

# TEMA 4

## IMPACTO AMBIENTAL DE LA ACTIVIDAD TECNOLÓGICA Y LA EXPLOTACIÓN DE RECURSOS. TÉCNICAS DE TRATAMIENTO Y RECICLAJE DE RESIDUOS.

### 0. INTRODUCCIÓN.

#### I. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.

- I.1. Fuentes de contaminación.
- I.2. Tipos de contaminantes.
  - I.2.1. Sustancias químicas.
  - I.2.2. Formas de energía.
- I.3. Efectos de la contaminación del aire.
- I.4. Procesos de depuración de contaminantes del aire.

#### II. CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS.

- II.1. Tipos de contaminación.
- II.2. Contaminantes del agua y sus efectos.
- II.3. Parámetros de la calidad del agua.
- II.4. Sistema de tratamiento y depuración de las aguas.
  - II.4.a. Tratamiento del agua para consumo.
  - II.4.b. Depuración de aguas residuales.
    - II.4.b.1. Sistemas de depuración natural o blanda.
    - II.4.b.2. Sistemas de depuración tecnológica o dura.

#### III. LOS RESIDUOS.

- III.1. Concepto de residuo.
- III.2. Tipos de residuos.
  - III.2.a. Residuos sólidos urbanos (RSU).
  - III.2.b. Residuos sanitarios.
  - III.2.c. Residuos industriales.
  - III.2.d. Residuos radiactivos.
  - III.2.e. Residuos agrícolas, forestales y ganaderos.
- III.3. La gestión de los residuos.
  - III.3.a. Disminución de residuos.
  - III.3.b. Transformación de residuos.
  - III.3.c. Eliminación de residuos.
    - III.3.c.1. Vertederos controlados.
    - III.3.c.2. Incineración.
    - III.3.c.3. Almacenamiento de residuos radiactivos.

#### IV. LEGISLACIÓN

#### BIBLIOGRAFÍA.-

Tratado universal de medio ambiente – REZZA EDITORES S.A.

Enciclopedia ENCARTA-2.000

Ciencias de la Tierra y el medio ambiente de 2º bachillerato – McGraw-Hill



# TEMA 4

## IMPACTO AMBIENTAL DE LA ACTIVIDAD TECNOLÓGICA Y LA EXPLOTACIÓN DE RECURSOS. TÉCNICAS DE TRATAMIENTO Y RECICLAJE DE RESIDUOS.

### 0. INTRODUCCIÓN.

El Medio Ambiente es el entorno vital, es decir, el conjunto de factores físico-naturales, estéticos, culturales, sociales y económicos, que interaccionan con el individuo y con la comunidad en que vive. Además, es fuente de recursos que abastece al ser humano de las materias primas y energía que necesita para su desarrollo sobre el planeta. Pero sólo una parte de estos recursos es renovable, por ello la explotación de los mismos y las actividades tecnológicas deben realizarse de forma cuidadosa, para evitar que una actuación anárquica del hombre nos conduzca a una situación irreversible.

En el desarrollo del tema, estudiaremos el impacto ambiental de la actividad tecnológica y la explotación de recursos reflejado en la contaminación atmosférica (en forma de materia y energía), en la contaminación de las aguas y en la formación de residuos, y las técnicas de tratamiento y en su caso de reciclaje de residuos.

### I. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.

El aire, conjunto de gases que forman la atmósfera, es indispensable para el desarrollo de la vida en nuestro planeta. No es un recurso ilimitado, sino un bien limitado que debemos utilizar, evitando alteraciones en su calidad que pongan en peligro el equilibrio biológico en la tierra.

En esta parte del tema estudiaremos los contaminantes del aire, sus efectos sobre los seres vivos, salud y bienestar humanos, los ecosistemas y los recursos naturales, y se describirán medidas que permiten prevenir y corregir la calidad del aire.

#### I.1. Fuentes de contaminación.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece que existe contaminación del aire cuando en su composición aparecen una o varias sustancias extrañas, en tales cantidades y durante tales periodos de tiempo, que pueden resultar nocivas para el hombre, los animales, las plantas o las tierras, y así como perturbar el bienestar o el uso de los bienes.

Las fuentes de contaminación del aire se pueden agrupar en dos tipos atendiendo a su origen:

-Naturales. Comprenden la actividad geológica de la Tierra y otros procesos de la naturaleza (los volcanes, los incendios forestales de origen natural, etc).

