

# **EFFECTO DE LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS.**

Nivian Quintana Rodríguez y Lydia García Suárez.  
Facultad de Gestión de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Instituto Superior de  
Tecnología y Ciencias Aplicadas. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio  
Ambiente

## **RESUMEN**

La degradación del medio ambiente debido a la actitud adoptada por el hombre hacia la naturaleza en los últimos siglos, al utilizar los recursos naturales de forma indiscriminada, a dado lugar, a uno de los problemas fundamentales que la humanidad tiene que resolver en la actualidad, la contaminación ambiental.

En el presente trabajo se realiza un estudio bibliográfico de aspectos relevantes de la Contaminación Atmosférica, los principales contaminantes atmosféricos, su clasificación y se profundiza en el efecto de los principales contaminantes sobre diferentes elementos, los materiales, la flora, la fauna, los ecosistemas, la salud humana, entre otros.

## **INTRODUCCIÓN.**

La degradación del medio ambiente debido a la actitud adoptada por el hombre hacia la naturaleza durante los últimos siglos, pues en su actuación tenía licencia para explotar los recursos naturales con una total indiferencia ante todo lo que no repercutiera en beneficio directo, a dado lugar a uno de los problemas capitales que la humanidad tiene planteado en la actualidad, la contaminación ambiental.

La atmósfera es uno de los componentes más importantes del clima terrestre. Todas las actividades humanas, el metabolismo de la materia humana y los fenómenos naturales que se producen en la superficie o en el interior de la tierra van acompañados de emisiones de gases, vapores, polvos y aerosoles, estos, al difundirse a la atmósfera, se integran en los distintos ciclos biogeoquímicos que se desarrollan en la Tierra. Se consideran contaminantes aquellas sustancias que pueden dar lugar a riesgo o daño, para las personas o bienes en determinadas circunstancias. La contaminación del aire constituye uno de los problemas ambientales más graves en todas las ciudades del mundo, en los países desarrollados debido al alto volumen y diversificación de la producción industrial y el intenso flujo de vehículos automotores. En las naciones atrasadas económicamente las causas están en la inadecuada planificación de las escasas industrias, el uso de tecnologías obsoletas, la mala calidad del saneamiento básico y el incontrolado crecimiento urbanístico. Cuba no es un aparte en esta problemática, que tiene, entre otras causas su origen en deficiencias en ciertas cuestiones de la planificación territorial en cuanto a la ubicación de asentamientos industriales y humanos, así como en el empleo de tecnologías atrasadas, entre otras razones. Desde la década del setenta en Cuba se realizan acciones de prevención y control de la contaminación, que con la creación del CITMA en 1994, se han estado perfeccionando, al aprobarse la Ley 81 marco del Medio Ambiente, el Programa Nacional de Medio Ambiente y Desarrollo, la Estrategia Nacional de Medio Ambiente, las estrategias ambientales sectoriales y territoriales, así como resoluciones y otras regulaciones y normativas ambientales, que como medidas no estructurales persiguen la minimización de la contaminación ambiental, y dentro de ella la atmosférica. También se ha trabajado en la consolidación de la Gestión Ambiental y sus instrumentos con este objetivo. En el presente trabajo se realiza un estudio de aspectos relevantes de la Contaminación Atmosférica, los principales contaminantes atmosféricos, su clasificación y se profundiza en el efecto de los principales contaminantes sobre diferentes elementos, los materiales, la flora, la fauna, los ecosistemas, la salud humana, entre otros.

## **DESARROLLO.**

### **La Atmósfera**

Capa gaseosa que rodea al planeta Tierra, se divide teóricamente en varias capas concéntricas sucesivas. Estas son, desde la superficie hacia el espacio exterior: troposfera, tropopausa, estratosfera, estratopausa, mesosfera y termosfera.

La atmósfera es uno de los componentes más importantes del clima terrestre. Es el presupuesto energético de ella la que primordialmente determina el estado del clima global, por ello es esencial comprender su composición y estructura. Los gases que la constituyen están bien mezclados en la atmósfera pero no es físicamente uniforme pues tiene variaciones significativas en temperatura y presión, relacionado con la altura sobre el nivel del mar.

