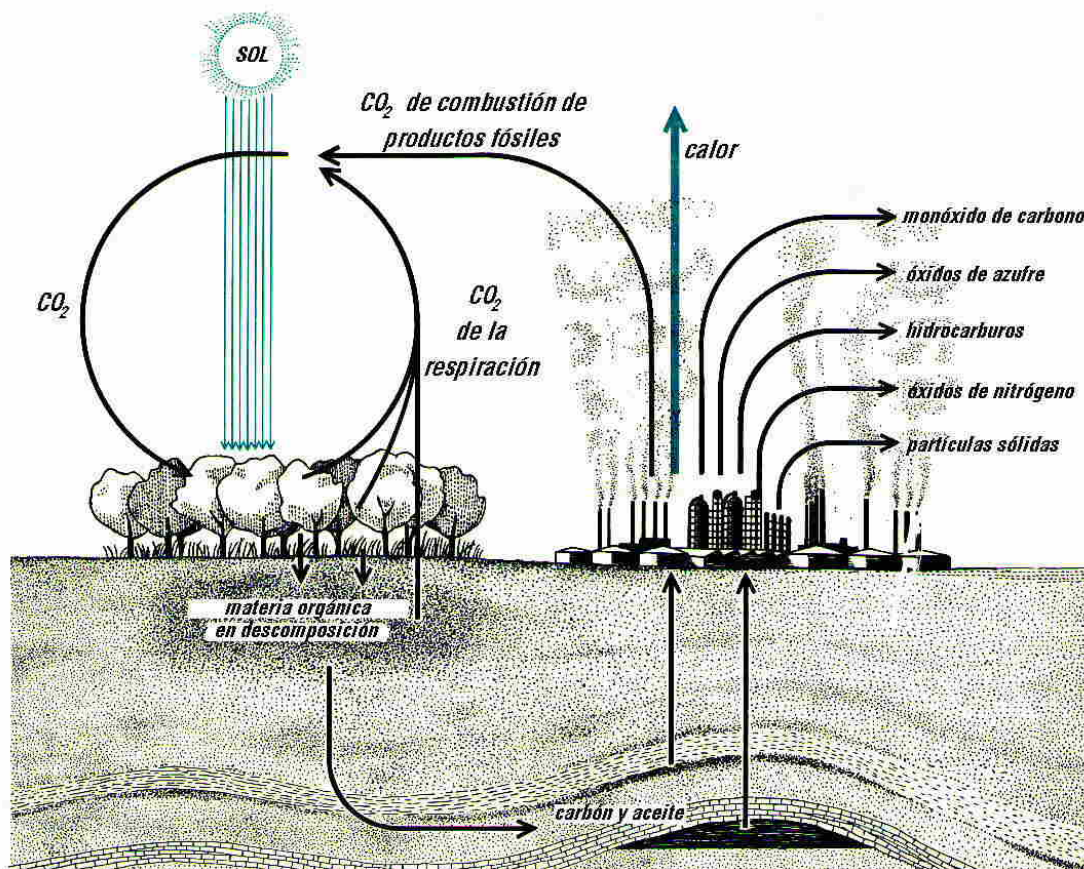
## **Desarrollo**

### **¿Qué es la contaminación del aire?**

Es la que se produce como consecuencia de la emisión de sustancias tóxicas. La contaminación del aire puede causar trastornos tales como ardor en los ojos y en la nariz, irritación y picazón de la garganta y problemas respiratorios. Bajo determinadas circunstancias, algunas sustancias químicas que se hallan en el aire contaminado pueden producir cáncer, malformaciones congénitas, daños cerebrales y trastornos del sistema nervioso, así como lesiones pulmonares y de las vías respiratorias. A determinado nivel de concentración y después de cierto tiempo de exposición, ciertos contaminantes del aire son sumamente peligrosos y pueden causar serios trastornos e incluso la muerte.

La polución del aire también provoca daños en el medio ambiente, habiendo afectado la flora arbórea, la fauna y los lagos. La contaminación también ha reducido el espesor de la capa de ozono. Además, produce el deterioro de edificios, monumentos, estatuas y otras estructuras.