-Artificiales. Son consecuencia de la presencia y actividad del hombre. La mayor parte procede de la utilización de combustibles fósiles (carbones, petróleo y gas) que origina mas de 20 millones de toneladas de partículas sólidas por año.

#### I.2. Tipos de contaminantes.

Se consideran contaminantes del aire a las sustancias químicas y formas de energía que en concentraciones determinadas pueden causar molestias, daños o riesgos.

Podemos clasificar los contaminantes de dos grupos: las sustancias químicas y las formas de energía.



### 1.2.1. Sustancias químicas.

Dentro de este grupo de contaminantes hay que diferenciar, atendiendo a su origen, entre primarios y secundarios.

- Primarios  
- Secundarios

#### A. Contaminantes primarios.

Son sustancias de naturaleza y composición química variada:

<sup>aerosoles</sup>  
**-Partículas.** Son sustancias sólidas o líquidas con un tamaño entre 0,1 y 100  $\mu$ . Tiene forma variada y una composición química que depende de su origen (metales pesados, carbono, polen, bacterias, silicatos, humos, etc). Por su tamaño se pueden clasificar en: iones (menor de 0,1  $\mu$ ), núcleos de Aitken (0,005-01  $\mu$  de radio) y partículas sedimentables (10 a 500  $\mu$ ) que se depositan por la acción de la gravedad.

En su mayor parte provienen de combustiones industriales o domésticas y de las actividades de las industrias extractivas como la minería o fábricas de cemento.

**-Compuestos de azufre.** Como el  $\text{SO}_2$  y el  $\text{SO}_3$ , que resultan de la oxidación del azufre presente en los combustibles fósiles al quemarse, y también el ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), que procede de escapes de refinerías de petróleo, fábricas de gas, erupciones volcánicas y metabolismo anaerobio.

**-Compuestos orgánicos.** Como los hidrocarburos (HC), constituyen un grupo de contaminantes muy abundantes, destacan como contaminantes los que poseen entre 1 y 4 átomos de carbono ya que son gases a temperatura ambiente. Su origen antropogénico radica en las industrias petrolíferas, las plantas de tratamiento de gas natural y los vehículos.

Destaca el metano ( $\text{CH}_4$ ) cuyo origen natural es la descomposición anaerobia bacteriana en zonas húmedas y las fermentaciones en el intestino de seres vivos como los rumiantes.

**-Óxidos de nitrógeno.** Tienen su origen en algunos procesos naturales (descargas eléctricas en tormentas, erupciones volcánicas, acción bacteriana del suelo) y en actividades humanas que implican el uso de combustibles fósiles (calefacciones, centrales térmicas). El NO y el  $\text{NO}_2$ , son gases tóxicos a t<sup>a</sup> ambiente. El NO es incoloro y procede de la combustión incompleta del  $\text{N}_2$  en los motores; el  $\text{NO}_2$  es pardo-rojizo con un olor asfíxante y procede de la oxidación del NO natural.

El  $\text{N}_2\text{O}$  es un gas incoloro, de olor y sabor dulce, soluble en agua, alcohol y benceno, que procede de los procesos de desnitrificación del suelo y océanos, y de las combustiones y empleo de fertilizantes.

**-Óxidos de carbono.** Como el CO y el  $\text{CO}_2$ . El CO es el más abundante en la atmósfera próxima a las ciudades, es un gas incoloro, inodoro, insípido, inflamable y tóxico, producidos (el 10%) por combustiones incompletas de elementos que contienen carbono (gasolinas y gasóleos), el resto por reacciones naturales.

El  $\text{CO}_2$ , es un gas incoloro, inodoro, no tóxico, nutriente esencial de las plantas, regulador de la temperatura y del clima de la Tierra. Es un componente natural en la atmósfera, pero si aumenta su concentración a causa de las actividades humanas en los procesos de combustión de combustibles fósiles, incrementa el efecto invernadero natural, lo que lleva a modificaciones importantes en el clima terrestre.

**-Compuestos halogenados y derivados.** Son sustancias que contienen cloro y fluor en su molécula. Destacan como contaminantes el cloro ( $\text{Cl}_2$ ), el cloruro de hidrógeno ( $\text{HCl}$ ) y el fluoruro de hidrógeno ( $\text{HF}$ ), y entre los derivados los clorofluorocarbonos (CFC).

El fluor se encuentra en la atmósfera como un gas en bajas concentraciones, posee origen



marino y en emisiones de industrias fertilizantes.