La troposfera o baja atmósfera, es la que está en íntimo contacto con la superficie terrestre y se extiende hasta los 11 km. Tiene un grosor que varía desde 8 km. en los polos hasta 16 km. en el Ecuador, principalmente debido a la diferencia de presupuesto energético en esos lugares. Abarca el 75% de la masa de gases totales que componen la atmósfera, el 99% de la masa de la atmósfera se encuentra bajo los 30 km. Consta en particular, el 99% de dos gases, el Nitrógeno (N<sub>2</sub>, 78%) y Oxígeno (O<sub>2</sub>, 21%). El 1% que resta consta principalmente de Argón (Ar, 1%) y Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>, 0,035%). El aire de la troposfera incluye vapor de agua en cantidades variables de acuerdo a condiciones locales, por ejemplo, desde 0,01% en los polos hasta 5% en los trópicos. La temperatura disminuye con la altura, en promedio, 6,5° C por kilómetro. La mayoría de los fenómenos que involucran el clima ocurren en esta capa de la atmósfera. Esta capa incluye además los fenómenos biológicos.

La tropopausa marca el límite superior de la troposfera, sobre la cual la temperatura se mantiene constante antes de comenzar nuevamente a aumentar por sobre los 20 km. Esta condición térmica evita la convección del aire y confina de esta manera el clima a la troposfera.

La capa por sobre la tropopausa en la que la temperatura comienza a ascender se llama estratosfera, una vez que se alcanzan los 50 km. de altura, la temperatura ha llegado a los 0°C. Por lo tanto, se extiende desde los 20 km. hasta 48-50 km. Contiene pequeñas cantidades de los gases de la troposfera en densidades decrecientes proporcional a la altura. Incluye también cantidades de Ozono (O<sub>3</sub>) que filtran el 99% de los rayos ultravioleta (UV) provenientes de las radiaciones solares. Es esta absorción de UV la que hace ascender la temperatura hasta cerca de los 0°C. Este perfil de temperaturas permite que la capa sea muy estable y evita turbulencias, algo que caracteriza a la estratosfera. Esta, a su vez, está cubierta por la estratopausa.

La mesosfera se extiende por encima de los 50 km., la temperatura desciende hasta -100 °C a los 80 km. su límite superior.

Por sobre los 80 km.; encima de la mesosfera, se extiende la termosfera, en ella la temperatura asciende continuamente hasta sobre los 1000 °C. Por la baja densidad de los gases a esas altitudes no son condiciones de temperatura comparables a las que existirían en la superficie.

### **Los Contaminantes Atmosféricos**

Se entiende por contaminación atmosférica la presencia en el aire de sustancias y formas de energía que alteran la calidad del mismo, de modo que implique riesgos, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza.

Todas las actividades humanas, el metabolismo de la materia humana y los fenómenos naturales que se producen en la superficie o en el interior de la tierra van acompañados de emisiones de gases, vapores, polvos y aerosoles. Estos, al difundirse a la atmósfera, se integran en los distintos ciclos biogeoquímicos que se desarrollan en la Tierra.

Que una sustancia sea considerada contaminante o no dependerá de los efectos que produzca sobre sus receptores. Se consideran contaminantes aquellas

sustancias que pueden dar lugar a riesgo o daño, para las personas o bienes en determinadas circunstancias.

Con frecuencia, los contaminantes naturales ocurren en cantidades mayores que los productos de las actividades humanas, los llamados contaminantes antropogénicos. Sin embargo, los contaminantes antropogénicos presentan la amenaza más significativa a largo plazo para la biosfera.

Algunos contaminantes naturales del aire son: partículas de óxido de azufre, monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, polvo, hidrocarburos, polen, metano, sulfuro de hidrógeno, partículas de sal, virus, etc... Estos contaminantes tienen su fuente principal en volcanes, fuegos forestales, vendavales, plantas vivas, plantas en descomposición, el suelo y el mar.

Los contaminantes atmosféricos se clasifican también en primarios y secundarios.