La contaminación del aire también es causante de neblina, la cual reduce la visibilidad en los parques nacionales y otros lugares y, en ocasiones, constituye un obstáculo para la aviación.



### ¿Cuáles son los principales contaminantes del aire?

**Monóxido de Carbono (CO):** Es un gas inodoro e incoloro. Cuando se lo inhala, sus moléculas ingresan al torrente sanguíneo, donde inhiben la distribución del oxígeno. En bajas concentraciones produce mareos, jaqueca y fatiga, mientras que en concentraciones mayores puede ser fatal.

El monóxido de carbono se produce como consecuencia de la combustión incompleta de combustibles a base de carbono, tales como la gasolina, el petróleo y la leña, y de la de productos naturales y sintéticos, como por ejemplo el humo de cigarrillos. Se lo halla en altas concentraciones en lugares cerrados, como por ejemplo garajes y túneles con mal ventilados, e incluso en caminos de tránsito congestionado.

**Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ):** Es el principal gas causante del efecto invernadero. Se origina a partir de la combustión de carbón, petróleo y gas natural. En estado líquido o sólido produce quemaduras, congelación de tejidos y ceguera. La inhalación es tóxica si se encuentra en altas concentraciones, pudiendo causar incremento del ritmo respiratorio, desvanecimiento e incluso la muerte.

**Clorofluocarbonos (CFC):** Son sustancias químicas que se utilizan en gran cantidad en la industria, en sistemas de refrigeración y aire acondicionado y en la elaboración de bienes de consumo. Cuando son liberados a la atmósfera, ascienden hasta la estratosfera. Una vez allí, los CFC producen reacciones químicas que dan lugar a la reducción de la capa de ozono que protege la superficie de la Tierra de los rayos solares. La reducción de las emisiones de CFC y la suspensión de la producción de productos químicos que destruyen la capa de ozono constituyen pasos fundamentales para la preservación de la estratosfera.

**Contaminantes atmosféricos peligrosos (HAP):** Son compuestos químicos que afectan la salud y el medio ambiente. Las emanaciones masivas –como el desastre que tuvo lugar en una fábrica de agroquímicos en Bhopal, India– pueden causar cáncer, malformaciones congénitas, trastornos del sistema nervioso y hasta la muerte

Las emisiones de HAP provienen de fuentes tales como fábricas de productos químicos, productos para limpieza en seco, imprentas y vehículos (automóviles, camiones, autobuses y aviones).

**Plomo:** Es un metal de alta toxicidad que ocasiona una diversidad de trastornos, especialmente en niños pequeños. Puede afectar el sistema nervioso y causar problemas digestivos. Ciertos productos químicos que contienen plomo son cancerígenos. El plomo también ocasiona daños a la fauna y flora silvestres.

El contenido de plomo de la gasolina se ha ido eliminando gradualmente, lo que ha reducido considerablemente la contaminación del aire. Sin embargo, la inhalación e ingestión de plomo puede tener lugar a partir de otras fuentes, tales como la pintura para paredes y automóviles, los procesos de fundición, la fabricación de baterías de plomo, los señuelos de pesca, ciertas partes de las balas, algunos artículos de cerámica, las persianas venecianas, las cañerías de agua y algunas tinturas para el cabello.

**Ozono (O<sub>3</sub>):** Este gas es una variedad de oxígeno, que, a diferencia de éste, contiene tres átomos de oxígeno en lugar de dos. El ozono de las capas superiores de la atmósfera, donde se forma de manera espontánea, constituye la llamada “capa de ozono”, la cual protege la tierra de la acción de los rayos ultravioletas. Sin embargo, a nivel del suelo, el ozono es un contaminante de alta toxicidad que afecta la salud, el medio ambiente, los cultivos y una amplia diversidad de materiales naturales y sintéticos. El ozono produce irritación del tracto respiratorio, dolor en el pecho, tos persistente, incapacidad de respirar profundamente y un aumento de la propensión a contraer infecciones pulmonares. A nivel de medio ambiente, es perjudicial para los árboles y reduce la visibilidad.

