

## TEMA 4

# Impacto ambiental de la actividad tecnológica y la explotación de recursos.

## Técnicas de tratamiento y reciclaje de residuos.

|  |    |
|--|----|
| 1. – Introducción.....   | 2  |
| 2. – Consideraciones previas.....  | 2  |
| 3. – Impacto ambiental del abastecimiento energético y de la producción de energía eléctrica.4 |    |
| Repercusiones ambientales de la energía nuclear.....   | 5  |
| 4. – Contaminación atmosférica.....  | 5  |
| 4.1. – Sustancias que contaminan la atmósfera.....   | 6  |
| 4.2 – Procedencia de contaminación atmosférica.....  | 13 |
| 4.3. – Contaminación sonora.....   | 14 |
| 4.4. – Smog.....   | 15 |
| 4.5. – Lluvia acida.....   | 16 |
| 4.6. – Cambio climático y efecto invernadero.....  | 18 |
| 4.7. – Disminución del ozono estratosférico: El agujero de la capa de ozono.....               | 21 |
| 5. – Contaminación del agua.....   | 23 |
| 5.1. – Sustancias contaminantes del agua.....  | 23 |
| 5.2. – Origen de la contaminación de las aguas.....  | 24 |
| 5.3. – Contaminación de ríos y lagos.....  | 26 |
| 5.4. – Contaminación de mares y costas.....  | 27 |
| 6. – Impactos ambientales de la agricultura moderna.....                                       | 28 |
| 7. – Destrucción de la diversidad biológica.....   | 29 |
| 8. – Técnicas de tratamiento y reciclaje de residuos.....                                      | 30 |
| 8.1. – Residuos sólidos urbanos.....   | 31 |
| 8.2. – Residuos industriales.....  | 33 |
| 8.3. – Residuos agrarios y similares.....  | 35 |
| 8.4 – Residuos radiactivos.....  | 36 |

|  |    |
|--|----|
| 9. – Declaraciones internacionales y gestión medioambiental..... | 37 |
| 10. – Gestión medioambiental de los procesos productivos.....    | 39 |
| 11. – Desarrollo sostenible.....                                 | 42 |
| 12. – Conclusión.....  | 43 |

## **Bibliografía**

*Abad Pascual. J. M. et al.; Ciencia. Tecnología v Sociedad. Ed. McGraw-Hill. Madrid. 1997.*

*AAVV; Tecnología y sociedad, ICE Universidad Politécnica de Madrid. 1991.AAVV: Enciclopedia de Ciencia y Técnica. Ed. Salvat. Navarra.*

*Casani Fernández, J. et al.; Economía v Organización de empresas. Madrid. 1994.*

*González García. M. J. et al.; Ciencia, Tecnología y Sociedad. Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología. Ed. Tómos. Madrid. 1996.*

*Jorge A. Sábalo: L' emploi de la science pour fabriquer des technologies. Unesco, impact.Vol.XXV.nº. 1975*

*Lewis Mumford: The Myth of the Machine. Nueva York. 1996.*

*Martinez Olgado. C.: Los residuos léxicos y peligrosos. (Unidades temáticas ambientales de la Dirección General de Medio Ambiente). MOPU. Madrid. 1988.*

*Monografías de la Dirección General del Medio Ambiente: Desarrollo v Medio Ambiente, MOPU. Madrid. 1984.*

## **1. – Introducción**

Las actividades cotidianas del hombre han tenido una incidencia sobre el Medio Natural y éste, a su vez, ha venido respondiendo con su propia capacidad de autodepuración, manteniéndose hasta ahora muchas décadas un equilibrio ambiental que ha permitido que, durante miles de años, el ciclo ecológico no se viese alterado significativamente.

Si bien el medio natural ha sido siempre patrimonio común de la Humanidad, no fue hasta la década de los sesenta cuando la sociedad, especialmente la de los países industrializados, empezó a sentir la necesidad de proteger su medio ambiente. Esa preocupación culminó con la denominada Conferencia de Estocolmo, organizada por las Naciones Unidas en 1972. Desde entonces la preocupación por la protección en nuestro entorno ha sido creciente.

La problemática ambiental puede contemplarse desde dos perspectivas: EL MEDIO AMBIENTE NATURAL y EL MEDIO AMBIENTE SOCIAL. Mientras el primero afecta al ecosistema, el segundo engloba los problemas que se derivan de la pobreza y del nivel de calidad y bienestar alcanzado por una determinada sociedad.

## 2. – Consideraciones previas

Un **Ecosistema** es el conjunto de seres vivos cuyos procesos vitales se relacionan en un determinado medio físico (hábitat).

El concepto de ecosistema es especialmente interesante para comprender el funcionamiento de la naturaleza y multitud de cuestiones ambientales que se tratarán con detalle en próximos capítulos.

Hay que insistir en que la vida humana se desarrolla en estrecha relación con la naturaleza y que su funcionamiento nos afecta totalmente. Es un error considerar que nuestros avances tecnológicos: coches, grandes casas, industria, etc. nos permiten vivir al margen del resto de la biosfera y el estudio de los ecosistemas, de su estructura y de su funcionamiento, nos demuestra la profundidad de estas relaciones.

Los ecosistemas son sistemas complejos formados por una trama de elementos físicos (el biotopo) y biológicos (la biocenosis o comunidad de organismos).

Los organismos viven en poblaciones que se estructuran en comunidades. El concepto de ecosistema aún es más amplio que el de comunidad porque un ecosistema incluye, además de la comunidad, el ambiente no vivo, con todas las características de clima, temperatura, sustancias químicas presentes, condiciones geológicas, etc. El ecosistema estudia las relaciones que mantienen entre sí los seres vivos que componen la comunidad, pero también las relaciones con los factores no vivos (temperatura, sustancias químicas presentes, clima y características geológicas).

A su vez la **Ecología** es la parte de la biología dedicada al estudio de las relaciones del ser vivo con su hábitat.

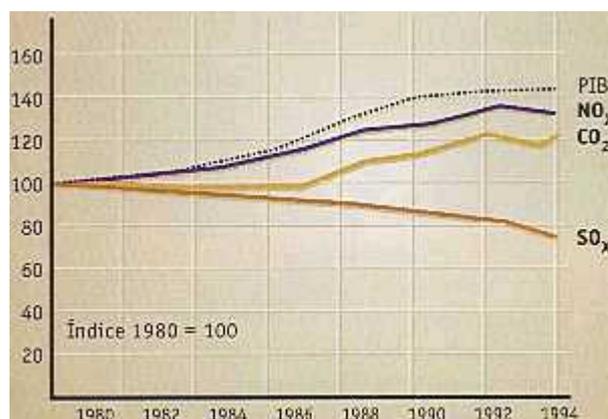
Los ecosistemas se estudian analizando las relaciones alimentarias, los ciclos de la materia y los flujos de energía.

Se considera que existe **contaminación** cuando se produce la acumulación de residuos, generalmente de origen artificial, que supera la capacidad del medio natural para eliminarlos.

Nuestra actividad, incluso la más normal y cotidiana, origina contaminación. Cuando usamos electricidad, medios de transporte, metales, plásticos o pinturas; cuando se consumen alimentos, medicinas o productos de limpieza; cuando se enciende la calefacción o se calienta la comida o el agua; etc. se producen, directa o indirectamente, sustancias contaminantes.

En un país industrializado la contaminación del aire procede, más o menos a partes iguales, de los sistemas de transporte, los grandes focos de emisiones industriales y los pequeños focos de emisiones de las ciudades o el campo; pero no debemos olvidar que siempre, al final, estas fuentes de contaminación dependen de la demanda de productos, energía y servicios que hacemos el conjunto de la sociedad.

Un tema complejo como es el ambiental no se puede abordar desde una sola ciencia. No es suficiente un estudio biológico del ecosistema ni, más en general, un estudio científico, entendiendo por ciencias sólo las positivas como la biología, geología, física y química. En cualquier problema ambiental intervienen tantos factores, que hay que acudir a las ciencias y las ingenierías, a la sociología, la ética, la religión y la política, a la geografía y la economía, al derecho, la medicina y la psicología para enfrentarse con él adecuadamente.



Comparación de la tendencia en las emisiones de varios contaminantes en España, en comparación con el producto interior bruto (PIB)

Llamamos **desarrollo sostenible** a aquel desarrollo tecnológico e industrial que se lleva a cabo considerando las consecuencias medioambientales y sociales, tratando de armonizar todos estos aspectos.

### **3. – Impacto ambiental del abastecimiento energético y de la producción de energía eléctrica.**

El estudio de las diferentes formas energéticas y su influencia sobre el medio ambiente se analiza con frecuencia desde una óptica parcial que contempla únicamente áreas aisladas del ciclo energético y no su totalidad; es decir, una determinada fuente energética no sólo puede afectar a su entorno en el momento en que está generando electricidad, sino que además habrá que contemplar todas las etapas del ciclo. Para obtener energía fue necesario extraer la materia prima, transformarla en combustible, transportarlo, utilizarlo en una central construida a este fin y más tarde, gestionar los residuos sólidos, líquidos o gaseosos que se han producido en dicha fuente energética.

#### **Problemas ambientales de la explotación y el uso de los combustibles fósiles**

Los combustibles causan contaminación tanto al usarlos como al producirlos y transportarlos. Uno de los problemas más estudiados en la actualidad es el que surge de la inmensa cantidad de CO<sub>2</sub> que estamos emitiendo a la atmósfera al quemar los combustibles fósiles. Como estudiaremos con detalle, este gas tiene un importante efecto invernadero y se podría estar provocando un calentamiento global de todo el planeta con cambios en el clima que podrían ser catastróficos.

Otro impacto negativo asociado a la quema de petróleo y gas natural es la lluvia ácida, en este caso no tanto por la producción de óxidos de azufre, como en el caso del carbón, sino sobre todo por la producción de óxidos de nitrógeno.

Los daños derivados de la producción y el transporte se producen sobre todo por los vertidos de petróleo, accidentales o no, y por el trabajo en las refinerías.

La minería del carbón y su combustión causan importantes problemas ambientales y tienen también consecuencias negativas para la salud humana.

Las explotaciones mineras a cielo abierto tienen un gran impacto visual y los líquidos que de ellas se desprenden suelen ser muy contaminantes. En la actualidad, en los países desarrollados, las compañías mineras están obligadas a dejar el paisaje restituido cuando han terminado su trabajo. Lo normal suele ser que conforme van dejando una zona vacía al extraer el mineral, la rellenen y reforesten para que no queden a la vista los grandes agujeros, las tierras removidas y las

acumulaciones de derrubios de ganga que, hasta ahora, eran la herencia típica de toda industria minera. También es muy importante controlar y depurar el agua de lixiviación, es decir el agua que, después de empapar o recorrer las acumulaciones de mineral y derrubios, sale de la zona de la mina y fluye hacia los ríos o los alrededores. Este agua va cargada de materiales muy tóxicos, como metales pesados y productos químicos usados en la minería, y es muy contaminante, por lo que debe ser controlada cuidadosamente.

En el proceso de uso del carbón también se producen importantes daños ambientales porque al quemarlo se libera grandes cantidades de gases responsables de efectos tan nocivos como la lluvia ácida, el efecto invernadero, la formación de smog, etc. El daño que la combustión del carbón causa es mucho mayor cuando se usa combustible de mala calidad, porque las impurezas que contiene se convierten en óxidos de azufre y en otros gases tóxicos.

### **Repercusiones ambientales de la energía nuclear**

Una de las ventajas que los defensores de la energía nuclear le encuentran es que es mucho menos contaminante que los combustibles fósiles. Comparativamente las centrales nucleares emiten muy pocos contaminantes a la atmósfera.

Los que se oponen a la energía nuclear argumentan que el hecho de que el carbón y, en menor medida el petróleo y el gas, sean sucios no es un dato a favor de las centrales nucleares. Que lo que hay que lograr es que se disminuyan las emisiones procedentes de las centrales que usan carbón y otros combustibles fósiles, lo que tecnológicamente es posible, aunque encarece la producción de electricidad.

En una central nuclear que funciona correctamente la liberación de radiactividad es mínima y perfectamente tolerable ya que entra en los márgenes de radiación natural que habitualmente hay en la biosfera.

El problema ha surgido cuando han ocurrido accidentes en algunas de las más de 400 centrales nucleares que hay en funcionamiento. Una planta nuclear típica no puede explotar como si fuera una bomba atómica, pero cuando por un accidente se producen grandes temperaturas en el reactor, el metal que envuelve al uranio se funde y se escapan radiaciones. También puede escapar, por accidente, el agua del circuito primario, que está contenida en el reactor y es radiactiva, a la atmósfera. La probabilidad de que ocurran estos accidentes es muy baja, pero cuando suceden sus consecuencias son muy graves, porque la radiactividad produce graves daños. Y, de hecho ha habido

accidentes graves. Dos han sido más recientes y conocidos. El de Three Mile Island, en Estados Unidos, y el de Chernobyl, en la antigua URSS.

#### **4. – Contaminación atmosférica.**

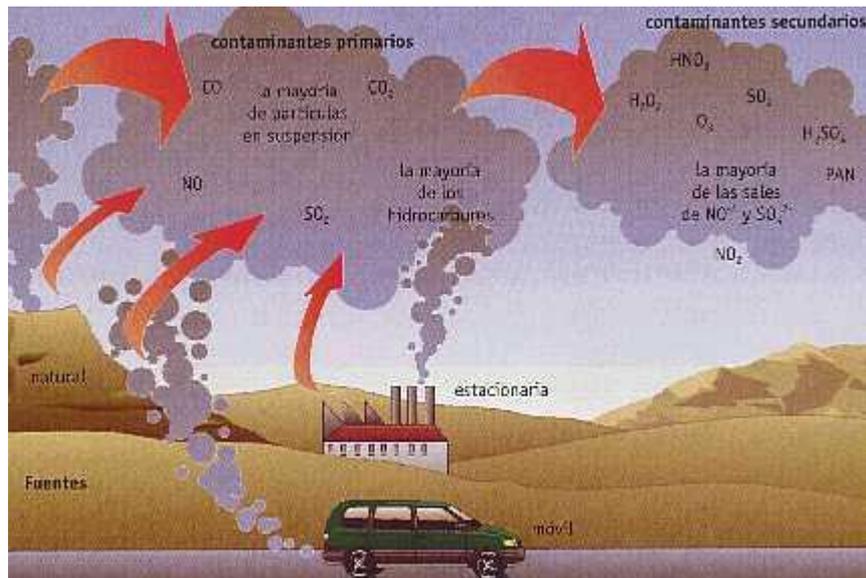
La atmósfera es esencial para la vida por lo que sus alteraciones tienen una gran repercusión en el hombre y otros seres vivos y, en general, en todo el planeta. Es un medio extraordinariamente complejo y la situación se hace todavía más complicada y difícil de estudiar cuando se le añaden emisiones de origen humano en gran cantidad, como está sucediendo en estas últimas décadas.