El cloro se encuentra como gas, es muy tóxico y provoca irritaciones de mucosas de las vías respiratorias. Se encuentra sobretodo en los gases expulsados de los motores.

El HF y derivados son sustancias corrosivas provocadas por la actividad de la industria del aluminio, fertilizantes, vidrio y cerámicas.

Los CFC son gases estables, no tóxicos, empleados en aerosoles, refrigerantes y frigoríficos.

**-Metales pesados.** Son elementos de masa atómica y densidad elevadas, presentes en la atmósfera como partículas y en pequeñas concentraciones. Se consideran muy peligrosos, puesto que no se degradan ni química ni biológicamente, por lo que se acumulan en las cadenas alimentarias. Entre los más nocivos se encuentran el plomo, el cadmio y el mercurio.

El plomo procede casi todo de la combustión de gasolinas que lo emplean como antidetonante y lubricante.

El cadmio procede de actividades mineras del carbón y el cinc.

El mercurio es empleado en la minería del carbón y en actividades agrícolas.

**-Olores.** Se definen como estímulos captados por el sentido del olfato, producido por sustancias diversas en el aire. Se considera contaminante cuando provoca malestar en la población. El H<sub>2</sub>S, por su olor a huevos podridos puede resultar muy molesto.

## **B. Contaminantes secundarios.**

Se originan a partir de los primarios a partir de reacciones químicas que suceden en la atmósfera, formando otros compuestos por transformación de los ya existentes. Los más importantes son el SO<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, O<sub>3</sub> (ozono troposférico) y los PAN (nitratos de peroxiacilo).

Los contaminantes secundarios no provienen directamente de los focos emisores:

-El SO<sub>3</sub>, formado a partir del SO<sub>2</sub>, es un gas incoloro que se condensa rápidamente y reacciona con el agua para pasar a H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, contaminante secundario responsable de la lluvia ácida, junto con el HNO<sub>3</sub>.

-El NO<sub>3</sub> procede de la oxidación del NO<sub>2</sub> por el O<sub>3</sub>, y posee un papel destacado en la formación del smog fotoquímico.

-Los PAN se originan en el transcurso de reacciones fotoquímicas a partir de los hidrocarburos.

-El ozono troposférico es un gas con fuerte poder oxidante. De forma natural procede de intrusiones estratosféricas, erupciones volcánicas, descargas de tormentas, y por la actividad humana se debe a las reacciones fotoquímicas de NO<sub>2</sub> y HC, generados por el tráfico. Es por tanto un componente del denominado smog fotoquímico y a su vez participa en la formación de gran variedad de contaminantes secundarios.

## **I.2.2. Formas de energía.**

Las formas de energía constituyen el segundo gran grupo de contaminantes y se dividen a su vez en tres tipos: las radiaciones ionizantes, las radiaciones no ionizantes y el ruido.

### **1. Radiaciones ionizantes.**

Son una serie de partículas u ondas electromagnéticas que pueden ionizar átomos o moléculas de la materia sobre la que actúan directamente, alterando el equilibrio químico de su estructura y sus funciones. Estas radiaciones, de gran incidencia en el hombre y en la atmósfera, se clasifican en cuatro tipos: radiaciones alfa, beta, gamma y rayos X.

Las radiaciones alfa y beta son partículas cargadas eléctricamente y se diferencian entre

sí por su poder de penetración en la materia: las alfa poseen un poder de penetración menor (una delgada hoja de papel las detiene), mientras que las betas tiene un poder mayor (necesitan al menos una lámina de aluminio para ser retenidas). Los rayos X y las radiaciones gamma, al ser ondas electromagnéticas, poseen un alto poder de penetración (decímetros para rayos X y metros para radiaciones gamma), por tanto sus efectos sobre los seres vivos son mayores.

El origen natural de estas radiaciones se encuentra en los procesos de transformación de los materiales radiactivos de la corteza terrestre y en las radiaciones cósmicas. Ciertas actividades médicas de tratamiento y exploración (rayos X, gammagrafías ...), escapes en centrales nucleares y actividades de investigación, que emplean isótopos radioactivos, son fuentes de estas radiaciones.

Cuando las radiaciones ionizantes alcanzan a los seres vivos y son absorbidas por ellos, pueden afectar a los procesos biológicos y provocar malformaciones genéticas, cáncer, etc., pero también cabe destacar el uso que bajo control se hace de ellas para combatirlas. El grado de los efectos provocados está en función de la energía absorbida, el tipo de radiación, tiempo de exposición y la parte del organismo afectada.