El ozono que se halla a nivel del suelo proviene de la descomposición (oxidación) de los compuestos orgánicos volátiles de los solventes, de las reacciones entre sustancias químicas resultantes de la combustión del carbón, gasolina y otros combustibles y de las sustancias componentes de las pinturas y spray para el cabello. La oxidación se produce rápidamente a alta temperatura ambiente. Los vehículos y la industria constituyen las principales fuentes del ozono a nivel del suelo.

**Oxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>):** Proviene de la combustión de la gasolina, el carbón y otros combustibles. Es uno de las principales causas del smog y la lluvia ácida. El primero se produce por la reacción de los óxidos de nitrógeno con compuestos orgánicos volátiles. En altas concentraciones, el smog puede producir dificultades respiratorias en las personas asmáticas, accesos de tos en los niños y trastornos en general del sistema respiratorio. La lluvia ácida afecta la vegetación y altera la composición química del agua de los lagos y ríos, haciéndola potencialmente inhabitable para las bacterias, excepto para aquellas que tienen tolerancia a los ácidos.

**Partículas:** En esta categoría se incluye todo tipo de materia sólida en suspensión en forma de humo, polvo y vapores. Además, de reducir la visibilidad y la cubierta del suelo, la inhalación de estas partículas microscópicas, que se alojan en el tejido pulmonar, es causante de diversas enfermedades respiratorias. Las partículas en suspensión también son las principales causantes de la neblina, la cual reduce la visibilidad.

Las partículas de la atmósfera provienen de diversos orígenes, entre los cuales podemos mencionar la combustión de diesel en camiones y autobuses, los combustibles fósiles, la mezcla y aplicación de fertilizantes y agroquímicos, la construcción de caminos, la fabricación de acero, la actividad minera, la quema de rastrojos y malezas y las chimeneas de hogar y estufas a leña.

**Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>):** Es un gas inodoro cuando se halla en bajas concentraciones, pero en alta concentración despiden un olor muy fuerte. Se produce por la combustión de carbón, especialmente en usinas térmicas. También proviene de ciertos procesos industriales, tales como la fabricación de papel y la fundición de metales. Al igual que los óxidos de nitrógeno, el dióxido de azufre es uno de los principales causantes del smog y la lluvia ácida. Está estrechamente relacionado con el ácido sulfúrico, que es un ácido fuerte. Puede causar daños en la vegetación y en los metales y ocasionar trastornos pulmonares permanentes y problemas respiratorios

**Compuestos orgánicos volátiles (VOC):** Son sustancias químicas orgánicas. Todos los compuestos orgánicos contienen carbono y constituyen los componentes básicos de la materia viviente y de todo derivado de la misma. Muchos de los compuestos orgánicos que utilizamos no se hallan en la naturaleza, sino que se obtienen sintéticamente. Los compuestos químicos volátiles emiten vapores con gran facilidad. La emanación de vapores de compuestos líquidos se produce rápidamente a temperatura ambiente.

Los VOC incluyen la gasolina, compuestos industriales como el benceno, solventes como el tolueno, xileno y percloroetileno (el solvente que más se utiliza para la limpieza en seco). Los VOC emanan de la combustión de gasolina, leña, carbón y gas natural, y de solventes, pinturas, colas y otros productos que se utilizan en el hogar o en la industria. Las emanaciones de los vehículos constituyen una importante fuente de VOC. Muchos compuestos orgánicos volátiles son peligrosos contaminantes del aire. Por ejemplo, el benceno tiene efectos cancerígenos.

### **Efecto invernadero**

La Tierra debido a su fuerza de gravedad retiene en su superficie al aire y al agua del mar, y para poner en movimiento al aire y al mar en relación con la superficie del planeta se necesita la energía cuya fuente primaria es el Sol, que emite en todas direcciones un flujo de luz visible o próxima a la radiación visible, en las zonas del ultravioleta y del infrarrojo.