Una atmósfera contaminada puede dañar la salud de las personas y afectar a la vida de las plantas y los animales. Pero, además, los cambios que se producen en la composición química de la atmósfera pueden cambiar el clima, producir lluvia ácida o destruir el ozono, fenómenos todos ellos de una gran importancia global. Se entiende la urgencia de conocer bien estos procesos y de tomar las medidas necesarias para que no se produzcan situaciones graves para la vida de la humanidad y de toda la biosfera.

En un país industrializado la contaminación del aire procede, más o menos a partes iguales, de los sistemas de transporte, los grandes focos de emisiones industriales y los pequeños focos de emisiones de las ciudades o el campo; pero no debemos olvidar que siempre, al final, estas fuentes de contaminación dependen de la demanda de productos, energía y servicios que hacemos el conjunto de la sociedad.

Resulta muy útil diferenciar los contaminantes en dos grandes grupos con el criterio de si han sido emitidos desde fuentes conocidas o se han formado en la atmósfera. Así tenemos:

- Contaminantes primarios: Aquellos procedentes directamente de las fuentes de emisión
- Contaminantes secundarios: Aquellos originados en el aire por interacción entre dos o más contaminantes primarios, o por sus reacciones con los constituyentes normales de la atmósfera.



Contaminación primaria y secundaria.

#### 4.1. – Sustancias que contaminan la atmósfera

Los contaminantes atmosféricos son tan numerosos que resulta difícil agruparlos para su estudio. Siguiendo una agrupación bastante frecuente los incluiremos en los siguientes grupos:

1. Óxidos de carbono
2. Óxidos de azufre
3. Óxidos de nitrógeno
4. Compuestos orgánicos volátiles
5. Partículas y aerosoles
6. Oxidantes
7. Sustancias radiactivas
8. Calor
9. Ruido

Algunos de los principales contaminantes atmosféricos son sustancias que se encuentran de forma natural en la atmósfera. Los consideramos contaminantes cuando sus concentraciones son notablemente más elevadas que en la situación normal.

#### Óxidos de carbono

Incluyen el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el monóxido de carbono (CO). Los dos son contaminantes primarios.

### **Dióxido de carbono**

Características.- Es un gas sin color, olor ni sabor que se encuentra presente en la atmósfera de forma natural. No es tóxico. Desempeña un importante papel en el ciclo del carbono en la naturaleza y enormes cantidades, del orden de 1012 toneladas, pasan por el ciclo natural del carbono, en el proceso de fotosíntesis.

### **Acción contaminante.-**

Dada su presencia natural en la atmósfera y su falta de toxicidad, no deberíamos considerarlo una sustancia que contamina, pero se dan dos circunstancias que lo hacen un contaminante de gran importancia en la actualidad: Es un gas que produce un importante efecto de atrapamiento del calor, el llamado efecto invernadero; y su concentración está aumentando en los últimos decenios por la quema de los combustibles fósiles y de grandes extensiones de bosques.

Por estos motivos es uno de los gases que más influye en el importante problema ambiental del calentamiento global del planeta y el consiguiente cambio climático.

**Emisiones españolas.-** En España, aproximadamente un 35% del emitido procede de combustiones diversas (industriales, domésticas, comerciales, etc.), un 25% de las plantas eléctricas, y alrededor de otro 25% procede del transporte.

La emisión española de CO<sub>2</sub> está por debajo de la media europea y así se justifica la postura de la Unión Europea en la Conferencia de Tokio de diciembre de 1997 sobre reducción de emisiones de gases con efecto invernadero. Toda Europa en conjunto disminuirá las emisiones de CO<sub>2</sub> hasta el año 2010, pero a España se le permite aumentarlas en una proporción de un 15%, porque en la actualidad sus emisiones son más bajas que la media. El aumento español quedará compensado con mayores reducciones en otros países europeos.

### **Monóxido de carbono**

Es una gas sin color, olor ni sabor. Es un contaminante primario. Es tóxico porque envenena la sangre impidiendo el transporte de oxígeno. Se combina fuertemente con la hemoglobina de la sangre y reduce drásticamente la capacidad de la sangre de transportar oxígeno. Es responsable de la muerte

de muchas personas en minas de carbón, incendios y lugares cerrados (garajes, habitaciones con braseros, etc.)

Alrededor del 90% del que existe en la atmósfera se forma de manera natural, en la oxidación de metano (CH<sub>4</sub>) en reacciones fotoquímicas. Se va eliminando por su oxidación a CO<sub>2</sub>.

Procede, principalmente, de la combustión incompleta de la gasolina y el gasoil en los motores de los vehículos.

### **Óxidos de azufre**

Incluyen el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y el trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>).

#### **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. Casi la mitad vuelve a depositarse en la superficie húmedo o seco y el resto se convierte en iones sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). Por este motivo, como se ve con detalle en la sección correspondiente, es un importante factor en la lluvia ácida.

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. Otra fuente muy importante es la oxidación del H<sub>2</sub>S. Y, en la naturaleza, es emitido en la actividad volcánica. En algunas áreas industrializadas hasta el 90% del emitido a la atmósfera procede de las actividades humanas, aunque en los últimos años está disminuyendo su emisión en muchos lugares gracias a las medidas adoptadas.

En España sus emisiones se concentran en Galicia y Aragón, al estar situadas en estas Comunidades importantes instalaciones productoras de electricidad que usan combustibles de baja calidad. En los últimos años se están produciendo importantes disminuciones en la emisión de este contaminante (de 1980 a 1990 su producción ha disminuido en un 33%) como consecuencia de estar sustituyéndose los carbones españoles (de baja calidad) por combustibles de importación, más limpios. De todas formas las cantidades producidas siguen siendo bastante grandes y, de hecho, es el contaminante primario emitido en mayor cantidad después del CO.

### **Trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>)**

Contaminante secundario que se forma cuando el SO<sub>2</sub> reacciona con el oxígeno en la atmósfera. Posteriormente este gas reacciona con el agua formando ácido sulfúrico con lo que contribuye de forma muy importante a la lluvia ácida y produce daños importantes en la salud, la reproducción de peces y anfibios, la corrosión de metales y la destrucción de monumentos y construcciones de piedra, como veremos más adelante.

### **Otros**

Algunos otros gases como el sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) son contaminantes primarios, pero normalmente sus bajos niveles de emisión hacen que no alcancen concentraciones dañinas. Ver Tabla de datos de contaminantes primarios con azufre.

### **Óxidos de nitrógeno**

Incluyen el óxido nítrico (NO), el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

### **NO<sub>x</sub> (conjunto de NO y NO<sub>2</sub>)**

El óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) se suelen considerar en conjunto con la denominación de NO<sub>x</sub>. Son contaminantes primarios de mucha trascendencia en los problemas de contaminación.

El emitido en más cantidad es el NO, pero sufre una rápida oxidación a NO<sub>2</sub>, siendo este el que predomina en la atmósfera. NO<sub>x</sub> tiene una vida corta y se oxida rápidamente a NO<sub>3</sub>- en forma de aerosol o a HNO<sub>3</sub> (ácido nítrico). Tiene una gran trascendencia en la formación del smog fotoquímico, del nitrato de peroxiacetilo (PAN) e influye en las reacciones de formación y destrucción del ozono, tanto troposférico como estratosférico, así como en el fenómeno de la lluvia ácida. En concentraciones altas produce daños a la salud y a las plantas y corroe tejidos y materiales diversos.

Las actividades humanas que los producen son, principalmente, las combustiones realizadas a altas temperaturas. Más de la mitad de los gases de este grupo emitidos en España proceden del transporte.

### **Óxido nitroso(N<sub>2</sub>O)**

En la troposfera es inerte y su vida media es de unos 170 años. Va desapareciendo en la estratosfera en reacciones fotoquímicas que pueden tener influencia en la destrucción de la capa de ozono. También tiene efecto invernadero

Procede fundamentalmente de emisiones naturales (procesos microbiológicos en el suelo y en los océanos) y menos de actividades agrícolas y ganaderas (alrededor del 10% del total).

### **Compuestos orgánicos volátiles**

Este grupo incluye diferentes compuestos como el metano CH<sub>4</sub>, otros hidrocarburos, los clorofluorocarburos (CFC) y otros.

### **Metano (CH<sub>4</sub>)**

Es el más abundante y más importante de los hidrocarburos atmosféricos.

Es un contaminante primario que se forma de manera natural en diversas reacciones anaeróbicas del metabolismo. El ganado, las reacciones de putrefacción y la digestión de las termitas forma metano en grandes cantidades. También se desprende del gas natural, del que es un componente mayoritario y en algunas combustiones. Asimismo se forman grandes cantidades de metano en los procesos de origen humano hasta constituir, según algunos autores, cerca del 50% del emitido a la atmósfera.

Desaparece de la atmósfera a consecuencia, principalmente, de reaccionar con los radicales OH formando, entre otros compuestos, ozono. Su vida media en la troposfera es de entre 5 y 10 años.

Se considera que no produce daños en la salud ni en los seres vivos, pero influye de forma significativa en el efecto invernadero y también en las reacciones estratosféricas.

En España la gran mayoría del metano emitido a la atmósfera procede de cuatro fuentes, en proporciones muy similares: la agricultura y ganadería, el tratamiento de residuos, el tratamiento y distribución de combustibles fósiles y las emisiones naturales que tienen lugar, sobre todo, en las zonas húmedas.

### **Otros hidrocarburos**

En la atmósfera están presentes muchos otros hidrocarburos, principalmente procedentes de fenómenos naturales, pero también originados por actividades humanas, sobre todo las relacionadas

con la extracción, el refinado y el uso del petróleo y sus derivados. Sus efectos sobre la salud son variables. Algunos no parece que causen ningún daño, pero otros, en los lugares en los que están en concentraciones especialmente altas, afectan al sistema respiratorio y podrían causar cáncer. Intervienen de forma importante en las reacciones que originan el "smog" fotoquímico.

En España las emisiones de este tipo de compuestos proceden de procesos naturales que tienen lugar en los bosques (el 30%, aproximadamente), y del transporte por carretera (25%).

### **Clorofluorocarburos**

Son especialmente importantes por su papel en la destrucción del ozono en las capas altas de la atmósfera.

### **Partículas y aerosoles**

En la atmósfera permanecen suspendidas sustancias muy distintas como partículas de polvo, polen, hollín (carbón), metales (plomo, cadmio), asbesto, sales, pequeñas gotas de ácido sulfúrico, dioxinas, pesticidas, etc. Se suele usar la palabra aerosol para referirse a los materiales muy pequeños, sólidos o líquidos. Partículas se suele llamar a los sólidos que forman parte del aerosol, mientras que se suele llamar polvo a la materia sólida de tamaño un poco mayor (de 20 micras o más). El polvo suele ser un problema de interés local, mientras que los aerosoles pueden ser transportados muy largas distancias. Según su tamaño pueden permanecer suspendidas en la atmósfera desde uno o dos días, las de 10 micrómetros o más, hasta varios días o semanas, las más pequeñas. Algunas de estas partículas son especialmente tóxicas para los humanos y, en la práctica, los principales riesgos para la salud humana por la contaminación del aire provienen de este tipo de polución, especialmente abundante en las ciudades.

### **Aerosoles primarios**

Los aerosoles emitidos a la atmósfera directamente desde la superficie del planeta proceden principalmente, de los volcanes, la superficie oceánica, los incendios forestales, polvo del suelo, origen biológico (polen, hongos y bacterias) y actividades humanas.

### **Aerosoles secundarios**

Los aerosoles secundarios se forman en la atmósfera por diversas reacciones químicas que afectan a gases, otros aerosoles, humedad, etc. Suelen crecer rápidamente a partir de un núcleo inicial.

Entre los aerosoles secundarios más abundantes están los iones sulfato alrededor de la mitad de los cuales tienen su origen en emisiones producidas por la actividad humana. Otro componente importante de la fracción de aerosoles secundarios son los iones nitrato.

La mayor parte de los aerosoles emitidos por la actividad humana se forman en el hemisferio Norte y como no se expanden por toda la atmósfera tan rápido como los gases, sobre todo porque su tiempo de permanencia medio en la atmósfera no suele ser mayor de tres días, tienden a permanecer cerca de sus lugares de producción.

### **Impacto sobre el clima**

Los aerosoles pueden influir sobre el clima de una manera doble. Pueden producir calentamiento al absorber radiación o pueden provocar enfriamiento al reflejar parte de la radiación que incide en la atmósfera. Por este motivo, no está totalmente clara la influencia de los aerosoles en las distintas circunstancias atmosféricas. Probablemente contribuyen al calentamiento en las áreas urbanas y siempre contribuyen al enfriamiento cuando están en la alta atmósfera porque reflejan la radiación disminuyendo la que llega a la superficie.

### **Oxidantes**

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

El ozono, O<sub>3</sub>, es una molécula formada por átomos de oxígeno. Se diferencia del oxígeno molecular normal en que este último es O<sub>2</sub>.

El ozono es un gas de color azulado que tiene un fuerte olor muy característico que se suele notar después de las descargas eléctricas de las tormentas. De hecho, una de las maneras más eficaces de formar ozono a partir de oxígeno, es sometiendo a este último a potentes descargas eléctricas.

Es una sustancia que cumple dos papeles totalmente distintos según se encuentre en la estratosfera o en la troposfera.

#### **Ozono estratosférico**

El que está en la estratosfera (de 10 a 50 km.) es imprescindible para que la vida se mantenga en la superficie del planeta porque absorbe las letales radiaciones ultravioletas que nos llegan del sol. (Para su estudio más detallado, ver Disminución del ozono estratosférico)

### **Ozono troposférico**

El ozono que se encuentra en la troposfera, junto a la superficie de la Tierra, es un importante contaminante secundario. El que se encuentra en la zona más cercana a la superficie se forma por reacciones inducidas por la luz solar en las que participan, principalmente, los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos presentes en el aire. Es el componente más dañino del smog fotoquímico y causa daños importantes a la salud, cuando está en concentraciones altas, y frena el crecimiento de las plantas y los árboles.

En la parte alta de la troposfera suele entrar ozono procedente de la estratosfera, aunque su cantidad y su importancia son menores que el de la parte media y baja de la troposfera.

En España, como en otros países mediterráneos, durante el verano se dan condiciones meteorológicas favorables para la formación de ozono: altas temperaturas, cielos despejados, elevada insolación y vientos bajos, especialmente en la costa mediterránea y sur de la Península. En bastantes ocasiones a lo largo del año se suelen superar, en numerosas estaciones de control, los umbrales marcados por la Directiva de la Unión Europea de protección a la salud, de protección a la vegetación y los de información a la población; pero no suele haber episodios de superación del umbral de alerta, a diferencia de otras zonas de Europa o Estados Unidos en los que no son raros.