### **Contaminantes primarios**

Se entiende por contaminantes primarios aquellas sustancias contaminantes que son vertidas directamente a la atmósfera. Los contaminantes primarios provienen de muy diversas fuentes dando lugar a la llamada contaminación convencional. Su naturaleza física y su composición química es muy variada, si bien podemos agruparlos atendiendo a su peculiaridad más característica tal como su estado físico (caso de partículas y metales), o elemento químico común (caso de los contaminantes gaseosos).

Entre los contaminantes atmosféricos más frecuentes que causan alteraciones en la atmósfera se encuentran:

Aerosoles (en los que se incluyen las partículas sedimentables y en suspensión y los humos),

Óxidos de azufre, SO<sub>x</sub>.

Monóxido de carbono, CO

Óxidos de nitrógeno, NOx

Hidrocarburos, Hn Cm

Ozono, O<sub>3</sub>

Dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>

.

Además de estas sustancias, en la atmósfera se encuentran una serie de contaminantes que se presentan con menor frecuencia, pero que pueden producir efectos negativos sobre determinadas zonas por ser su emisión a la atmósfera muy localizada. Entre otros, se encuentra como más significativos los siguientes:

Otros derivados del azufre.

Halógenos y sus derivados

Arsénico y sus derivados.

Componentes orgánicos.

Partículas de metales pesados y ligeros, como el plomo, mercurio, cobre, zinc.

Partículas de sustancias minerales, como el amianto y los asbestos.

Sustancias radiactivas

### **Contaminantes secundarios**

Los contaminantes atmosféricos secundarios no se vierten directamente a la atmósfera desde los focos emisores, sino que se producen como consecuencia de las transformaciones y reacciones químicas y fotoquímicas que sufren los contaminantes primarios en el seno de la misma.

Las principales alteraciones atmosféricas producidas por los contaminantes secundarios son:

contaminación fotoquímica

acidificación del medio

disminución del espesor de la capa de ozono

### **Efectos de los Contaminantes Atmosféricos**

#### **Efectos sobre las plantas**

Las plantas muestran una especial sensibilidad a la mayor parte de los contaminantes del aire, y sufren daños significativos a concentraciones mucho más bajas que las necesarias para causar efectos perjudiciales sobre la salud humana y animal.

Es muy difícil establecer valores límites de la contaminación atmosférica a partir de los cuales los efectos negativos se empiezan a manifestar, ya que estos dependen de la constitución de la planta y de la especie de que se trate, es decir, hay una especificidad de respuestas.

Por otra parte, los efectos producidos por la contaminación atmosférica se pueden manifestar por la alteración de diversos mecanismos vitales de las plantas. Así, las funciones metabólicas y los tejidos vegetales se pueden ver afectados como consecuencia de la acción de gases como el anhídrido sulfuroso, el monóxido de carbono y los compuestos de flúor. Los daños causados se manifiestan en forma de necrosis foliar en áreas localizadas que presentan un color marrón-rojizo-blanco, de clorosis, adquiriendo el tejido una coloración verde pálida o amarilla, o por la aparición de manchas puntuales necróticas. Si la acción del contaminante es muy fuerte puede llegar a paralizar el crecimiento de la planta.

Entre los distintos contaminantes que se presentan generalmente en el aire ambiente, el SO<sub>2</sub> es el que tiene mayor importancia debido a la gran toxicidad que tiene para la vegetación.

Los daños producidos por el SO<sub>2</sub> a las plantas obedecen a la exposición a altas concentraciones durante períodos cortos; o por la exposición a concentraciones relativamente bajas durante largos períodos.

Los daños agudos se producen como consecuencia de exposiciones cortas a concentraciones elevadas. Exposiciones medias diarias de 130 microgramos de SO<sub>2</sub> por metro cúbico de aire durante el período de crecimiento, pueden causar daños en las coníferas más sensibles. Estos daños se caracterizan por la aparición de necrosis apicales de color rojo o anaranjado.