De acuerdo con los planteamientos de Sadi Carnot acerca del funcionamiento de la máquina de vapor, se sabe que la transformación de la energía térmica en energía mecánica no puede ser total. Un motor térmico requiere de una fuente caliente que suministre la energía térmica y una fuente fría que la reciba. Al considerar a la Tierra como un motor térmico, la fuente que suministra la energía térmica es la superficie del suelo calentada por la radiación solar y la fuente fría está localizada en las capas altas de la atmósfera, enfriada continuamente por la pérdida de energía en forma de radiación infrarroja emitida por el suelo caliente hacia el espacio sideral.

La Tierra solamente recibe una pequeña cantidad de la energía emitida por el Sol. La luz solar no se utiliza directamente, sino en forma de calor, por lo tanto, es necesario que la atmósfera transforme

la energía térmica de la radiación solar en energía mecánica del viento. La fuente de calor para la atmósfera es la superficie del suelo calentada por la luz solar que luego es emitida como radiación infrarroja hacia el espacio.

El efecto invernadero es uno de los principales factores que provocan el calentamiento global de la Tierra, debido a la acumulación de los llamados gases invernadero  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{CH}_4$  y CFC's en la atmósfera.

El matemático francés Jean B. J. Fourier planteó que la Tierra es un planeta azul debido a su atmósfera y que sería un planeta negro si careciera de ella y que se congelaría el agua si no tuviera la mezcla de gases que forman su atmósfera. En 1827 comparó la influencia de la atmósfera terrestre con un invernadero y dijo que los gases que forman la atmósfera de la Tierra servían como las paredes de cristal de un invernadero para mantener el calor.

El físico irlandés John Tyndall, en 1859, descubrió que ni el oxígeno ni el nitrógeno producen efecto invernadero, lo cual indica que el 99 % de los componentes de la atmósfera no producen efecto invernadero y que el agua, el bióxido de carbono y el ozono sí lo producen. Tyndall se dio cuenta que el bióxido de carbono absorbe una gran cantidad de energía y que su concentración varía de manera natural debido a diferentes fenómenos, entre los que se encuentra la fijación orgánica que llevan a cabo las plantas. También que la disminución de la concentración del bióxido de carbono en la atmósfera provocaría el enfriamiento del planeta y que ésta podría ser la explicación de las glaciaciones en la Tierra.

Las moléculas de oxígeno, nitrógeno, agua, anhídrido carbónico y del ozono son casi transparentes a la luz solar pero las moléculas de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{CH}_4$  y CFC's son parcialmente opacas a las radiaciones infrarrojas, es decir, que absorben a las radiaciones infrarrojas emitidas por el suelo que ha sido calentado por la luz solar.

Cuando la radiación infrarroja choca con las moléculas de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{CH}_4$  y CFC's es absorbida por ellas. Estas moléculas que vibran, se mueven y emiten energía en forma de rayos invisibles e infrarrojos, provocan el fenómeno conocido como efecto invernadero, que mantiene caliente la atmósfera terrestre. Las radiaciones rebotan entre la mezcla de moléculas que componen a la atmósfera hasta que finalmente escapan al espacio sideral.

El término efecto invernadero aplicado a la Tierra se refiere al posible calentamiento global debido a la acumulación de los gases de invernadero provocada por la actividad humana, principalmente desde la revolución industrial por la quema de combustibles fósiles y la producción de nuevos productos químicos.

El químico sueco Svante A. Arrhenius, en 1896, planteó que la concentración de anhídrido carbónico se está incrementando continuamente debido a la quema de carbón, petróleo y leña, lo cual hace que la temperatura promedio de la Tierra sea cada vez mayor. Señaló que en caso de duplicarse la concentración del anhídrido carbónico de la atmósfera, la temperatura promedio de la Tierra aumentaría entre 5 y 6°C.

Aunque se conocía el efecto invernadero, durante la primera mitad del siglo XX los investigadores de la Tierra no lo consideraron como un problema de la estabilidad del planeta, ya que antes consideraban que los océanos podían absorber al anhídrido carbónico formando carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) que caería al fondo del mar sin causar ningún daño.