### **Substancias radiactivas**

Isótopos radiactivos como el radón 222, yodo 131, cesio 137 y cesio 134, estroncio 90, plutonio 239, etc. son emitidos a la atmósfera como gases o partículas en suspensión. Normalmente se encuentran en concentraciones bajas que no suponen peligro, salvo que en algunas zonas se concentren de forma especial.

El problema con estas sustancias está en los graves daños que pueden provocar. En concentraciones relativamente altas (siempre muy bajas en valor absoluto) pueden, provocar cáncer, afectar a la reproducción en las personas humanas y el resto de los seres vivos dañando a las futuras generaciones, etc.

Su presencia en la atmósfera puede ser debida a fenómenos naturales. Por ejemplo, algunas rocas, especialmente los granitos y otras rocas magmáticas, desprenden isótopos radiactivos. Por este motivo en algunas zonas hay una radiactividad natural mucho más alta que en otras. Así, por ejemplo, a

finales del siglo pasado se pusieron de moda algunas playas de Brasil en las que la radiactividad era más alta que lo normal, porque se pensaba que por ese motivo tenían propiedades curativas.

En la actualidad preocupa de forma especial la acumulación de radón que se produce en casas construidas sobre terrenos de alta emisión de radiactividad. Según algunos estudios hechos en Estados Unidos, hasta un 10% de las muertes por cáncer de pulmón que se producen en ese país se podrían deber a la acción carcinogénica del radón 222.

Algunas actividades humanas en las que se usan o producen isótopos radiactivos, como las armas nucleares, las centrales de energía nuclear, y algunas prácticas médicas, industriales o de investigación, también producen contaminación radiactiva. Bien conocida es la explosión ocurrida en la central de Chernobyl que produjo una nube radiactiva que se extendió a miles de kilómetros, contaminando países de todo el hemisferio Norte.

### **Calor**

El calor producido por la actividad humana en algunas aglomeraciones urbanas llega a ser un elemento de cierta importancia en la atmósfera de estos lugares. Por esto se considera una forma de contaminación aunque no en el mismo sentido, lógicamente, que el ozono o el monóxido de carbono o cualquier otro de los contaminantes estudiados.

Su influencia puede ser importante en la génesis de los contaminantes secundarios.

Las combustiones domésticas y las industriales, seguidas del transporte y las centrales de energía son las principales fuentes de calor, aunque su importancia relativa varía mucho de unos lugares a otros. La falta de vegetación en las ciudades y el exceso de superficies pavimentadas, entre otros factores, agravan el problema. En Manhattan, por ejemplo, se han medido flujos de calor artificial del orden de  $630 \text{ Wm}^{-2}$ .

### **Ruido**

Puede ser un factor a tener muy en cuenta en lugares concretos: junto a las autopistas, aeropuertos, ferrocarriles, industrias ruidosas; o en fenómenos urbanos: locales o actividades musicales, cortadoras, sirenas, etc.

Cuando una persona está sometida a un nivel alto de ruido durante un tiempo prolongado, sus oídos se dañan. Según algunos estudios, alrededor de un tercio de las disminuciones de la capacidad auditiva en los países desarrollados son debidas al exceso de ruido.

Para disminuir el ruido se usan diferentes medidas. En algunos trabajos se deben usar auriculares de protección especiales. En otros casos aíslan los motores y otras estructuras ruidosas de máquinas, electrodomésticos, vehículos, etc. para que no metan tanto ruido. En autopistas, fábricas, etc., se usan barreras que absorban el ruido.

### **Contaminación electromagnética**

Un tipo de contaminación física sobre el que cada vez se está hablando más es el electromagnético. Dispositivos eléctricos tan habituales como las líneas de alta tensión y algunos electrodomésticos originan campos electromagnéticos.

Experimentalmente se ha comprobado que el electromagnetismo altera el metabolismo celular, por lo que se supone que también podría dañar la salud humana (mayores riesgos de leucemia o cáncer cerebral, etc.), aunque esto no está comprobado. De todas formas las evidencias son lo suficientemente fuertes como para que sea un tema que se sigue investigando para conocer mejor el riesgo real que supone.

## **4.2 – Procedencia de contaminación atmosférica**

En los países desarrollados las dos fuentes principales de contaminación son los vehículos con motor y la industria.

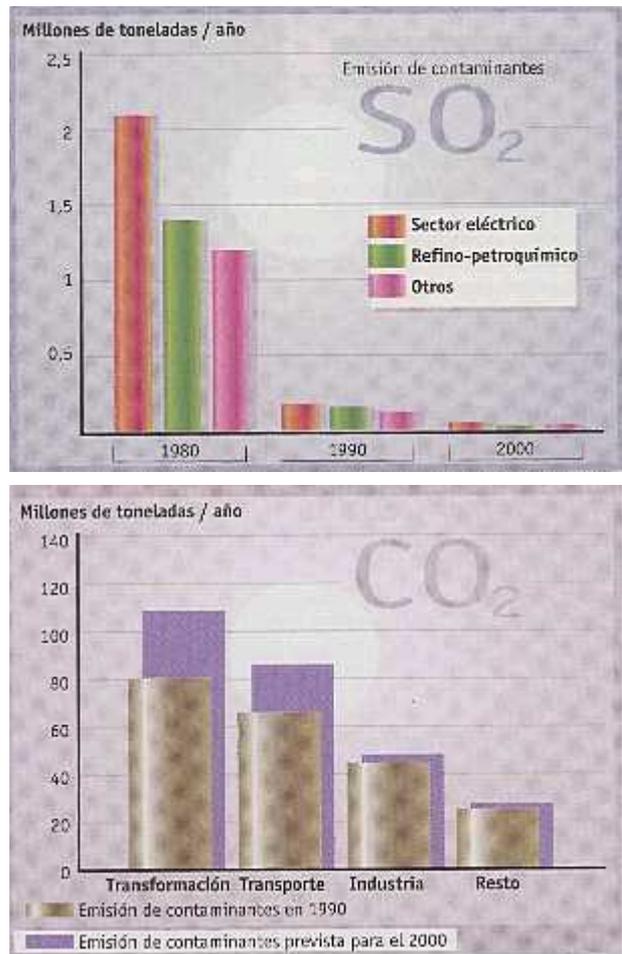
### **Vehículos**

Los automóviles y los camiones liberan grandes cantidades de óxidos de nitrógeno, óxidos de carbono, hidrocarburos y partículas al quemar la gasolina y el gasóleo.

### **Centrales térmicas e industria**

Las centrales térmicas y otras industrias emiten la mayoría de las partículas y de los óxidos de azufre, además de cantidades importantes de los otros contaminantes. Los tres tipos de industria más contaminante, hablando en general, son la química, la metalurgia y siderurgia y la papelera. En definitiva la combustión de combustibles fósiles, petróleo y carbón, es responsable de la mayoría de las emisiones y la industria química es la principal emisora de productos especiales, algunos muy dañinos

para la salud. Otra fuente importante de contaminación atmosférica suele ser la destrucción de los residuos por combustión.



### Contaminación interior

Desde el punto de vista de la salud humana un tipo de contaminación a la que cada vez se le está dando más importancia es a la del interior de los edificios: viviendas, industrias, oficinas, etc. Los contaminantes más frecuentes en este ambiente son el radón (gas radiactivo de origen natural), el humo de los cigarrillos, el monóxido de carbono, formaldehído, asbestos, etc.

### 4.3. – Contaminación sonora

Los sonidos muy fuertes provocan molestias que van desde el sentimiento de desagrado y la incomodidad hasta daños irreversibles en el sistema auditivo. La presión acústica se mide en decibelios (dB) y los especialmente molestos son los que corresponden a los tonos altos (dB-A). La presión del sonido se vuelve dañina a unos 75 dB-A y dolorosa alrededor de los 120 dB-A. Puede causar la muerte

cuando llega a 180 dB-A. El límite de tolerancia recomendado por la Organización Mundial de la Salud es de 65 dB-A.

El oído necesita algo más de 16 horas de reposo para compensar 2 horas de exposición a 100 dB (discoteca ruidosa). Los sonidos de más de 120 dB (banda ruidosa de rock o volumen alto en los auriculares) pueden dañar a las células sensibles al sonido del oído interno provocando pérdidas de audición.

España es el país más ruidoso de Europa y los datos obtenidos de 23 ciudades españolas en las que se ha realizado el mapa de ruidos, señalan que el nivel de ruido equivalente, durante el día, está en valores que varían de los 62 a los 73 dB.

La contaminación sonora se puede reducir, obviamente, produciendo menos ruido. Esto se puede conseguir disminuyendo el uso de sirenas en las calles, controlando el ruido de motocicletas, coches, maquinaria, etc. En muchos casos, aunque tenemos la tecnología para reducir las emisiones de ruido, no se usan totalmente porque los usuarios piensan que una máquina o vehículo que produce más ruido es más poderosa y las casas comerciales prefieren mantener el ruido, para vender más.

La instalación de pantallas o sistemas de protección entre el foco de ruido y los oyentes son otra forma de paliar este tipo de contaminación. Así, por ejemplo, cada vez es más frecuente la instalación de pantallas a los lados de las autopistas o carreteras, o el recubrimiento con materiales aislantes en las máquinas o lugares ruidosos.

#### **4.4. – Smog**

La palabra inglesa smog (de smoke: humo y fog: niebla) se usa para designar la contaminación atmosférica que se produce en algunas ciudades como resultado de la combinación de unas determinadas circunstancias climatológicas y unos concretos contaminantes. A veces, no muy frecuentemente, se traduce por neblumo (niebla y humo). Hay dos tipos muy diferentes de smog:

##### **Smog Industrial**

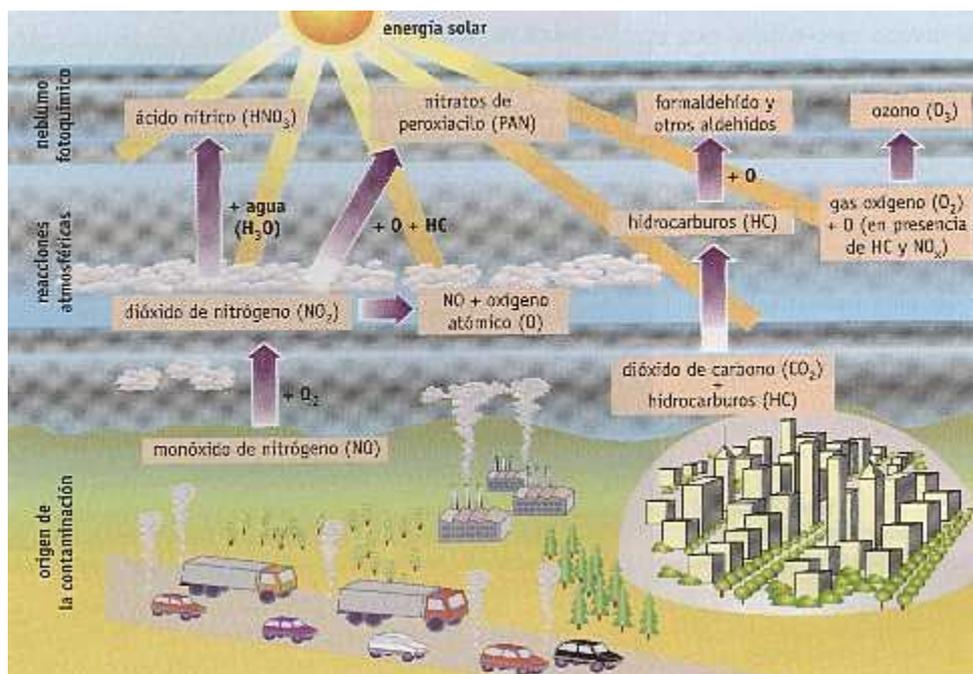
El llamado smog industrial o gris fue muy típico en algunas ciudades grandes, como Londres o Chicago, con mucha industria, en las que, hasta hace unos años, se quemaban grandes cantidades de carbón y petróleo pesado con mucho azufre, en instalaciones industriales y de calefacción. En estas ciudades se formaba una mezcla de dióxido de azufre, gotitas de ácido sulfúrico formada a partir del anterior y una gran variedad de partículas sólidas en suspensión, que originaba una espesa niebla

cargada de contaminantes, con efectos muy nocivos para la salud de las personas y para la conservación de edificios y materiales.

En la actualidad en los países desarrollados los combustibles que originan este tipo de contaminación se queman en instalaciones con sistemas de depuración o dispersión mejores y raramente se encuentra este tipo de polución, pero en países en vías de industrialización como China o algunos países de Europa del Este, todavía es un grave problema en algunas ciudades.

En muchas ciudades el principal problema de contaminación es el llamado smog fotoquímico. Con este nombre nos referimos a una mezcla de contaminantes de origen primario ( $\text{NO}_x$  e hidrocarburos volátiles) con otros secundarios (ozono, peroxiacilo, radicales hidroxilo, etc.) que se forman por reacciones producidas por la luz solar al incidir sobre los primeros.

Esta mezcla oscurece la atmósfera dejando un aire teñido de color marrón rojizo cargado de componentes dañinos para los seres vivos y los materiales. Aunque prácticamente en todas las ciudades del mundo hay problemas con este tipo de contaminación, es especialmente importante en las que están en lugares con clima seco, cálido y soleado, y tienen muchos vehículos. El verano es la peor estación para este tipo de polución y, además, algunos fenómenos climatológicos, como las inversiones térmicas, pueden agravar este problema en determinadas épocas ya que dificultan la renovación del aire y la eliminación de los contaminantes.