La exposición a menores concentraciones durante tipos de exposición más largos ocasiona lesiones crónicas. Exposiciones medias anuales de anhídrido sulfuroso de 50 microgramos por metro cúbico de aire pueden causar daños a especies forestales sensibles. Estas se manifiestan por un gradual amarillamiento de la hoja que se va extendiendo desde la zona apical a la base de la misma, causada por dificultades en el mecanismo sintetizador de la clorofila. En las plantas dañadas se encuentran grandes cantidades de sulfato en las hojas con síntomas crónicos.

El flúor y sus derivados son contaminantes del aire que se caracterizan por ser tóxicos en general para las plantas a muy pequeñas concentraciones. La sensibilidad de las plantas a la acción del flúor varía, como en el caso del SO<sub>2</sub>, según las especies y las condiciones del medio, siendo especialmente sensibles a este contaminante las viñas y las plantaciones frutales, especialmente las de frutos con hueso (como el melocotón o durazno). En el medio forestal, las resinosas son las especies más sensibles al flúor, ya que al tener hojas perennes y tener el flúor un efecto acumulativo sobre los tejidos, se va almacenando hasta sobrepasar los umbrales de toxicidad, lo que da lugar a la aparición de necrosis que pueden llegar a producir la muerte de grandes masas forestales.

Un aspecto importante del efecto acumulativo del flúor es su transmisión a través de las cadenas alimentarias. El mecanismo es el siguiente: el flúor presente en el aire se acumula en los pastos y de éstos pasa a los animales, siendo los bovinos los más afectados. La acumulación del flúor en los tejidos puede causar la aparición de la fluorosis, enfermedad que se presenta sobre todo en el ganado vacuno. Observaciones realizadas muestran que la ingestión de pastos puede ser tolerada sin efectos negativos, cuando su concentración en flúor no supera los 40 ppm como media durante todo el año.

Entre los óxidos de nitrógeno solo el NO<sub>2</sub> es tóxico para las plantas, a pequeñas concentraciones y largo tiempo de exposición. Los daños se manifiestan por la aparición de necrosis y clorosis de color negro o marrón rojizo en las hojas. Los sinergismos de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> provocan a bajas concentraciones alteraciones en la vegetación. Este hecho se ha observado en las zonas urbanas.



La contaminación atmosférica fotoquímica produce daños en la vegetación a concentraciones que ya se están alcanzando en algunas ciudades. El ozono es uno de los principales causantes de estos daños. Las lesiones producidas por el ozono se manifiestan como manchas blancas o punteados claros sobre el haz de las hojas. Otros daños producidos por oxidantes fotoquímicos son graves lesiones foliares caracterizadas por una tintura plateada o vidriosa en el envés de la hoja, así como por un ataque general en las hojas jóvenes.

La radiación gamma produce numerosos efectos biológicos sobre las plantas, incluyendo daños a los ácidos nucleicos, citocromos, mitocondria y membranas celulares. Una irradiación crónica en una amplia zona produce una disminución gradual de la diversidad de plantas. Poco a poco los bosques van muriendo, empezando por los árboles más sensibles como los pinos.

### **Efectos sobre los materiales**

La acción de los contaminantes atmosféricos sobre los materiales puede manifestarse por la sedimentación de partículas sobre la superficie de los mismos, afeando su aspecto externo, o por ataque químico al reaccionar el contaminante con el material. Los SO<sub>x</sub> causan daños a muchos tipos de materiales, bien directa o indirectamente. Un alto contenido de SO<sub>x</sub> en el aire produce la aceleración de la corrosión de los metales tales como el acero al carbono, zinc, acero galvanizado, compuestos del cobre, níquel y aluminio. Esta aceleración se ve favorecida por la presencia de partículas depositadas por la humedad y por la temperatura.

En general, puede señalarse que la corrosividad de una atmósfera depende de condiciones meteorológicas y factores de contaminación. Se han observado correlaciones entre tasas de corrosión en metales y concentraciones de SO<sub>2</sub> en la atmósfera, dándose las tasas altas de corrosión más altas en zonas industrializadas.