La radiación infrarroja es absorbida en mayor cantidad por el vapor de agua, le sigue el anhídrido carbónico y luego el ozono, pero de estos 3 compuestos químicos es el anhídrido carbónico el que produce mayor efecto invernadero porque el hombre está incrementando su concentración como consecuencia de las actividades que realiza.

Se considera que sin el efecto invernadero producido por el bióxido de carbono natural la temperatura de la Tierra sería de alrededor de 20 °C bajo cero (- 20 °C).

Los científicos están de acuerdo en que el anhídrido carbónico interviene en el efecto invernadero y que su concentración está aumentando, pero no están de acuerdo en dos aspectos cruciales del efecto invernadero: 1) si ya ha comenzado el calentamiento de la Tierra y 2) cuánto se incrementará el calentamiento global.

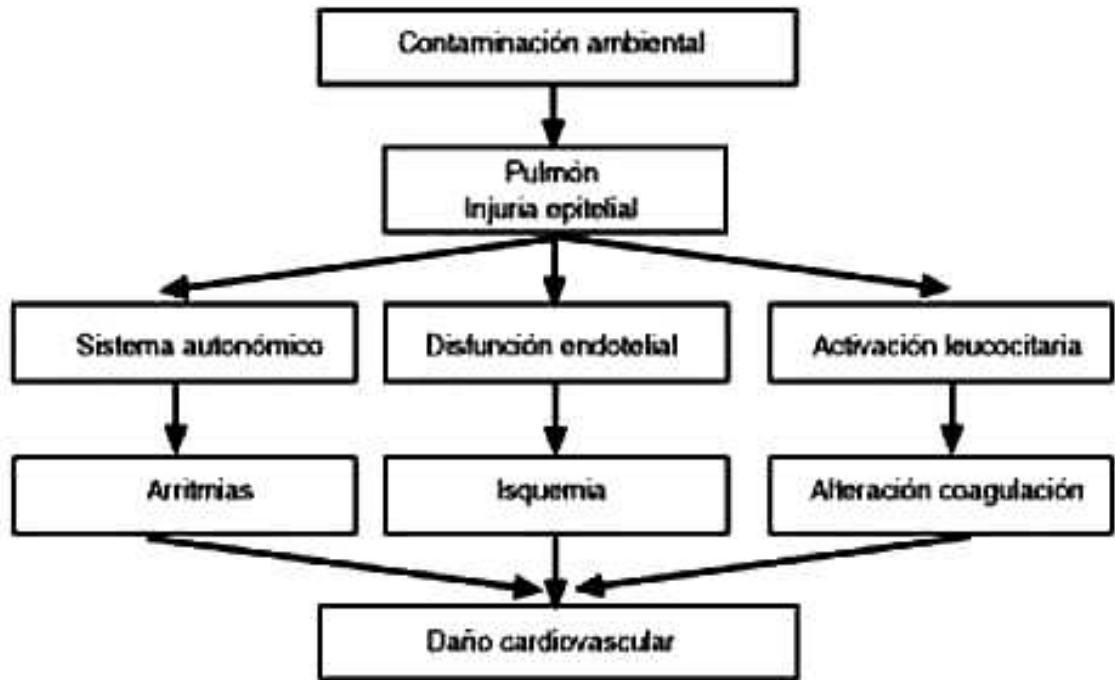
### **Causas de la Contaminación del aire en la salud humana**

Los científicos estudian los efectos de la contaminación del aire por medio de experimentos en animales, observando los síntomas de voluntarios humanos y examinando los registros hospitalarios y otra información acerca de la salud obtenida de encuestas comunitarias y pruebas de la función pulmonar.

Los daños causados por la contaminación del aire han sido documentados en las tres clases de estudios. La contaminación del aire puede matar, especialmente cuando varias clases de contaminación

En estados Unidos, un estudio de la Universidad de Harvard estimó que cada año aproximadamente cinco por ciento de las muertes en la ciudad norteamericana contaminada típica están vinculadas con las partículas ácidas en el aire. Otro estudio de la contaminación por materia particulada estima que decenas de miles de muertes prematuras cada año pueden ser atribuidas a este tipo de contaminación del aire.