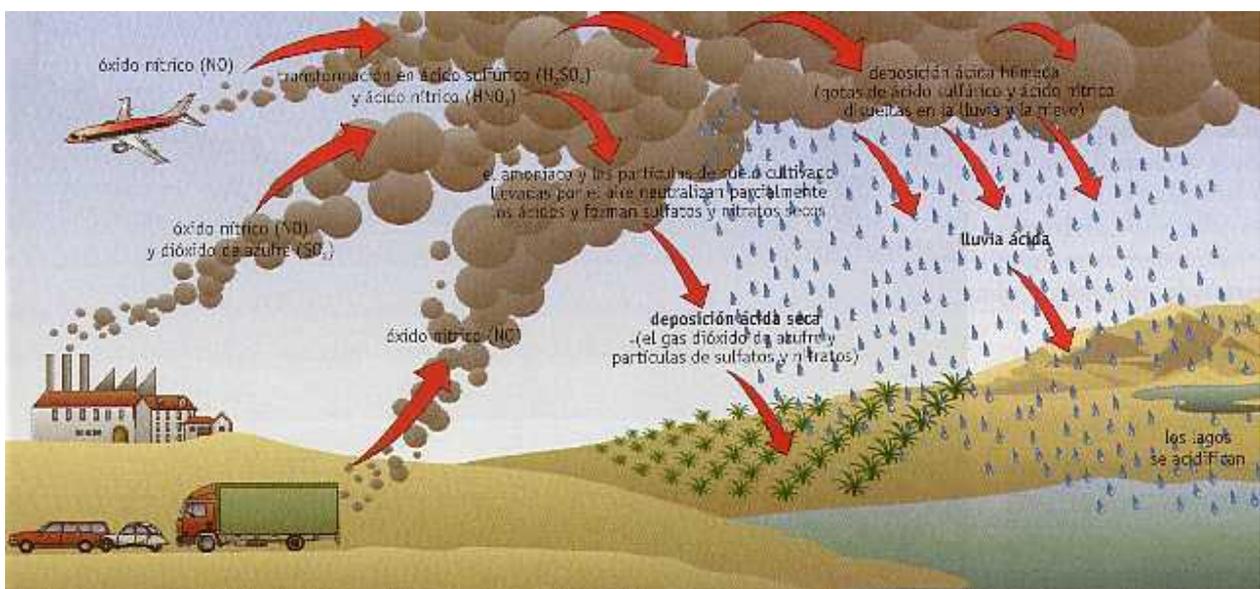
En la situación habitual de la atmósfera la temperatura desciende con la altitud lo que favorece que suba el aire más caliente (menos denso) y arrastre a los contaminantes hacia arriba.

En una situación de inversión térmica una capa de aire más cálido se sitúa sobre el aire superficial más frío e impide la ascensión de este último (más denso), por lo que la contaminación queda encerrada y va aumentando.

Las reacciones fotoquímicas que originan este fenómeno suceden cuando la mezcla de óxidos de nitrógeno e hidrocarburos volátiles emitida por los automóviles y el oxígeno atmosférico reaccionan, inducidos por la luz solar, en un complejo sistema de reacciones que acaba formando ozono. El ozono es una molécula muy reactiva que sigue reaccionando con otros contaminantes presentes en el aire y acaba formando un conjunto de varias decenas de sustancias distintas como nitratos de peroxiacilo (PAN), peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), radicales hidroxilo (OH), formaldehído, etc. Estas sustancias, en conjunto, pueden producir importantes daños en las plantas, irritación ocular, problemas respiratorios, etc.

#### 4.5. – Lluvia acida

Algunas de las moléculas que contaminan la atmósfera son ácidos o se convierten en **ácidos** con el agua de lluvia. El resultado es que en muchas zonas con grandes industrias se ha comprobado que la lluvia es más ácida que lo normal y que también se depositan **partículas secas ácidas** sobre la superficie, las plantas y los edificios. Esta **lluvia ácida** ya no es el don beneficioso que revitalizaría tierras, ríos y lagos; sino que, al contrario, trae la enfermedad y la decadencia para los seres vivos y los ecosistemas.



### **Causas de la deposición ácida**

Algunas industrias o centrales térmicas que usan combustibles de baja calidad, liberan al aire atmosférico importantes cantidades de **óxidos de azufre y nitrógeno**. Estos contaminantes pueden ser trasladados a distancias de hasta cientos de kilómetros por las corrientes atmosféricas, sobre todo cuando son emitidos a la atmósfera desde chimeneas muy altas que disminuyen la contaminación en las cercanías pero la trasladan a otros lugares.

En la atmósfera los óxidos de nitrógeno y azufre son convertidos en **ácido nítrico y sulfúrico** que vuelven a la tierra con las precipitaciones de lluvia o nieve (**lluvia ácida**). Otras veces, aunque no llueva, van cayendo partículas sólidas con moléculas de ácido adheridas (**deposición seca**).

La lluvia normal es ligeramente ácida, por llevar ácido carbónico que se forma cuando el dióxido de carbono del aire se disuelve en el agua que cae. Su pH suele estar entre 5 y 6. Pero en las zonas con la atmósfera contaminada por estas sustancias acidificantes, la lluvia tiene valores de pH de hasta 4 o 3 y, en algunas zonas en que la niebla es ácida, el pH puede llegar a ser de 2,3, es decir similar al del zumo de limón o al del vinagre.

### **Daños provocados por la deposición ácida**

Es interesante distinguir entre:

**a) Ecosistemas acuáticos.**- En ellos está muy demostrada la **influencia negativa** de la acidificación. Fue precisamente observando la situación de cientos de lagos y ríos de Suecia y Noruega, entre los años 1960 y 1970, en los que se vio que el número de peces y anfibios iba disminuyendo de forma acelerada y alarmante, cuando se dio importancia a esta forma de contaminación.

La reproducción de los animales acuáticos es alterada, hasta el punto de que muchas especies de peces y anfibios no pueden subsistir en aguas con pH inferiores a 5,5,. Especialmente grave es el efecto de la lluvia ácida en lagos situados en terrenos de roca no caliza, porque cuando el terreno es calcáreo, los iones alcalinos son abundantes en el suelo y **neutralizan**, en gran medida, la acidificación; pero si las rocas son granitos, o rocas ácidas pobres en **cationes**, los lagos y ríos se ven mucho más afectados por una deposición ácida que no puede ser neutralizada por la composición del suelo.

**b) Ecosistemas terrestres.**- La influencia sobre las plantas y otros organismos terrestres no está tan clara, pero se sospecha que puede ser un factor muy importante de la llamada "**muerte de los bosques**" que afecta a grandes extensiones de superficies forestales en todo el mundo. También parece muy probable que afecte al ecosistema terrestre a través de los cambios que produce en los suelos, pero se necesita seguir estudiando estos temas para conocer mejor cuales pueden ser los efectos reales.

c) **Edificios y construcciones.**- La **corrosión** de metales y construcciones es otro importante efecto dañino producido por la lluvia ácida. Muchos edificios y obras de arte situadas a la intemperie se están deteriorando decenas de veces más aprisa que lo que lo hacían antes de la industrialización y esto sucede por la contaminación atmosférica, especialmente por la deposición ácida.

#### **4.6. – Cambio climático y efecto invernadero**

¿Está calentándose la Tierra? ¿Este calentamiento está producido por la contaminación?

¿El cambio en el clima traerá violentos fenómenos meteorológicos, tormentas, lluvias torrenciales, deshielo de los glaciares, subida del nivel del mar, desertización de grandes extensiones, etc.?. Todas estas cuestiones son motivo de noticias y polémicas apasionantes. Es lógico que así sea porque estamos hablando de un problema con graves repercusiones para la vida de millones de personas.

A lo largo de los 4.600 millones de años de historia de la Tierra las fluctuaciones climáticas han sido muy grandes. En algunas épocas el clima ha sido cálido y en otras frío y, a veces, se ha pasado bruscamente de unas situaciones a otras. Así, por ejemplo:

En los relativamente recientes últimos 1,8 millones de años, ha habido varias extensas glaciaciones alternándose con épocas de clima más benigno, similar al actual. A estas épocas se les llama interglaciaciones. La diferencia de temperaturas medias de la Tierra entre una época glacial y otra como la actual es de sólo unos 5 °C o 6°C . Diferencias tan pequeñas en la temperatura media del planeta son suficientes para pasar de un clima con grandes casquetes glaciares extendidos por toda la Tierra a otra como la actual. Así se entiende que modificaciones relativamente pequeñas en la atmósfera, que cambiaran la temperatura media unos 2°C o 3°C podrían originar transformaciones importantes y rápidas en el clima y afectar de forma muy importante a la Tierra y a nuestro sistema de vida.

#### **Efecto invernadero**

Dentro de un invernadero la temperatura es más alta que en el exterior porque entra más energía de la que sale, por la misma estructura del habitáculo, sin necesidad de que empleemos calefacción para calentarlo.

En el conjunto de la Tierra se produce un efecto natural similar de retención del calor gracias a algunos gases atmosféricos. La temperatura media en la Tierra es de unos 15°C y si la atmósfera no existiera

sería de unos  $-18^{\circ}\text{C}$ . Se le llama efecto invernadero por similitud, porque en realidad la acción física por la que se produce es totalmente distinta a la que sucede en el invernadero de plantas.

El efecto invernadero hace que la temperatura media de la superficie de la Tierra sea  $33^{\circ}\text{C}$  mayor que la que tendría si no existieran gases con efecto invernadero en la atmósfera.

### ¿Por qué se produce el efecto invernadero?

El efecto invernadero se origina porque la energía que llega del sol, al proceder de un cuerpo de muy elevada temperatura, está formada por ondas de frecuencias altas que traspasan la atmósfera con gran facilidad. La energía remitida hacia el exterior, desde la Tierra, al proceder de un cuerpo mucho más frío, está en forma de ondas de frecuencias mas bajas, y es absorbida por los gases con efecto invernadero. Esta retención de la energía hace que la temperatura sea más alta, aunque hay que entender bien que, al final, en condiciones normales, es igual la cantidad de energía que llega a la Tierra que la que esta emite. Si no fuera así, la temperatura de nuestro planeta habría ido aumentando continuamente, cosa que, por fortuna, no ha sucedido.

Podríamos decir, de una forma muy simplificada, que el efecto invernadero lo que hace es provocar que le energía que llega a la Tierra sea "devuelta" más lentamente, por lo que es "mantenida" más tiempo junto a la superficie y así se mantiene la elevación de temperatura.

|                      | <b>Acción relativa</b> | <b>Contribución real</b> |
|----------------------|------------------------|--------------------------|
| $\text{CO}_2$        | 1 (referencia)         | 76%                      |
| CFCs                 | 15 000                 | 5%                       |
| $\text{CH}_4$        | 25                     | 13%                      |
| $\text{N}_2\text{O}$ | 230                    | 6%                       |

Como se indica en la columna de acción relativa, un gramo de CFC produce un efecto invernadero 15 000 veces mayor que un gramo de  $\text{CO}_2$  , pero como la cantidad de  $\text{CO}_2$  es mucho mayor que la del resto de los gases, la contribución real al efecto invernadero es la que señala la columna de la derecha

Otros gases como el oxígeno y el nitrógeno, aunque se encuentran en proporciones mucho mayores, no son capaces de generar efecto invernadero.

En el último siglo la concentración de anhídrido carbónico y otros gases invernadero en la atmósfera ha ido creciendo constantemente debido a la actividad humana:

A comienzos de siglo por la quema de grandes masas de vegetación para ampliar las tierras de cultivo. En los últimos decenios, por el uso masivo de combustibles fósiles como el petróleo, carbón y gas natural, para obtener energía y por los procesos industriales.

La concentración media de dióxido de carbono se ha incrementado desde unas 275 ppm antes de la revolución industrial, a 315 ppm cuando se empezaron a usar las primeras estaciones de medida exactas en 1958, hasta 361 ppm en 1996.

Los niveles de metano se han doblado en los últimos 100 años. En 1800 la concentración era de aproximadamente 0.8 ppmv y en 1992 era de 17. ppmv

La cantidad de óxido de dinitrógeno se incrementa en un 0.25% anual. En la época preindustrial sus niveles serían de alrededor de 0.275 ppmv y alcanzaron los 0.310 ppmv en 1992.

### **Cambio climático**

Por lógica muchos científicos piensan que a mayor concentración de gases con efecto invernadero se producirá mayor aumento en la temperatura en la Tierra. A partir de 1979 los científicos comenzaron a afirmar que un aumento al doble en la concentración del CO<sub>2</sub> en la atmósfera supondría un calentamiento medio de la superficie de la Tierra de entre 1,5 y 4,5 °C.

Estudios más recientes sugieren que el calentamiento se produciría mas rápidamente sobre tierra firme que sobre los mares. Asimismo el calentamiento se produciría con retraso respecto al incremento en la concentración de los gases con efecto invernadero. Al principio los océanos más fríos tenderán a absorber una gran parte del calor adicional retrasando el calentamiento de la atmósfera. Sólo cuando los océanos lleguen a un nivel de equilibrio con los más altos niveles de CO<sub>2</sub> se producirá el calentamiento final.

Como consecuencia del retraso provocado por los océanos, los científicos no esperan que la Tierra se caliente todos los 1.5 - 4.5 °C hasta hace poco previstos, incluso aunque el nivel de CO<sub>2</sub> suba a más del doble y se añadan otros gases con efecto invernadero. En la actualidad el IPCC predice un calentamiento de 1.0 - 3.5 °C para el año 2100.

La temperatura media de la Tierra ha crecido unos 0.6°C en los últimos 130 años

Los estudios más recientes indican que en los últimos años se está produciendo, de hecho, un aumento de la temperatura media de la Tierra de algunas décimas de grado. Dada la enorme complejidad de los factores que afectan al clima es muy difícil saber si este ascenso de temperatura entra dentro de la variabilidad natural (debida a factores naturales) o si es debida al aumento del efecto invernadero provocado por la actividad humana.

### **Consecuencias del cambio climático**

No es posible predecir con gran seguridad lo que pasaría en los distintos lugares, pero es previsible que los desiertos se hagan más cálidos pero no más húmedos, lo que tendría graves consecuencias en el Oriente Medio y en Africa donde el agua es escasa. Entre un tercio y la mitad de todos los glaciares del mundo y gran parte de los casquetes polares se fundirían, poniendo en peligro las ciudades y campos situados en los valles que se encuentran por debajo del glaciar. Grandes superficies costeras podrían desaparecer inundadas por las aguas que ascenderían de 0,5 a 2 m., según diferentes estimaciones. Unos 118 millones de personas podrían ver inundados los lugares en los que viven por la subida de las aguas.

Tierras agrícolas se convertirían en desiertos y, en general, se producirían grandes cambios en los ecosistemas terrestres. Estos cambios supondrían una gigantesca convulsión en nuestra sociedad, que en un tiempo relativamente breve tendría que hacer frente a muchas obras de contención del mar, emigraciones de millones de personas, cambios en los cultivos, etc.

### **4.7. – Disminución del ozono estratosférico: El agujero de la capa de ozono**

El ozono presente en la atmósfera tiene muy importantes repercusiones para la vida, a pesar de que se encuentra en cantidades muy bajas.

En las zonas próximas a la superficie (troposfera) lo conveniente es que no haya ozono. Cuando lo hay, como sucede en algunas lugares, es un contaminante que forma parte del peligroso "smog" fotoquímico.

El ozono de la estratosfera juega un importante papel para la vida en el planeta al impedir que las radiaciones ultravioletas lleguen a la superficie. Uno de los principales problemas ambientales

detectados en los últimos años ha sido la destrucción de este ozono estratosférico por átomos de Cloro libres liberados por los CFCs emitidos a la atmósfera por la actividad humana.