Las nieblas de ácido sulfúrico procedentes de la conversión catalítica del SO<sub>2</sub> a SO<sub>3</sub> en la atmósfera, atacan a los materiales de construcción como el mármol, la caliza y la argamasa, convirtiendo los carbonatos en sulfatos solubles en el agua de lluvia. Esto unido a que el volumen específico de los sulfatos es mayor que el de los carbonatos, hace que en la piedra aparezcan escamas y se debilite mecánicamente.

## **Efectos sobre la salud humana**

Las relaciones existentes entre las enfermedades humanas y la exposición a la contaminación no son sencillas ni se conocen con exactitud. No obstante, existen pruebas abundantes de que en general, las concentraciones elevadas de contaminantes en el aire son peligrosas para los seres humanos (y animales).

Se ha comprobado la relación existente entre la contaminación atmosférica, producida por partículas en suspensión y anhídrido sulfuroso, y la aparición de bronquitis crónica caracterizada por la producción de flemas, la exacerbación de catarros y dificultades respiratorias tanto en los hombres como en las mujeres adultas. Se ha observado igualmente, que cuando las concentraciones tanto de SO<sub>2</sub> como de partículas en suspensión superan los 500 microgramos/metro cúbico de aire, como promedio de 24 horas, se produce un aumento de la mortalidad en la población en general, siendo los grupos más sensibles los individuos con procesos cardíacos o pulmonares. Con promedios diarios de 250 microgramos/metro cúbico de SO<sub>2</sub> y de humos se ha registrado el empeoramiento en los enfermos con afecciones pulmonares.

La presencia en el aire de elevadas concentraciones de monóxido de carbono (CO) representa una amenaza para la salud. El CO inhalado se combina con la hemoglobina de la sangre, dando lugar a la formación de carboxihemoglobina, lo que reduce la capacidad de la sangre para el transporte de oxígeno desde los pulmones hasta los tejidos.

Se ha comprobado que una saturación de carboxihemoglobina por encima del 10% puede provocar efectos sobre la función psicomotora que se manifiesta con síntomas de cansancio, cefaleas y alteraciones de la coordinación. Por encima del 5% de saturación se producen cambios funcionales cardíacos y pulmonares y se aumenta el umbral visual. Los óxidos de nitrógeno, NO<sub>x</sub>, son contaminantes igualmente peligrosos para la salud. La mayor parte de los estudios relativos a los efectos de los NO<sub>x</sub> se han ocupado, sobre todo, del NO<sub>2</sub> ya que es el más tóxico. Los efectos producidos por el NO<sub>2</sub> sobre los animales y los seres humanos afectan, casi por entero, al tracto respiratorio. Se ha observado que una concentración media

de 190 microgramos de NO<sub>2</sub> por metro cúbico de aire, superada el 40% de los días, aumenta la frecuencia de infecciones de las vías respiratorias en la población expuesta.

Se han realizado estudios epidemiológicos en la ciudad de Los Ángeles y no se descubrió ningún aumento de mortalidad, cuando las concentraciones de oxidantes variaban entre 0.5 y 0.9 partes por millón. Los oxidantes fotoquímicos tienen efectos nocivos sobre la salud, produciendo irritación de los ojos y mucosas, estos afectan especialmente a las personas con afecciones asmáticas y broncopulmonares, en los que se han observado crisis asmáticas y disminución de la función pulmonar cuando las concentraciones son superiores a 500 microgramos por metro cúbico de aire.

Los compuestos inorgánicos del plomo atmosférico son absorbidos por los humanos, principalmente a través del sistema respiratorio, alcanzando el torrente sanguíneo aproximadamente el 35% del plomo inhalado por los pulmones. Una vez incorporado el plomo a la corriente sanguínea, una parte se almacena en los huesos y otra se expulsa por la orina. A partir de ciertas cantidades puede producir efectos adversos en el comportamiento, afectan la inteligencia de los niños y ser causa de anomalías en los fetos de madres gestantes. Los adultos son menos sensibles que los niños a los efectos del plomo, pero una acumulación excesiva en el organismo puede producir serios e irreversibles daños en su sistema nervioso.