La contaminación puede ser un problema grave incluso en niveles relativamente bajos. Estos niveles de contaminación por smog y material particulado han sido vinculados con aumentos en las visitas a las salas de urgencia por parte de las víctimas del asma y otras personas con problemas pulmonares.



Los estudios de niños y personas con asma tienen la tos, sibilancia y otros signos de sufrimiento respiratorio relacionados con los niveles de contaminación por debajo de las normas federales actuales. La American Lung Association considera que varias de las normas federales actuales relativas a la calidad del aire, tales como las del ozono y las materias particuladas, deben ser reforzadas para proteger la salud pública.

### Conclusiones

El aire es compartido por todos los seres vivos. Cuando el aire está contaminado a causa de una fábrica en Asia, de un fuego en Australia, de una tormenta de polvo en África o de emisiones de carros en Norteamérica, aquí en México también nos afecta.

Son muchas las reuniones internacionales que se han realizado con el fin de unificar esfuerzos, sin embargo, los resultados han sido más débiles de lo que se necesita.

Debemos de apoyar activamente las leyes y reglamentos federales, estatales y locales fuertes que requieran control eficaz de la contaminación del aire. El apoyo público es vital para el éxito de los esfuerzos de control de la contaminación del aire de nuestro país. Sus propias decisiones acerca del transporte y como consumidor de energía y productos también representan una diferencia.

Los científicos han establecido muchos de los efectos locales de la contaminación del aire. por ejemplo, que afecta negativamente la salud humana, y provoca tos, irritabilidad de los ojos, problemas de respiración e, incluso, la muerte. Sabemos que las nubes de aire contaminado o smog reducen la visibilidad, y que la lluvia ácida de emisiones químicas dañan propiedades, contaminan fuentes de agua, y pueden dañar los bosques, vida salvaje y la agricultura.

Hay muchas formas de ayudar a reducir la contaminación del aire. Se puede hacer un aporte significativo a la purificación del aire simplemente siguiendo (o no, según sea el caso) ciertas prácticas sencillas

Dado que los vehículos contribuyen enormemente a la polución del aire mediante la emisión de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, ozono, VOC, HAP, CFC y partículas volátiles, la modificación de los hábitos de conducción contribuirá a reducir la misma.

Reducir el uso del automóvil, usar medios de transporte público o bicicleta, caminar más, utilizar el automóvil como medio de transporte colectivo, etc. constituyen la mejor manera de ayudar a reducir la polución atmosférica.

Si conduce, tenga en cuenta lo siguiente:

- Evite circular a alta velocidad
- Cuando compre un vehículo, elija uno que tenga alto rendimiento en millas por litro de gasolina.
- No sobrellene el tanque de gasolina
- No cargue gasolina en días de alto contenido de ozono. Trate de hacerlo después de que oscurezca.
- Use un modelo de vehículo que sea lo más nuevo posible, ya que los modelos nuevos son, en general, menos contaminantes.
- Utilice un vehículo alternativo, como por ejemplo el automóvil eléctrico, o uno que funcione con otro tipo de combustible.
- Conduzca suavemente y evite que su automóvil permanezca sin uso durante mucho tiempo.
- Si su automóvil es de un modelo anterior a 1995, haga cambiar el peligroso sistema de aire acondicionado R-12 (clorofluorcarbonado) por el R-134-a, que es más seguro, con lo cual contribuirá a reducir el agujero de ozono.
- Mantenga su automóvil en buen estado, poniendo especial atención en el sistema de escape.
- Asegúrese de que los neumáticos tengan la presión de aire adecuada.
- Mantenga en buen estado el sistema de aire acondicionado de su vehículo, asegurándose de que no haya filtraciones.
- Haga menor cantidad de viajes. Planifique su itinerario, de manera de evitar las zonas de tránsito congestionado.
- Reduzca el uso de gasolina tanto como le sea posible –la forma y el diseño del automóvil pueden ser factores determinantes del consumo.
- He aquí otras prácticas mediante las cuales Ud. puede contribuir a disminuir la contaminación del aire:
- Posponga las tareas de jardinería que requieran el uso de herramientas a gasolina en días de alto nivel de de ozono.
- Consuma alimentos orgánicos o al menos aquellos no hayan sido sometidos a un uso tan intensivo de agroquímicos.
- Restrinja la limpieza en seco.
- Evite el uso de pinturas, aceites y solventes en días de alta concentración de ozono.
- Reduzca el consumo de electricidad, lo cual contribuirá a disminuir las emanaciones de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC y partículas.
- Prenda el carbón de leña con un encendedor eléctrico en vez de hacerlo con combustible líquido.