El ozono que se encuentra en la estratosfera, entre los 10 y 45 kilómetros, cumple la importante función de absorber las radiaciones ultravioletas procedentes del sol que pueden ser muy dañinas para los seres vivos. En los últimos decenios este ozono está siendo destruido al reaccionar con átomos de cloro que cada vez son más abundantes en la estratosfera como consecuencia de algunas actividades humanas.

### **Clorofluorocarburos (CFC)**

El cloro que liberan destruye el ozono. El incremento de átomos de cloro en esta zona de la atmósfera está originado, principalmente, por unos compuestos químicos denominados CFC (clorofluorocarburos). Son productos muy poco reactivos, lo que hizo que fueran la solución óptima para la fabricación de frigoríficos, goma espuma, extintores, aerosoles, y como fumigantes en la agricultura (bromuro de metilo), etc.

Sus cualidades son tan óptimas para estos usos que en las últimas décadas los hemos fabricado y usado en cantidades crecientes que, poco a poco, han ido acumulándose en la atmósfera. Pero su principal ventaja -la estabilidad- ha sido también el origen de sus dañinos efectos. Ascenden, sin ser destruidos, hasta la estratosfera y una vez allí, las radiaciones ultravioletas rompen las moléculas de CFC liberando los átomos de cloro responsables de la destrucción del ozono. El cloro atómico actúa como catalizador, por lo que un solo átomo puede atacar cientos de miles de moléculas de ozono.

Aunque la disminución de la concentración de ozono está demostrada en toda la atmósfera, es especialmente acusada en la Antártida. Sobre este continente se produce todos los años, en los meses de septiembre a noviembre, coincidiendo con la primavera antártica, el llamado vórtice circumpolar, que aísla el aire frío situado sobre la Antártida del más cálido del resto del mundo. Debido al frío se forman cristales de hielo, con cloro y otras moléculas adheridas, que tienen gran capacidad de destruir ozono. Así se forma lo que se suele denominar el "agujero" de ozono. Cuando el vórtice circumpolar se debilita, el aire con muy poco ozono de la Antártida se mezcla con el aire de las zonas vecinas. Esto provoca una importante disminución en la concentración de ozono en toda la zona de alrededor, y parte de América del Sur, Nueva Zelanda y Australia quedan bajo una atmósfera más pobre en ozono que lo normal.

Las radiaciones solares que pasan a través de estos "agujeros" contienen una proporción de rayos ultravioleta considerablemente mayor que las radiaciones normales. Estas radiaciones podrían llegar a producir un incremento en cánceres de piel y otras enfermedades, aunque no está demostrado que esto se haya producido o se esté produciendo. Sí que hay estudios que indican que el fitoplancton de los mares que rodean a la Antártida está sufriendo algunas modificaciones que se pueden atribuir, con bastante probabilidad, a este aumento de radiación ultravioleta.

Cuando la evidencia científica del daño causado por los CFCs se fue haciendo unánime, la industria aceptó la necesidad de desarrollar nuevos productos para sustituirlos y los gobiernos llegaron a acuerdos internacionales (Montreal, 1987; Londres, 1990 y Copenhague 1992) para limitar la fabricación de esos productos dañinos para el ozono.

En la actualidad se puede considerar que el problema está en vías de solución. Si las previsiones hechas en los últimos años se cumplen, la concentración de cloro en la estratosfera alcanzará su máximo a finales de este siglo y a partir de entonces empezará a disminuir hasta volver a su nivel natural a finales del próximo siglo. De todas formas, dada la gravedad del problema, la evolución de estos gases es seguida con atención para comprobar que todo va sucediendo conforme se prevé, o tomar nuevas medida en caso de que no sea así.

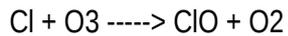
Las Ozone-Depleting Substance(s) (ODS) o Substancias que disminuyen el ozono incluyen los CFCs, HCFCs, halones, bromuro de metilo, tetracloruro de carbono y metilcloroformo.

En general son substancias muy estables en la troposfera y que sólo se degradan en la estratosfera al ser sometidas a intensas radiaciones ultravioletas. Cuando se rompen sus moléculas se liberan átomos de cloro y bromo que son los que destruyen ozono estratosférico

### **Mecanismo de destrucción del ozono**

Las substancias como los CFCs, y las otras que se citan, que disminuyen la capa de ozono no destruyen el ozono ellas directamente. Primero sufren fotólisis, formando cloruro de hidrógeno (HCl) o nitrato de cloro (ClONO<sub>2</sub>), moléculas que tampoco reaccionan con el ozono directamente, pero que se descomponen lentamente dando, entre otras cosas, una pequeña cantidad de átomos de cloro (Cl) y de moléculas de monóxido de cloro (ClO) que son las que catalizan la destrucción del ozono.

Las reacciones envueltas en los procesos de destrucción son más de 100, pero se pueden simplificar en las siguientes:



El átomo de cloro actúa como catalizador, es decir, no es consumido en la reacción, por lo que destruye miles de moléculas de ozono antes de desaparecer. El átomo de bromo es aún más destructivo que el de cloro (unas 10 o 100 veces más). Por otro lado, junto a esto, las concentraciones de cloro son muy bajas en la estratosfera y las de bromo todavía menores.

## 5. – Contaminación del agua

Los ríos, lagos y mares recogen, desde tiempos inmemoriales, las basuras producidas por la actividad humana.

El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de regeneración del agua, y su aparente abundancia, hace que sea el vertedero habitual en el que arrojamamos los residuos producidos por nuestras actividades. Pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, etc., se encuentran, en cantidades mayores o menores, al analizar las aguas de los más remotos lugares del mundo. Muchas aguas están contaminadas hasta el punto de hacerlas peligrosas para la salud humana, y dañinas para la vida.

La degradación de las aguas viene de antiguo y en algunos lugares, como la desembocadura del Nilo, hay niveles altos de contaminación desde hace siglos; pero ha sido en este siglo cuando se ha extendido este problema a ríos y mares de todo el mundo.

Primero fueron los ríos, las zonas portuarias de las grandes ciudades y las zonas industriales las que se convirtieron en sucias cloacas, cargadas de productos químicos, espumas y toda clase de contaminantes. Con la industrialización y el desarrollo económico este problema se ha ido trasladando a los países en vías de desarrollo, a la vez que en los países desarrollados se producían importantes mejoras.

### **5.1. – Substancias contaminantes del agua**

Hay un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar de muy diferentes maneras. Una posibilidad bastante usada es agruparlos en los siguientes ocho grupos:

1. Microorganismos patógenos. Son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños.

Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. Por esto, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua. La OMS (Organización Mundial de la Salud) recomienda que en el agua para beber haya 0 colonias de coliformes por 100 ml de agua.

2. Desechos orgánicos. Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto, OD, en agua, o la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno).

3. Sustancias químicas inorgánicas. En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua.

4. Nutrientes vegetales inorgánicos. Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable.

5. Compuestos orgánicos. Muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc. acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos.

6. Sedimentos y materiales suspendidos. Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, rías y puertos.

7. Sustancias radiactivas. Isótopos radiactivos solubles pueden estar presentes en el agua y, a veces, se pueden ir acumulando a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua.

8. Contaminación térmica. El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos.

## **5.2. – Origen de la contaminación de las aguas.**

La contaminación de las aguas puede proceder de fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante, sin duda, es la provocada por el hombre. El desarrollo y la industrialización suponen un mayor uso de agua, una gran generación de residuos muchos de los cuales van a parar al agua y el uso de medios de transporte fluviales y marítimos que, en muchas ocasiones, son causa de contaminación de las aguas.

En esta página se consideran las fuentes naturales y antropogénicas de contaminación, estudiando dentro de estas últimas las industriales, los vertidos urbanos, las procedentes de la navegación y de las actividades agrícolas y ganaderas.

### **Naturales**

Algunas fuentes de contaminación del agua son naturales. Por ejemplo, el mercurio que se encuentra naturalmente en la corteza de la Tierra y en los océanos contamina la biosfera mucho más que el procedente de la actividad humana. Algo similar pasa con los hidrocarburos y con muchos otros productos.

Normalmente las fuentes de contaminación natural son muy dispersas y no provocan concentraciones altas de polución, excepto en algunos lugares muy concretos. La contaminación de origen humano, en cambio, se concentra en zonas concretas y, para la mayor parte de los contaminantes, es mucho más peligrosa que la natural.

### **De origen humano**

Hay cuatro focos principales de contaminación antropogénica.

1. Industria. Según el tipo de industria se producen distintos tipos de residuos. Normalmente en los países desarrollados muchas industrias poseen eficaces sistemas de depuración de las aguas, sobre todo las que producen contaminantes más peligrosos, como metales tóxicos. En algunos países en vías de desarrollo la contaminación del agua por residuos industriales es muy importante.

2. Vertidos urbanos. La actividad doméstica produce principalmente residuos orgánicos, pero el alcantarillado arrastra además todo tipo de sustancias: emisiones de los automóviles (hidrocarburos, plomo, otros metales, etc.), sales, ácidos, etc.

La Directiva 91/271/CEE de la Unión Europea sobre el Tratamiento de las Aguas Residuales Urbanas, aprobada en mayo de 1991, urge a los estados miembros a tomar las medidas para lograr que todas las aguas residuales sean adecuadamente recogidas y sometidas a tratamientos secundarios o equivalentes antes de ser vertidas. Marca diversos objetivos, dependiendo del tamaño de las poblaciones, que se deben cumplir en tre el año 1995 y el 2005. También exigía a los estados miembros la identificación de las llamadas áreas sensibles -las sujetas a eutrofización y las que se van a dedicar al consumo humano y no cumplen las condiciones de las anteriores directivas europeas- antes de 1993

La obligada construcción de depuradoras en los municipios está reduciendo de forma importante este tipo de contaminación, pero en España la depuración de aguas residuales es todavía muy insuficiente.

Menos de la mitad de la población española trataba sus aguas residuales como lo manda la Directiva Comunitaria al comienzo de los noventa y se calcula que en el periodo 1995- 2005, será necesario invertir más de dos billones de pesetas para cubrir las necesidades de saneamiento y depuración conforme a la legislación comunitaria.

3. Navegación. Produce diferentes tipos de contaminación, especialmente con hidrocarburos. Los vertidos de petróleo, accidentales o no, provocan importantes daños ecológicos.

Según el estudio realizado por el Consejo Nacional de Investigación de los EEUU, en 1985 se vertieron al mar unas 3.200.000 Toneladas de hidrocarburos. A lo largo de la década de los ochenta se tomaron diversas medidas para disminuir la contaminación de los mares y la Academia de las Ciencias de EEUU estimaba que se habían reducido en un 60% los vertidos durante estos años. Se puede calcular que en en 1989 se vertieron al océano algo más de 2.000.000 de toneladas. De esta cifra el mayor porcentaje corresponde a las aguas residuales urbanas y a las descargas industriales (en total más del 35%). Otro tercio correspondería a vertidos procedentes de buques (más por operaciones de limpieza y similares, aunque su valor va disminuyendo en los últimos años, que por accidentes) y el resto a filtraciones naturales e hidrocarburos que llegan a través de la atmósfera.

Convenios como el Marpol (Disminución de la polución marina procedente de tierra) de 1974 y actualizado en 1986 y otros, han impulsado una serie de medidas para frenar este tipo de contaminación.

4. Agricultura y ganadería. Los trabajos agrícolas producen vertidos de pesticidas, fertilizantes y restos orgánicos de animales y plantas que contaminan de una forma difusa pero muy notable las aguas.

La mayoría de los vertidos directos en España (el 65% de los 60 000 vertidos directos que hay), son responsabilidad de la ganadería. Se llama directos a los vertidos que no se hacen a través de redes urbanas de saneamiento, y por tanto son más difíciles de controlar y depurar.

### **5.3. – Contaminación de ríos y lagos**

Las aguas superficiales de los continentes fueron las más visiblemente contaminadas durante muchos años, pero precisamente al ser tan visibles los daños que sufren, son las más vigiladas y las que están siendo regeneradas con más eficacia en muchos lugares del mundo, especialmente en los países desarrollados.

Desde hace siglos se conocen problemas de contaminación en lugares como la desembocadura del Nilo o los canales de Venecia, pero ahora este problema se encuentra mucho más extendido.

Las redes de control de la calidad de los ríos y lagos, son sistemas de vigilar la calidad de las aguas y el estado ambiental de los ríos. Con ellas se pueden detectar las agresiones que sufren los ecosistemas fluviales y se recoge información de tipo ambiental, científico y económico sobre los recursos hídricos.

La evaluación de la calidad de las aguas es una materia difícil, en la que se discute cuales son los mejores indicadores para evaluar el estado del agua.. El problemas reside fundamentalmente en la definición que se haga del concepto "calidad del agua". Se puede entender la calidad como la capacidad intrínseca que tiene el agua para responder a los usos que se podrían obtener de ella. O, como la define la Directiva Marco de las Aguas, como aquellas condiciones que deben mantenerse en el agua para que ésta posea un ecosistema equilibrado y que cumpla unos determinados Objetivos de Calidad que están fijados en los Planes Hidrológicos de Cuenca.

Para saber en qué condiciones se encuentra un río se analizan una serie de parámetros de tipo físico, otros de tipo químico y otros biológicos y después comparar estos datos con unos baremos aceptados internacionalmente que nos indicarán la calidad de ese agua para los distintos usos: para consumo, para la vida de los peces, para baño y actividades recreativas, etc.

#### **5.4. – Contaminación de mares y costas**

El vertedero final para una gran parte de nuestros desechos es el océano. A él van a parar gran parte de los vertidos urbanos e industriales. No sólo recibe las aguas residuales, sino que, en muchas ocasiones, se usa para arrojar las basuras o, incluso, los residuos radiactivos.

El 80% de las substancias que contaminan el mar tienen su origen en tierra. De las fuentes terrestres la contaminación difusa es la más importante. Incluye pequeños focos como tanques sépticos, coches, camiones, etc. y otros mayores como granjas, tierras de cultivo, bosques, etc. Los accidentes marítimos son responsables de alrededor de un 5% de los hidrocarburos vertidos en el mar. En cambio, una ciudad de cinco millones de habitantes acaba vertiendo en un año la misma cantidad que derramó el Exxon Valdez en su accidente en Alaska.

Aproximadamente un tercio de la contaminación que llega a los mares empieza siendo contaminación atmosférica pero después acaba cayendo a los océanos.

En los fondos oceánicos hay, en este momento, decenas de miles de barriles con sustancias como plutonio, cesio o mercurio, resultado de décadas de uso del océano como vertedero para grandes cantidades de desechos. Por ejemplo, como consecuencia de los accidentes sufridos por diversos barcos de guerra desde 1956 hasta 1989, ocho reactores nucleares completos, con todo su combustible, y 50 armas nucleares, se encuentran en el fondo de diversos mares del globo.