Otras sustancias tóxicas presentes en el aire tales como el cadmio, amianto, el cloruro de vinilo, los compuestos orgánicos halogenados y el benceno, pueden provocar modificaciones genéticas y malformaciones en los fetos, siendo algunos de ellos cancerígenos.

### **Efectos Globales**

Cada vez está más admitida la necesidad de realizar estudios sobre los posibles efectos que a largo plazo puede producir la contaminación atmosférica sobre los distintos ecosistemas, sobre el clima y sobre la estratosfera. Tanto las modificaciones de las características de los suelos, debidas al lavado de los elementos del mismo por las lluvias ácidas, como los cambios producidos en las grandes masas de agua por el aumento de la concentración de metales tóxicos, pueden tener consecuencias ecológicas irreversibles.

El aumento de las concentraciones de dióxido de carbono y de otros contaminantes en la atmósfera puede dar lugar a una elevación general de la temperatura del globo, por «efecto invernadero», que modificaría el régimen de lluvias, lo que produciría alteraciones sobre las tierras cultivables y la extensión de los desiertos. Los hidrocarburos halogenados y los óxidos de nitrógeno emitidos por los aviones supersónicos pueden provocar una disminución de ozono en la estratosfera con el consiguiente aumento de la radiación ultravioleta que llegaría a la Tierra.

### **Efectos sobre los ecosistemas**

Los primeros efectos producidos por las precipitaciones ácidas se detectaron en cientos de lagos de Escandinavia, alrededor de los años 60. En la actualidad, más de 18,000 lagos están acidificados, en Suecia alrededor de 6,000 de ellos muestran graves daños sobre la biología acuática, y unos 2,000 de los situados en la zona meridional y central han perdido sus poblaciones piscícolas.

Se ha demostrado que todos los tipos de organismos integrantes de los ecosistemas de agua dulce son sensibles a la acidificación, produciéndose cambios en todos los niveles tróficos. La acidificación de los lagos y de las masas de agua se está extendiendo progresivamente cada vez a mayor número de países, afectando día a día a más extensas áreas.

El aumento de la acidez del agua de los lagos y ríos provoca un fuerte aumento del contenido de iones aluminio disueltos en el agua. El ión aluminio es muy tóxico para la mayor parte de los organismos y se cree que la causa última de la muerte de las poblaciones de peces en los lagos acidificados se debe al envenenamiento por aluminio. Otros metales tales como el cadmio, zinc y plomo tienen igualmente una mayor facilidad para disolverse, por lo que son más accesibles para los animales y plantas acuáticas.

Los suelos presentan, por lo general, una mayor resistencia a la acidificación que el agua. No obstante, el grado de sensibilidad puede variar muy ampliamente de unas zonas a otras dependiendo, principalmente, del espesor de la capa de humus, de la consistencia del sustrato, así del tipo de rocas y suelo. Uno de los efectos más importantes de la acidificación de los suelos es, probablemente, el incremento de la

movilidad con las consiguientes pérdidas por lixiviación de ciertos cationes metálicos de carácter básico tales como el calcio, magnesio, potasio y aluminio.

En Europa Central, las altas deposiciones de compuestos de azufre y nitrógeno han producido graves daños sobre amplias áreas de suelo y bosques. El daño a los bosques probablemente ha sido causado por la acción combinada de ácidos y metales en el suelo y por las altas concentraciones de SO<sub>2</sub> presentes en el aire de estas zonas. La combinación de un bajo pH en el agua del suelo unido a la presencia de metales, principalmente aluminio, produce daños en las raíces de los árboles. Este hecho produce una pérdida de vitalidad haciéndolos especialmente sensibles a las plagas.

### **Efectos sobre el clima**

Durante los últimos años se ha venido poniendo de manifiesto una preocupación creciente por los posibles efectos que sobre el clima pudiera causar el aumento progresivo de contaminantes en la atmósfera como consecuencia de las actividades humanas.