- Restrinja-reutilice-recicle. Un menor consumo redundará en menor contaminación atmosférica de todo tipo.

## **Bibliografía**

- VIZCAINO M. F. (1987). “LA CONTAMINACIÓN EN MÉXICO”. FONDO DE CULTURA ECONÓMICA. MÉXICO.
- UNDA OPAZO F. (2003). “INGENIERÍA SANITARIA APLICADA A SANEAMIENTO Y SALUD PÚBLICA”. EDITORIAL LIMUSA. GRUPO NORIEGA EDITORES. MÉXICO.
- TURK A., TURK J. Y WITTES J. (1981). “ECOLOGÍA CONTAMINACIÓN MEDIO AMBIENTE”. INTERAMERICANA. MÉXICO.
- TRUEBA D. J. (1980) “ECOLOGÍA PARA EL PUEBLO”. EDICOL. MÉXICO.
- SARTORI G. (2003) “LA TIERRA EXPLOTA”. ED TAURUS. MÉXICO
- RIVERO S. Y PONCIANO. R. (1996) FACTORES AMBIENTALES DE RIESGO PARA LA SALUD EN LA CIUDAD DE MÉXICO. PUMA. UNAM. MÉXICO.
- LEFF E. (2001) SABER AMBIENTAL. SUSTENTABILIDAD, RACIONALIDAD, COMPLEJIDAD, PODER. SIGLO VEINTIUNO EDITORES. MÉXICO.
- HENRY J. GLYNN. Y GARY H W. (1999) INGENIERÍA AMBIENTAL. PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA. MÉXICO.
- FORTOUL T. L. Y OTROS. (1995) OZONO Y SISTEMA RESPIRATORIO. CIENCIA Y DESARROLLO. NOVIEMBRE/DICIEMBRE VOL. XXI. NÚM. 125. MÉXICO.
- ENKERLIN ERNESTO C. Y OTROS. (1997) CIENCIA AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE. INTERNATIONAL THOMSON EDITORES. MÉXICO.
- ECHEVARÍA E. (1998) “ECOLOGÍA Y SALUD”. ED TLALOC. MÉXICO.
- VIZCAINO M. F. (1987). LA CONTAMINACIÓN EN MÉXICO. FONDO DE CULTURA ECONÓMICA. MÉXICO.
- UNDA OPAZO F. 2003 INGENIERÍA SANITARIA APLICADA A SANEAMIENTO Y SALUD PÚBLICA. EDITORIAL LIMUSA. GRUPO NORIEGA EDITORES. MÉXICO.
- TURK A., TURK J. Y WITTES J. (1981) “ECOLOGÍA CONTAMINACIÓN MEDIO AMBIENTE”. INTERAMERICANA. MÉXICO..
- CHANG R. (1999) QUÍMICA. MC GRAW-HILL INTERAMERICANA. MÉXICO.
- BREUER G. (1989) EL AIRE EN PELIGRO. EDITORIAL SALVAT. ESPAÑA.

- BAKER J. Y ALLEN E. G. 1970 BIOLOGÍA. INVESTIGACIÓN Y CIENCIA. FONDO EDUCATIVO INTERAMERICANO. MÉXICO.
- BALLESTEROS, J 1997 SOCIEDAD Y MEDIO AMBIENTE. MADRID: EDITORIAL TROTTA, S.A.
- ASIMOV, I. Y POHL, F. 1988 LA IRA DE LA TIERRA. ED. B, S.A. ESPAÑA.