El exceso de aporte de nutrientes causa eutrofización en grandes zonas marítimas. En la desembocadura del Mississippi, por ejemplo, una zona de unas 4000 millas cuadradas, en las costas de Texas y Louisiana, ha perdido gran parte de su fauna como consecuencia del enriquecimiento de nutrientes continuado por el excesivo crecimiento de las algas y del empobrecimiento en oxígeno provocado por la putrefacción de estas algas.

Alrededor del 60% de las especies viven en la franja de 60 Km más próxima a la costa. Todos ellos se ven especialmente afectados por la contaminación que afecta a los mares y océanos, especialmente en la cercanía de las costas, lo que es especialmente importante teniendo en cuenta que, según algunos cálculos, procede de las costas algo más de la mitad de todos los servicios que la naturaleza, en su conjunto, provee a la humanidad (que en un estudio hecho en 1987 se evaluaron en 21.500 miles de millones de dólares)

La capacidad purificadora de las grandes masas de agua marina es muy grande. En ellas se diluyen, dispersan o degradan ingentes cantidades de aguas fecales, hidrocarburos, desechos industriales e, incluso, materiales radiactivos. Por este motivo es muy tentador recurrir al barato sistema de arrojar al mar los residuos de los que queremos deshacernos; pero en muchos lugares, los excesos cometidos han convertido grandes zonas del mar en desiertos de vida o en cloacas malolientes.

### **Costas**

Las zonas costeras son las que más han sufrido la actividad humana. Una gran parte de la población mundial vive cerca de las costas. Por ejemplo, en Europa, alrededor del 30% de la población vive a menos de 50 km. de la costa; y en España, 12,5 millones de habitantes - número que aumenta considerablemente en verano-, viven en las ciudades situadas en los algo más de 8 000 km. de costa

que tiene el país. Así se entiende que una gran parte de las orillas de los mares del mundo tengan graves problemas de contaminación.

Los vertidos son la principal fuente de contaminación de las costas. En la mayor parte de los países en vías de desarrollo y en muchos lugares de los desarrollados, los vertidos de las ciudades se suelen hacer directamente al mar, sin tratamientos previos de depuración.

Además, las zonas donde la renovación del agua es más lenta (marismas, estuarios, bahías, puertos) son las más maltratadas. En ellas es frecuente encontrar peces con tumores y graves enfermedades, o moluscos y crustáceos cuya pesca y consumo están prohibidos, porque contienen altas dosis de productos tóxicos.

### **Aguas libres**

Los efectos de los vertidos también se dejan sentir en las aguas libres de mares y océanos. Las grandes cantidades de plástico echadas al mar son las responsables de la muerte de muchas focas, ballenas, delfines, tortugas, y aves marinas, que quedan atrapadas en ellas o se las comen.

En algunos casos el exceso de materia orgánica y de nutrientes que hacen proliferar las algas, genera procesos de putrefacción tan fuertes, que se consume el oxígeno disuelto en el mar y los peces y otros organismos mueren, originándose grandes "zonas sin vida"

## **6. – Impactos ambientales de la agricultura moderna**

La agricultura siempre ha supuesto un impacto ambiental fuerte. Hay que talar bosques para tener suelo apto para el cultivo, hacer embalses de agua para regar, canalizar ríos, etc. La agricultura moderna ha multiplicado los impactos negativos sobre el ambiente. La destrucción y salinización del suelo, la contaminación por plaguicidas y fertilizantes, la deforestación o la pérdida de biodiversidad genética, son problemas muy importantes a los que hay que hacer frente para poder seguir disfrutando de las ventajas que la revolución verde nos ha traído.

Los principales impactos negativos son:

**a) Erosión del suelo:** El mal uso de la tierra, la tala de bosques, los cultivos en laderas muy pronunciadas, la escasa utilización de técnicas de conservación del suelo y de fertilizantes orgánicos, facilitan la erosión. En la península Ibérica la degradación de los suelos es un problema de primera importancia.

**b) Salinización y anegamiento de suelos muy irrigados:** Cuando los suelos regados no tienen un drenaje suficientemente bueno se encharcan con el agua y cuando el agua se evapora, las sales que contiene el suelo son arrastradas a la superficie.

**c) Uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas:** Los fertilizantes y pesticidas deben ser usados en las cantidades adecuadas para que no causen problemas. En muchos lugares del mundo su excesivo uso provoca contaminación de las aguas cuando estos productos son arrastrados por la lluvia. Esta contaminación provoca eutrofización de las aguas, mortandad en los peces y otros seres vivos y daños en la salud humana.

**d) Agotamiento de acuíferos:** En las zonas secas y soleadas se obtienen excelentes rendimientos agrícolas con el riego y en muchos lugares, por ejemplo en los conocidos invernaderos de Almería, se acude a las aguas subterráneas para regar. Pero los acuíferos han tardado en formarse decenas de años y cuando se les quita agua en mayor cantidad que la que les llega se van vaciando. Por este motivo las fuentes que surgían se secan, desaparecen humedales tradicionales en esa zona, y si están cerca del mar el agua salada va penetrando en la bolsa de agua, salinizándola, hasta hacerla inútil para sus usos agrícolas o para el consumo humano.

**e) Pérdida de diversidad genética:** En la agricultura y ganadería tradicionales había un gran aislamiento geográfico entre los agricultores y ganaderos de unas regiones y otras y por eso, a lo largo de los siglos, fueron surgiendo miles de variedades de cada planta o animal domesticado.

En la actualidad cuando una variedad es muy ventajosa, la adoptan los grandes cultivadores de todo el mundo, porque así pueden competir económicamente en el mercado mundial. El resultado es que muchas variedades tradicionales dejan de cultivarse y se pierden si no son recogidas en bancos de semillas o instituciones especiales.

**f) Deforestación:** Alrededor de 14 millones de hectáreas de bosques tropicales se pierden cada año. Se calcula que la quema de bosques para dedicarlos a la agricultura es responsable del 80% al 85% de esta destrucción.

La agricultura moderna no es la principal responsable de esta deforestación, porque sus aumentos de producción se han basado mucho más en obtener mejores rendimientos por hectárea cultivada que en

poner nuevas tierras en cultivo. De hecho, en España, por ejemplo, todos los años disminuye la extensión de las tierras cultivadas cuando muchas de ellas son abandonadas por su baja productividad.

## **g) Consumo de combustibles fósiles y liberación de gases invernadero**

### **7. – Destrucción de la diversidad biológica**

La diversidad biológica es la variedad de formas de vida y de adaptaciones de los organismos al ambiente que encontramos en la biosfera. Se suele llamar también biodiversidad y constituye la gran riqueza de la vida del planeta.

Los organismos que han habitado la Tierra desde la aparición de la vida hasta la actualidad han sido muy variados. Los seres vivos han ido evolucionando continuamente, formándose nuevas especies a la vez que otras iban extinguiéndose.

Los distintos tipos de seres vivos que pueblan nuestro planeta en la actualidad son resultado de este proceso de evolución y diversificación unido a la extinción de millones de especies. Se calcula que sólo sobreviven en la actualidad alrededor del 1% de las especies que alguna vez han habitado la Tierra. El proceso de extinción es, por tanto, algo natural, pero los cambios que los humanos estamos provocando en el ambiente en los últimos siglos están acelerando muy peligrosamente el ritmo de extinción de especies. Se está disminuyendo alarmantemente la biodiversidad.

El impacto creciente de las actividades humanas en la naturaleza está provocando una pérdida de biodiversidad acelerada. La causa principal es la destrucción de ecosistemas de gran interés, cuando se ponen tierras en cultivo desecando pantanos o talando bosques, cuando se cambian las condiciones de las aguas o la atmósfera por la contaminación, o cuando se destruyen hábitats en la extracción de recursos. Además la caza, la introducción de especies exóticas y otras actuaciones han provocado la extinción de un buen número de especies.

### **Extinción de especies llamativas**

Cuando se piensa en la extinción de especies lo normal es imaginarse animales como la ballena azul, el oso panda, el rinoceronte negro u otros animales bien conocidos por todos que se han extinguido (dodo, pichón americano, etc.) o que están en riesgo muy grave de extinción. El tamaño, las costumbres de vida o la apariencia de estos y otros animales hace que la opinión pública se sensibilice con especial facilidad con estas especies.

### **Extinciones de especies poco aparentes**

La extinción de especies de mamíferos, aves u otros vistosos seres vivos es importante y grave, pero a la comunidad científica le preocupa tanto o más la muy probable desaparición de cientos o miles de especies de plantas desconocidas, insectos, hongos y otros seres vivos que son desconocidos para la mayoría.

Las actividades humanas que causan extinción de especies y una mayor pérdida de biodiversidad son:

- Alteración y destrucción de ecosistemas
- Prácticas agrícolas
- Introducción de especies nuevas
- Contaminación de aguas y atmósfera

### **8. – Técnicas de tratamiento y reciclaje de residuos.**

Hasta hace poco los residuos se depositaban, sin más, en vertederos, ríos, mares o cualquier otro lugar que se encontrara cerca. En las sociedades agrícolas y ganaderas se producían muy pocos residuos no aprovechables. Con la industrialización y el desarrollo, la cantidad y variedad de residuos que generamos ha aumentado muchísimo. Durante varios decenios se han seguido eliminando por el simple sistema del vertido. Se hacía esto incluso con la cada vez mayor cantidad de sustancias químicas tóxicas que producimos. En los años cincuenta y sesenta de nuestro siglo se fue comprobando las graves repercusiones para la higiene y la salud de las personas y los importantes impactos negativos sobre el ambiente que este sistema de eliminación de residuos tiene.

Paralelamente la cantidad de todo tipo de residuos ha ido aumentando de forma acelerada y se ha hecho patente que debemos tratarlos adecuadamente si se quiere disminuir sus efectos negativos. En este apartado se analizan los distintos tipos de residuos que nuestra sociedad genera y las formas de gestionarlos. También se comentan diversos casos concretos que pueden ayudar a hacerse una idea más completa de la magnitud del tema.

#### **8.1. – Residuos sólidos urbanos**

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) son los que se originan en la actividad doméstica y comercial de ciudades y pueblos. En los países desarrollados en los que cada vez se usan más envases, papel, y en los que la cultura de "usar y tirar" se ha extendido a todo tipo de bienes de consumo, las cantidades de basura que se generan han ido creciendo hasta llegar a cifras muy altas.

## Composición de los RSU

Los residuos producidos por los habitantes urbanos comprenden basura, muebles y electrodomésticos viejos, embalajes y desperdicios de la actividad comercial, restos del cuidado de los jardines, la limpieza de las calles, etc. El grupo más voluminoso es el de las basuras domésticas.

La basura suele estar compuesta por:

Materia orgánica.- Son los restos procedentes de la limpieza o la preparación de los alimentos junto la comida que sobra.

Papel y cartón.- Periódicos, revistas, publicidad, cajas y embalajes, etc.

Plásticos.- Botellas, bolsas, embalajes, platos, vasos y cubiertos desechables, etc.

Vidrio.- Botellas, frascos diversos, vajilla rota, etc.

Metales.- Latas, botes, etc.

Otros

En las zonas más desarrolladas la cantidad de papel y cartón es más alta, constituyendo alrededor de un tercio de la basura, seguida por la materia orgánica y el resto. En cambio si el país está menos desarrollado la cantidad de materia orgánica es mayor -hasta las tres cuartas partes en los países en vías de desarrollo- y mucho menor la de papeles, plásticos, vidrio y metales.

En España la cantidad de RSU generada por habitante y día es de alrededor de 1 kilogramo en las ciudades grandes y medianas, y algo menor en ciudades pequeñas y pueblos. En las zonas rurales se aprovechan mejor los residuos y se tira menor cantidad, mientras que las ciudades y el mayor nivel de vida fomentan el consumo y la producción de basura. En EEUU la media es de más de 2 kilogramos por habitante y día.

Para un buen diseño de recogida y tratamiento de las basuras es necesario tener en cuenta, además, las variaciones según los días y las épocas del año. En los lugares turísticos las temporadas altas suponen un aumento muy importante en los residuos producidos. También épocas especiales como fiestas y ferias, acontecimientos deportivos importantes, etc. se notan en la cantidad de basura. En verano la proporción de materia orgánica suele ser mayor, mientras que en invierno aumenta la proporción de cenizas.

## **Recogida y tratamiento de los RSU**

Gestionar adecuadamente los RSU es uno de los mayores problemas de muchos municipios en la actualidad. El tratamiento moderno del tema incluye varias fases:

**Recogida selectiva.** La utilización de contenedores que recogen separadamente el papel y el vidrio está cada vez más extendida y también se están poniendo otros contenedores para plásticos, metal, pilas, etc. En las comunidades más avanzadas en la gestión de los RSU en cada domicilio se recogen los distintos residuos en diferentes bolsas y se cuida especialmente este trabajo previo del ciudadano separando los diferentes tipos de basura. En esta fase hay que cuidar que no se produzcan roturas de las bolsas y contenedores, colocación indebida, derrame de basuras por las cales, etc. También se están diseñando camiones para la recogida y contenedores con sistemas que facilitan la comodidad y la higiene en este trabajo.

**Recogida general.** La bolsa general de basura, en aquellos sitios en donde no hay recogida selectiva, o la que contiene lo que no se ha puesto en los contenedores específicos, se deposita en contenedores o en puntos especiales de las calles y desde allí es transportada a los vertederos o a las plantas de selección y tratamiento.

Plantas de selección. En los vertederos más avanzados, antes de tirar la basura general, pasa por una zona de selección en la que, en parte manualmente y en parte con máquinas se le retiran latas (con sistemas magnéticos), cosas voluminosas, etc.

Reciclaje y recuperación de materiales.- Lo ideal sería recuperar y reutilizar la mayor parte de los RSU. Con el papel, telas, cartón se hace nueva pasta de papel, lo que evita talar nuevos árboles. Con el vidrio se puede fabricar nuevas botellas y envases sin necesidad de extraer más materias primas y, sobre todo, con mucho menor gasto de energía. Los plásticos se separan, porque algunos se pueden usar para fabricar nueva materia prima y otros para construir objetos diversos.

**Compostaje.** La materia orgánica fermentada forma el "compost" que se puede usar para abonar suelos, alimentar ganado, construir carreteras, obtener combustibles, etc. Para que se pueda utilizar sin problemas es fundamental que la materia orgánica no llegue contaminada con sustancias tóxicas. Por ejemplo, es muy frecuente que tenga exceso de metales tóxicos que hacen inútil al compost para usos biológicos al ser muy difícil y cara su eliminación.