Observaciones realizadas en Suecia, Australia, Alaska y Hawai muestran que la concentración de CO<sub>2</sub>, que oscilaba entre 265 y 290 ppm antes de los años cincuenta, llegó a ser de 330 ppm en 1976, aumentando a un ritmo de alrededor de 1 ppm en el curso de los últimos años.

Se cree que el incremento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera es debido a las alteraciones que las actividades humanas producen en el ciclo biogeoquímico del carbono ya que, por una parte, en la combustión de combustible fósiles y en los incendios forestales se producen grandes cantidades de CO<sub>2</sub>, y por otra parte, estos mismos incendios y la tala progresiva de bosques, que produce una disminución de las masas forestales mundiales, la degradación del suelo y la creciente desertificación, producen una disminución de la tasa de la absorción total del CO<sub>2</sub> presente en la atmósfera por la vegetación.

El efecto total es que cuanto mayor sea la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, mayor es la cantidad de energía recibida por la Tierra desde el Sol que queda

atrapada en la atmósfera en forma de calor. Este fenómeno que se conoce con el nombre de «efecto invernadero» produciría un recalentamiento de la atmósfera.

Se estima que, de duplicarse la concentración actual de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, podría aumentar en dos o tres grados centígrados la temperatura de la misma. En las zonas lluviosas se incrementarán las precipitaciones y las zonas áridas serán aún más áridas, mientras que los hielos polares comenzarán a derretirse.

Los sulfatos y las partículas finas presentes en la atmósfera pueden tener igualmente efectos sobre el clima. Las partículas finas tienen una doble acción sobre la radiación solar: por una parte, difunden la luz incidente y, por otra, absorben una parte de esta radiación, lo que produce un calentamiento de las partículas y la emisión de radiación infrarroja. Los efectos atmosféricos que producen dependerán de la altitud a que las partículas se encuentren.

Las de baja altura disminuyen el flujo solar sobre el suelo, pero contribuyen a aumentar el efecto invernadero. A más alta temperatura, el efecto de barrera solar es preponderante, produciendo un enfriamiento de la baja atmósfera y un calentamiento en la estratosfera. Las partículas pueden causar también efectos sobre el clima de forma indirecta al actuar como núcleos de condensación del vapor de agua y jugar éste un importante papel en los cambios de calor atmosférico.

Otro tipo de contaminantes vertidos a la atmósfera que pueden afectar el clima son los clorofluorcarbonos, debido a su acción sobre la capa de ozono.

## **CONCLUSIONES**

- ❖ La contaminación ambiental es un grave problema para la humanidad, de ahí la importancia de su mitigación y prevención.
- ❖ La contaminación atmosférica es un caso particular de la contaminación ambiental y es uno de los problemas ambientales más graves en las ciudades del mundo.
- ❖ Los contaminantes atmosféricos se clasifican en naturales y antrópicos y en primarios y secundarios.

- ❖ Son variados los efectos negativos de la contaminación atmosférica sobre diferentes elementos, los materiales, la flora, la fauna, los ecosistemas, la salud humana, el clima, entre otros.

## **BIBLIOGRAFIA**

Ayres G. 2003. Medio Ambiente: Impacto y desarrollo. Editorial Científico –Técnico, La Habana, 2003.

Colectivo de autores del CITMA. 2001. Introducción al conocimiento del medio ambiente. Tabloide de Universidad para todos. Editorial Academia. La Habana. 2001.

Del Castillo Pomares, J. Lara Paz, L. García Suárez. 2004. La Gestión Ambiental en las fuentes contaminantes indirectas de la Bahía de la Habana. El Pelicano de la Bahía. Revista especializada del GTE Bahía. Año 1. No. 0 Marzo 2004.

García L. (2003): Contaminación Ambiental. Manual Maestría Gestión Ambiental. InSTEC (en fase de publicación).

NC 93-02-202: 1997. Sistema de normas para la protección del medio ambiente.

NC 39: 1999. Calidad del aire. Requisitos higiénicos – sanitarios.

Sanz, José. 1991. La contaminación ambiental. Madrid, Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Centro de publicidad. Madrid.

Zumdahl S. 1992. Chemical Principles. D.C Health and Company, Lexington, Massachussets. Toronto.