**Vertido.** El procedimiento más usual, aunque no el mejor, de disponer de las basuras suele ser depositarlas en vertederos. Aunque se usen buenos sistemas de reciclaje o la incineración, al final

siempre quedan restos que deben ser llevados a vertederos. Es esencial que los vertederos estén bien contruidos y utilizados para minimizar su impacto negativo. Uno de los mayores riesgos es que contaminen las aguas subterráneas y para evitarlo se debe impermeabilizar bien el suelo del vertedero y evitar que las aguas de lluvias y otras salgan del vertedero sin tratamiento, arrastrando contaminantes al exterior. Otro riesgo está en los malos olores y la concentración de gases explosivos producidos al fermentar las basuras. Para evitar esto se colocan dispositivos de recogida de gases que luego se queman para producir energía. También hay que cuidar cubrir adecuadamente el vertedero, especialmente cuando termina su utilización , para disminuir los impactos visuales.

**Incineración.** Quemar las basuras tiene varias ventajas, pero también algún inconveniente. Entre las ventajas está el que se reduce mucho el volumen de vertidos (quedan las cenizas) y el que se obtienen cantidades apreciables de energía. Entre las desventajas el que se producen gases contaminantes, algunos potencialmente peligrosos para la salud humana, como las dioxinas. Existen incineradoras de avanzada tecnología que, si funcionan bien, reducen mucho los aspectos negativos, pero son caras de construcción y manejo y para que sean rentables deben tratar grandes cantidades de basura.

## **8.2. – Residuos industriales**

La industria genera una gran cantidad de residuos muchos de los cuales son recuperables. El problema está en que las técnicas para aprovechar los residuos y hacerlos útiles son caras y en muchas ocasiones no compensa económicamente hacerlo. De todas formas, está aumentando la proporción de residuos que se valorizan para usos posteriores.

### **Residuos industriales inertes y asimilables a los RSU**

Los residuos inertes son escombros, gravas, arenas y demás materiales que no presentan riesgo para el ambiente. Hay dos posibles tratamientos para estos materiales: reutilizarlos como relleno en obras públicas o construcciones o depositarlos en vertederos adecuados. El principal impacto negativo que pueden producir es el visual, por lo que se debe usar lugares adecuados, como canteras abandonadas o minas al aire libre y se deben recubrir con tierra y plantas para reconstruir el paisaje.

Los residuos similares a los sólidos urbanos que se producen en las industrias suelen ser recogidos y tratados de forma similar al resto de los RSU.

### **Residuos peligrosos**

Son las sustancias que son inflamables, corrosivas, tóxicas o pueden producir reacciones químicas, cuando están en concentraciones que pueden ser peligrosas para la salud o para el ambiente.

El impacto negativo de estas sustancias se ve agravado cuando son difíciles de degradar en la naturaleza. Los ecosistemas naturales están muy bien preparados, por millones de años de evolución, para asimilar y degradar las sustancias naturales. Siempre hay algún tipo de microorganismo o de proceso bioquímico que introduce en los ciclos de los elementos las moléculas. Pero en la actualidad se sintetizan miles de productos que nunca habían existido antes y algunos de ellos, como es el caso de los CFC, DDT, muchos plásticos, etc. permanecen muchos años antes de ser eliminados. Además al salir tantas moléculas nuevas cada año, aunque se hacen ensayos cuidadosos para asegurar que se conocen bien sus características, no siempre se sabe bien que puede suceder con ellos a medio o largo plazo.

Otro hecho que aumenta el daño es la bioacumulación que se produce en sustancias, como algunos pesticidas del grupo del DDT. En otras ocasiones los residuos se transforman en sustancias más tóxicas que ellos mismos.

### **Producción de residuos peligrosos**

La industria que contribuye más a la producción de este tipo de residuos, en España, es la química, responsable de alrededor de un tercio de todos los que se generan (ver Lindano). Después se sitúan la del automóvil (11%), la metalurgia (10%), seguidas por la industria papelera, alimentaria y de la piel.

Las zonas que más residuos de este tipo producen son, lógicamente, las más industrializadas, con Cataluña (24%), País Vasco (16%), Asturias (15%) y Galicia (15%). Alrededor de un tercio de los residuos peligrosos que se producen son eliminados en el mismo lugar de su formación por las empresas productoras.

### **Gestión**

La primera medida que se debe considerar siempre es si es posible generar menos residuos o aprovecharlos en otros procesos de fabricación. Continuamente están saliendo nuevas tecnologías que permiten fabricar con menor producción de residuos, lo que tiene la ventaja de que los costes se reducen porque se desperdicia menos materia prima y no hay que tratar tanto residuo. En la actualidad, en la mayor parte de los sectores industriales, existen tecnologías limpias y el problema es más de capacidad de invertir de las empresas y de formación en los distintos grupos de trabajadores que de otro tipo. Muchas empresas están reduciendo llamativamente la emisión de contaminantes y la generación de residuos, ahorrándose así mucho dinero.

Pero al final de los procesos industriales siempre se generan más o menos residuos. Con la tecnología actual sería posible reducir el impacto negativo de cualquier contaminante a prácticamente cero. Pero hacerlo así en todos los casos sería tan caro que paralizaría otras posibles actividades. Por eso, en la gestión de los residuos tóxicos se busca tratarlos y almacenarlos de forma que no resulten peligrosos, dentro de un costo económico proporcionado. Esto se consigue con diversos procedimientos, dependiendo de cual sea el tipo de residuo. Así tenemos:

**Tratamientos físicos, químicos y biológicos.** Consiste en someter al residuo a procesos físicos (filtrado, centrifugado, decantado, etc.); biológicos (fermentaciones, digestiones por microorganismos, etc.) o químicos (neutralizaciones, reacciones de distinto tipo). De esta forma se consigue transformar el producto tóxico en otros que lo son menos y se pueden llevar a vertederos o usar como materia prima para otros procesos. Las plantas de tratamiento tienen que estar correctamente diseñadas para no contaminar con sus emisiones.

Incineración.- Quemar los residuos en incineradoras especiales suele ser el método mejor, cuando se hace con garantías, de deshacerse de los residuos tóxicos. Disminuye su volumen drásticamente y, además permite obtener energía en muchos casos. Sus aspectos negativos están en las emisiones de gases y en las cenizas que se forman. Tanto unos como otros suelen ser tóxicos y no pueden ser echados a la atmósfera sin más o vertidos en cualquier sitio.

**Vertido.** Al final de todos los procesos siempre hay materias que hay que depositar en un vertedero para dejarlas allí acumuladas. Esta es una parte especialmente delicada del proceso. Los vertederos de seguridad deben garantizar que no se contaminan las aguas subterráneas o superficiales, que no hay emisiones de gases o salida de productos tóxicos y que las aguas de lluvia no entran en el vertido, porque luego tendrían que salir y lo harían cargadas de contaminantes. En la práctica esto es muy difícil de realizar, aunque se han realizado progresos en el diseño de estos vertederos.

### **8.3. – Residuos agrarios y similares**

Se incluye en este grupo los residuos de las actividades del llamado sector primario de la economía (agricultura, ganadería, pesca, actividad forestal y cinegética) y los producidos por industrias alimenticias, desde los mataderos y las empresas lácteas hasta las harineras y el tabaco.

La mayor parte de los residuos de estas actividades son orgánicos: ramas, paja, restos de animales y plantas, etc. Muchos de ellos se quedan en el campo y no se pueden considerar residuos porque contribuyen de forma muy eficaz a mantener los nutrientes del suelo. En algunos bosques aumentan el

riesgo de incendio, pero desde el punto de vista de la ecología, retirar toda la materia orgánica disminuye la productividad y retrasa la maduración del ecosistema.

Algunas granjas intensivas y muchas industrias conserveras, aceiteras o similares generan residuos mucho más contaminantes que, por su gran volumen o su toxicidad, exigirían tratamientos especiales y caros.

### **Tratamiento de los residuos agrarios**

En las prácticas agrícolas y ganaderas tradicionales casi todos los restos se aprovechaban. Se quemaban para obtener energía; se usaban para abonar los campos; la paja servía para alimentar al ganado, etc.

Los métodos modernos de explotación del campo han convertido en residuos muchos de estos restos antes aprovechables. Ya no hay ganado que trabaje los campos y la paja ha perdido su valor porque es más rentable alimentar al ganado con piensos compuestos; los abonos químicos son más baratos que los orgánicos que exigen ser manipulados.

La principal dificultad para un aprovechamiento adecuado de estos residuos es la económica y por eso se deben pensar incentivos que faciliten su uso. Ayudas a la agricultura ecológica que usa abonos naturales o al uso de la biomasa para obtener energía.

Otra dificultad importante para la adecuada gestión de estos residuos es el tamaño y la dispersión de las explotaciones que muchas veces no tienen capacidad económica suficiente para tratarlos bien y se convierten en importantes fuentes de contaminación.

### **Producción de biogás**

Los residuos de estas actividades tienen un alto contenido energético. Antes se aprovechaban quemándolos, pero en la actualidad una experiencia muy positiva en algunas regiones ha sido la obtención de gas metano por la fermentación de la biomasa.

Los restos orgánicos de las explotaciones se acumulan en un reactor en el que fermentan. En este proceso se produce gas metano que se quema para dar energía. Si el tamaño de la explotación es suficiente puede abastecerse de energía y en los países del tercer mundo está siendo la fuente

principal de energía de muchas familias que no tienen acceso a suministros comerciales de combustible o electricidad.

### **Compostaje**

De forma tradicional, durante años, los agricultores han reunido los desperdicios orgánicos para transformarlos en abono para sus tierras. Compostar dichos restos no es más que imitar el proceso de fermentación que ocurre normalmente en un suelo de un bosque, pero acelerado y dirigido. El abono resultante proporciona a las tierras a las que se aplica prácticamente los mismos efectos beneficiosos que el humus para una tierra natural.

Fue en el año 1925 cuando en Europa comenzó a estudiarse la posibilidad de descomponer a gran escala las basuras de las ciudades con la puesta en marcha del método indú Indore. En la ciudad holandesa de Hanmer se instaló en 1932 la primera planta de compost hecho con las basuras urbanas, A principios de la década de los 60, había en Europa 37 plantas, Dicho número aumentó considerablemente durante dicha década, y a primeros de los 70 se llegó a 230 plantas, destacando el Estado Francés y el Estado Español, instalándose en este último sobre todo plantas de compost en el Levante Y Andalucía. Sin embargo, a partir de mediados de los setenta la evolución se estancó y se cerraron numerosas plantas. Una de las causas de este estancamiento fue la deficiente calidad del compost producido (no se hacía separación previa en origen de la materia orgánica de los residuos sólidos urbanos) y el poco interés de los agricultores en utilizarlos

### **8.4 – Residuos radiactivos**

Elementos radiactivos de distinto tipo se emplean en muy variadas actividades. Las centrales de energía nuclear son las que mayor cantidad de estos productos emplean, pero también muchas aplicaciones de la medicina, la industria, la investigación, etc. emplean isótopos radiactivos y, en algunos países, las armas nucleares son una de las principales fuentes de residuos de este tipo.

Dos características hacen especiales a los residuos radiactivos:

Su gran peligrosidad. Cantidades muy pequeñas pueden originar dosis de radiación peligrosas para la salud humana

Su duración. Algunos de estos isótopos permanecerán emitiendo radiaciones miles y decenas de miles de años

Así se entiende que aunque la cantidad de este tipo de residuos que se producen en un país sea comparativamente mucho menor que la de otros tipos, sus tecnologías y métodos de tratamiento sean mucho más complicados y difíciles.

### Gestión de los residuos radiactivos

Algunos residuos de baja actividad se eliminan muy diluidos echándolos a la atmósfera o las aguas en concentraciones tan pequeñas que no son dañinas y la ley permite. Los índices de radiación que dan estos vertidos son menores que los que suelen dar muchas sustancias naturales o algunos objetos de uso cotidiano como la televisión.

Los residuos de media o baja actividad se introducen en contenedores especiales que se almacenan durante un tiempo en superficie hasta que se llevan a vertederos de seguridad. Hasta el año 1992 algunos países vertían estos barriles al mar, pero ese año se prohibió esta práctica.

Los almacenes definitivos para estos residuos son, en general, subterráneos, asegurando que no sufrirán filtraciones de agua que pudieran arrastrar isótopos radiactivos fuera del vertedero. En España la instalación preparada para esto es la de El Cabril (Córdoba) en la que se podrán llegar a almacenar hasta 50 000 m<sup>3</sup> de residuos de media y baja actividad.

Los residuos de alta actividad son los más difíciles de tratar. El volumen de combustible gastado que queda en las centrales de energía nuclear normales se puede reducir mucho si se vuelve a utilizar en plantas especiales. Esto se hace en algunos casos, pero presenta la dificultad de que hay que transportar una sustancia muy peligrosa desde las centrales normales a las especiales.

Los residuos que quedan se suelen vitrificar (fundir junto a una masa vítrea) e introducir en contenedores muy especiales capaces de resistir agentes muy corrosivos, el fuego, terremotos, grandes colisiones, etc. Estos contenedores se almacenarían en vertederos definitivos que deben estar contruidos a gran profundidad, en lugares muy estables geológicamente (depósitos de arcilla , sales o macizos graníticos) y bien refrigerados porque los isótopos radiactivos emiten calor.

Se están estudiando varios emplazamientos para este tipo de almacenes, pero en el mundo todavía no existe ninguno, por lo que por ahora, la mayoría de los residuos de alta actividad se almacenan en lugares provisionales o en las piscinas de la misma central.

## **9. – Declaraciones internacionales y gestión medioambiental.**

Los problemas ambientales traspasan las fronteras y exigen una eficaz cooperación internacional para su resolución. Por otra parte muchos espacios naturales, aunque estén situados en países concretos, han sido declarados patrimonio de la Humanidad. Todo esto ha motivado que en el campo ambiental haya desde declaraciones y convenios internacionales hasta legislación estatal y municipal.

### **Declaraciones Internacionales generales**

Hay muchas Declaraciones Internacionales cuya finalidad es plantear los principios generales que deben inspirar la actuaciones de los Estados y de la sociedad para lograr una mejor protección del ambiente. Destacamos tres de ellas por su especial interés histórico:

**Declaración de Estocolmo de las NNUU sobre el Medio Ambiente Humano.** Es de 1972 e insiste en el derecho del hombre a vivir en un medio de calidad y en su "solemne obligación de proteger y mejorar el medio para las generaciones presentes y futuras". También resalta la importancia de la educación en asuntos ambientales.

**Carta Mundial de la Naturaleza aprobada en sesión plenaria de las NNUU en 1982.** Hace especial hincapié en la preservación del patrimonio genético: asegurar un nivel suficiente en todas las poblaciones de seres vivos en todo el mundo, concediendo especial protección a los más singulares o a los que se encuentran en peligro. Por otra parte insiste en la necesidad de no desperdiciar los recursos naturales y de tener en cuenta la capacidad a largo plazo de los sistemas naturales para sustentar las poblaciones.

**Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo**, aprobada por la Conferencia de las NNUU reunida en Río de Janeiro en 1992. En esta conferencia se consolida y se proclama a nivel internacional la idea de "desarrollo sostenible".

### **Convenios internacionales**

Los convenios internacionales tratan temas concretos que afectan a todos o a varios países. Hay muchísimos dedicados a temas medioambientales y, a modo de ejemplo, citamos algunos:

Convenio de Ramsar .- Protege los humedales por su gran importancia como hábitats para las aves acuáticas.

Convenio de Berna .- Sobre la conservación de la fauna y de la flora salvajes y de sus hábitats naturales en Europa.

Convenio de Bonn .- Sobre la conservación de especies migratorias.

Convenio de Washington (CITES).- Sobre el comercio internacional de especies amenazadas de la flora y la fauna silvestres.

Convenio de Ginebra.- Sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia.

Convenio de Viena.- Sobre la protección de la capa de ozono.

Convenio de Basilea.- Sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación.

Convenio de Río.- Sobre la diversidad biológica

Convenio Marco de las NNUU sobre el Cambio Climático (Río de Janeiro)

### **Legislación de la Unión Europea**

Los temas ambientales tienen un gran peso en la Unión Europea y da idea de su importancia el que alrededor de la tercera parte de lo que se legisla se refiere a este tema. Los tres tipos más importantes de disposiciones comunitarias son los Reglamentos, las Decisiones y las Directivas. Los Reglamentos y las Decisiones se aplican directamente en todos los países miembros, mientras que las Directivas son de obligado cumplimiento pero es cada uno de los países el que tiene que hacer sus leyes concretas para aplicar la Directiva en su propio territorio. Las Directivas son el instrumento normativo más utilizado en el campo medioambiental.

Hay varios cientos de normativas europeas sobre impacto ambiental, protección de la atmósfera, calidad de las aguas, regulación de vertidos, conservación de la naturaleza, gestión de residuos, etc.

Programas Marco.- La forma en la que se ha organizado la política ambiental en Europa ha sido a través de Programas de cinco años de duración. El Primer Programa de Acción abarcó de 1973 a 1977 y se dedicó especialmente a la contaminación atmosférica y a la gestión de los recursos y del medio. Como hemos visto en el Quinto Programa, que comenzó en 1993, estaba dedicado a poner en marcha las recomendaciones de la Conferencia de Río, procurando impulsar un desarrollo sostenible en Europa.

### **Legislación española**

Dentro de las normas y leyes españolas de interés ambiental destaca lo que se establece en el artículo 45 de la Constitución Española de 1978, que dice:

1ª. Todos tienen derecho a disfrutar de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona, así como el deber de conservarlo.

2ª. Los poderes públicos velarán por la utilización racional de todos los recursos naturales, con el fin de proteger y mejorar la calidad de vida y defender el medio ambiente, apoyándose en la indispensable solidaridad colectiva.

3ª. Para quienes violen lo dispuesto en el apartado anterior, en los términos que la Ley fije, se establecen sanciones penales o, en su caso, administrativas, así como la obligación de reparar el daño causado.

El estado tiene competencia exclusiva en legislación básica sobre medio ambiente, pero se han ido concediendo competencias a las Comunidades Autónomas en muy diferentes materias. La finalidad de la normativa estatal es fijar un marco legal común para todas las Comunidades Autónomas que garantice el principio de igualdad entre los ciudadanos españoles.

Son muy numerosas las Leyes, Reglamentos y Ordenes ministeriales que regulan aspectos ambientales. De especial interés es la figura del "delito ecológico" introducida en el Código Penal por vez primera en 1983 para castigar con penas de arresto y multas a las personas responsable de daños ambientales

### **10. – Gestión medioambiental de los procesos productivos.**

El impacto ambiental es la alteración que se produce en el ambiente cuando se lleva a cabo un proyecto o una actividad. Las obras públicas como la construcción de una carretera, un pantano o un puerto deportivo; las ciudades; las industrias; una zona de recreo para pasear por el campo o hacer escalada; una granja o un campo de cultivo; cualquier actividad de estas tiene un impacto sobre el medio.

La alteración no siempre es negativa. Puede ser favorable o desfavorable para el medio.

### **Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)**

Antes de empezar determinadas obras públicas o proyectos o actividades que pueden producir impactos importantes en el ambiente, la legislación obliga a hacer una Evaluación del Impacto Ambiental que producirán si se llevan a cabo. La finalidad de la EIA es identificar, predecir e interpretar los impactos que esa actividad producirá si es ejecutada. Los pasos a dar para hacer una EIA son:

– **Estudio de Impacto Ambiental (EsIA):** Para hacer una EIA primero hace falta un Estudio de Impacto Ambiental que es el documento que hacen los técnicos identificando los impactos, la posibilidad de corregirlos, los efectos que producirán, etc. Debe ser lo más objetivo posible, sin interpretaciones ni valoraciones, sino recogiendo datos. Es un estudio multidisciplinar por lo que tiene que fijarse en como afectará al clima, suelo, agua; conocer la naturaleza que se va a ver afectada: plantas, animales, ecosistemas; los valores culturales o históricos, etc.; analizar la legislación que afecta al proyecto; ver como afectará a las actividades humanas: agricultura, vistas, empleo, calidad de vida, etc.

– **Declaración de Impacto Ambiental (DIA):** La Declaración de Impacto Ambiental la hacen los organismos o autoridades medioambientales a las que corresponde el tema después de analizar el Estudio de Impacto Ambiental y las alegaciones, objeciones o comentarios que el público en general o las instituciones consultadas hayan hecho. La base para la DIA es el Estudio técnico, pero ese estudio debe estar disponible durante un tiempo de consulta pública para que toda persona o institución interesada lo conozca y presente al organismo correspondiente sus objeciones o comentarios, si lo desea. Después, con todo este material decide la conveniencia o no de hacer la actividad estudiada y determina las condiciones y medidas que se deben tomar para proteger adecuadamente el ambiente y los recursos naturales.

– **Tipos de Evaluaciones de Impacto Ambiental:** La legislación pide estudios más o menos detallados según sea la actividad que se va a realizar. No es lo mismo la instalación de un bar que una pequeña empresa o un gran embalse o una central nuclear. Por eso se distinguen:

Informes medioambientales que se unen a los proyectos y son simplemente indicadores de la incidencia ambiental con las medidas correctoras que se podrían tomar.

Evaluación preliminar que incorpora una primera valoración de impactos que sirve para decidir si es necesaria una valoración más detallada de los impactos de esa actividad o es suficiente con este estudio más superficial;

Evaluación simplificada que es un estudio de profundidad media sobre los impactos ambientales

Evaluación detallada en la que se profundiza porque la actividad que se está estudiando es de gran envergadura

### **Metodologías de Evaluación del Impacto Ambiental**

Un Estudio de Impacto Ambiental analiza un sistema complejo, con muchos factores distintos y con fenómenos que son muy difíciles de cuantificar. ¿Cómo fijar objetivamente el impacto que una presa tiene sobre las aves o sobre el paisaje? O ¿Cómo concretar en números el impacto de una carretera que pasa por un monumento histórico o por un ecosistema de especial interés?. Para hacer estos estudios hay varios métodos y se usan unos u otros según la actividad de que se trate, el organismo que las haga o el que las exija.

Como ejemplo de uno de los métodos que se emplean en estos trabajos analizamos la llamada "matriz de Leopold" que fue el primer método utilizado para hacer estos estudios, en 1971, por el Servicio Geológico de los Estados Unidos.

### **Herramientas para la gestión ambiental**

Además de los Estudios de Impacto Ambiental hay otras herramientas muy útiles para poner en marcha un Sistema de Gestión Ambiental. Entre ellos están:

#### **Análisis del Ciclo de Vida**

En el Análisis del Ciclo de Vida de un producto se estudia el impacto que hace desde su fabricación hasta su eliminación. Por eso se suelen llamar también análisis de la cuna a la tumba.

La idea de este análisis es que un producto no impacta en el ambiente sólo cuando se usa, sino también cuando se fabrica o se desecha. Así, por ejemplo, un coche cuando está usándose contamina con los gases que expulsa, consume combustibles fósiles o genera neumáticos o baterías gastadas; pero además, en su fabricación se ha empleado energía, materias primas, se han generado residuos sólidos, líquidos y gaseosos, y cuando el coche se hace viejo se convierte en residuos que suponen también un impacto ambiental.

### **Etiquetado ecológico**

El etiquetado ecológico es la posibilidad de poner un determinado logotipo en la etiqueta del producto que indica que se ha fabricado siguiendo unos procedimientos regulados y controlados por organismos autorizados.

La concesión de estas etiquetas está regulada por normas de la Unión Europea y se concede a productos que "desde la cuna a la tumba" son respetuosos con el medio ambiente, por tanto exigen un Análisis del Ciclo de Vida del producto previo a la concesión. Con este instrumento se persigue prevenir la contaminación en origen, promoviendo una política de fomento de productos "limpios".

### **Auditoría medioambiental (AMA)**

Se suele llamar también ecoauditoría. Es un instrumento de gestión que comprende una evaluación sistemática, documentada, periódica y objetiva de la eficacia de la organización, el sistema de gestión y los procedimientos destinados a la protección del medio ambiente.

Facilita Ventajas de las AMA, y de los SGMA en general, son: la mejora de la empresa al detectar que es lo que no va bien y proponer soluciones para mejorarlo.

### **Certificaciones**

Las certificaciones son instrumentos para garantizar que el Sistema de Gestión Medioambiental implantado por una empresa es de calidad. Las dan instituciones externas y ajenas a la empresa y garantizan que su Sistema de Gestión Medioambiental es correcto y adecuado porque cumple un conjunto de normas e instrucciones.

Con estas certificaciones externas la empresa puede demostrar que su trabajo en este campo es serio y no una simple maniobra para maquillar su imagen. Así mejora su prestigio y garantiza a sus clientes su nivel de calidad.

Los principales sistemas de normas de calidad del SGMA son:

– **Normas UNE:** Las UNE son un conjunto de normas españolas para muy diferentes asuntos industriales, construcción, etc. Con ellas se unifican los criterios para la realización de miles de actividades: desde la construcción de tornillos hasta la implantación de un sistema de gestión en una empresa. En el campo medioambiental hay varias normas UNE que regulan como deben ser los

Sistemas de Gestión Medioambiental (UNE 77-801-94), o como se debe hacer el Análisis de ciclo de vida, etc. Están siendo substituidas por las normas europeas o internacionales.

– **Reglamento CEE 1836/93:** Es el reglamento europeo que establece el Sistema Comunitario de Ecogestión y Ecoauditoría (Emas). Las empresas que cumplen las normas UNE 77-801-94 o las ISO 14000 correspondientes pueden solicitar de la Unión Europea la concesión del EMAS, completando algunos requisitos.

– **Normas ISO:** Son normas internacionales. La familia de normas ISO 14000 es la que regula la protección del ambiente. Las normas ISO son menos exigentes que las UNE o que las europeas correspondientes, pero tienen cada vez más interés dada la internacionalización de la industria y el comercio.

## 11. – Desarrollo sostenible

El sistema económico basado en la máxima producción, el consumo, la explotación ilimitada de recursos y el beneficio como único criterio de la buena marcha económica es insostenible. Un planeta limitado no puede suministrar indefinidamente los recursos que esta explotación exigiría. Por esto se ha impuesto la idea de que hay que ir a un desarrollo real, que permita la mejora de las condiciones de vida, pero compatible con una explotación racional del planeta que cuide el ambiente. Es el llamado desarrollo sostenible.

La definición más conocida de Desarrollo sostenible es la de la Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo (Comisión Brundtland) que en 1987 definió Desarrollo Sostenible como:

"el desarrollo que asegura las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para enfrentarse a sus propias necesidades".

Según este planteamiento el desarrollo sostenible tiene que conseguir a la vez:

– Satisfacer a las necesidades del presente, fomentando una actividad económica que suministre los bienes necesarios a toda la población mundial.

– Satisfacer a las necesidades del futuro, reduciendo al mínimo los efectos negativos de la actividad económica, tanto en el consumo de recursos como en la generación de residuos, de tal forma que sean soportables por las próximas generaciones.

### **Características de un desarrollo sostenible:**

- Busca la manera de que la actividad económica mantenga o mejore el sistema ambiental.
- Asegura que la actividad económica mejore la calidad de vida de todos, no sólo de unos pocos selectos.
- Usa los recursos eficientemente.
- Promueve el máximo de reciclaje y reutilización.
- Pone su confianza en el desarrollo e implantación de tecnologías limpias.
- Restaura los ecosistemas dañados.
- Promueve la autosuficiencia regional
- Reconoce la importancia de la naturaleza para el bienestar humano .

Un cambio de mentalidad es lento y difícil. Requiere afianzar unos nuevos valores. Para hacerlo son de especial importancia los programas educativos y divulgativos. Tiene mucho interés dar a conocer ejemplos de actuaciones sostenibles, promover declaraciones públicas y compromisos políticos, desarrollar programas que se propongan fomentar este tipo de desarrollo.

En la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro en 1992 las NNUU establecieron una Comisión para el Desarrollo Sostenible que puede tener un importante papel a la hora de impulsar este cambio de mentalidad. El resultado final principal de esta cumbre fue un documento titulado Agenda 21 en el que se define una estrategia general de desarrollo sostenible para todo el mundo, haciendo especial hincapié en las relaciones norte-sur, entre los países desarrollados y los que están en vías de desarrollo

En la Unión Europea se elaboró en 1992 el V Programa de acción de la Comunidad en medio ambiente con el título de "Hacia un desarrollo sostenible". En este programa se decía "No podemos esperar... y no podemos equivocarnos", el medio ambiente depende de nuestras acciones colectivas y estará condicionado por las medidas que tomemos hoy. El V Programa reconoce que "el camino hacia el desarrollo sostenible será largo. Su objetivo es producir un cambio en los comportamientos y tendencias en toda la Comunidad, en los Estados miembros, en el mundo empresarial y en los ciudadanos de a pie".

### **12. – Conclusión**

Para reflexionar sobre el impacto ambiental del desarrollo tecnológico se ha estudiado el concepto de contaminación, prestando especial atención a la contaminación atmosférica y del agua. La destrucción de la biodiversidad y los problemas generados por la agricultura han sido otros de los temas tratados.

A continuación se han analizado los distintos tipos de residuos que genera nuestra sociedad y las técnicas que existen para su tratamiento y reciclaje.

Por ultimo se han enumerado las normas nacionales e internacionales relativas a la gestión medioambiental, que son la base sobre la que se debe apoyar la gestión de los procesos productivos con el objetivo de minimizar los impactos sobre el medio ambiente, con el fin último de lograr un desarrollo sostenible.