## 2. Radiaciones no ionizantes.

Son aquellas que no modifican la estructura de la materia al no provocar ionización en los átomos. Tienen su origen natural en el Sol y en la superficie de la Tierra y su origen antropogénico en los cables de fluido eléctrico y aparatos eléctricos.

Son las radiaciones ultravioletas (producidas por el Sol, lámparas bronceadoras, lámparas fluorescentes, ...), radiaciones infrarrojas (generadas por cuerpos incandescentes, la Tierra, ondas de radio y televisión) y microondas (radares, hornos, ...).

Los efectos que provocan dependen de la intensidad del campo electromagnético generado y del tiempo de exposición a las mismas, y pueden ser alteraciones del sistema nervioso (estrés, ansiedad, cefaleas, insomnio ...) o trastornos hormonales e inmunológicos.

## 3. El ruido.

Se puede definir como un sonido inarticulado, confuso, más o menos fuerte y siempre desagradable para el que lo percibe, que puede producir efectos fisiológicos y psicológicos no deseados sobre las personas.

Según la OMS las principales fuentes de ruido son:

- La industria.
- Los medios de transporte.
- Construcción de edificios y obras públicas.
- Actividades en el interior de edificios.
- Actividades relacionadas con el ocio y el tiempo libre (cafeterías, discotecas).

Tiene efectos como:

- Alteraciones fisiológicas como la pérdida de audición, a partir de 90 dB(A) se produce un aumento de la frecuencia respiratoria, en el aparato digestivo náuseas, vómitos, pérdida de apetito, úlceras, disminución de la secreción salivar, en el sistema endocrino aumento de la secreción de adrenalina, y además altera el órgano del equilibrio.
- Alteraciones psíquicas, influyendo en el estado de ánimo del receptor (irritabilidad, estrés)

### 1.3. Efectos de la contaminación del aire.



A continuación describimos los efectos producidos por la contaminación del aire según su radio de influencia.

### A. Efectos locales. Formación de nieblas contaminantes. Smog.

Los efectos locales más importantes son por un lado los ocasionados por cada uno de los contaminantes y por otro la formación de nieblas contaminantes o smog.

1. Los efectos producidos por la presencia de cada uno de los contaminantes suponen riesgos para los vegetales, las personas y los materiales, que se ven en la tabla siguiente:

Tipo de contaminante	Salud	Vegetación	Materiales
Partículas	-Irritación de las membranas internas en las vías respiratorias. -Disminución de la capacidad respiratoria.	-Obstrucción de los estomas. -Reducción de la fotosíntesis. -Necrosis y caída de las hojas.	-Erosión por abrasión en edificios. -Deposición sobre edificios.
Compuestos de azufre: SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> S.	-El SO <sub>2</sub> produce irritación en las mucosas y en los ojos. -El H <sub>2</sub> S produce malos olores.	-El SO <sub>2</sub> produce pérdida de color en las hojas (clorosis) y necrosis. -Reduce el crecimiento y rendimiento de vegetales.	-El SO <sub>2</sub> en la caliza provoca su demolición. En el papel causa su amarilleo y en el cuero pérdida de flexibilidad y resistencia. En los metales provoca corrosión.
Compuestos orgánicos: Hidrocarburos COV PCB Dioxinas y Furanos.	-Producen irritación de ojos y vías respiratorias. -PCB y dioxinas alteran el sistema reproductor. -Dioxinas y furanos poseen efectos cancerígenos y mutagénicos.		
Óxidos de nitrógeno: NO <sub>2</sub> NO N <sub>2</sub> O	-El NO produce enfermedades de las vías respiratorias y agravamiento de procesos asmáticos. Es tóxico para algunas especies. -Irritaciones oculares, de garganta, cefaleas.	-El NO <sub>2</sub> anula el crecimiento de algunos vegetales (tomates, judías, etc)	-El NO <sub>2</sub> produce pérdida de color en los tejidos de la ropa.
Óxidos de carbono: CO <sub>2</sub> , CO.	-El CO es tóxico ya que interfiere en el transporte de oxígeno a las células.		
Compuestos halogenados: Cl <sub>2</sub> , HCl, HF, CFC	-El cloro es tóxico y provoca irritación en las mucosas. -El HF se acumula en los huesos.	-El HF se acumula en la hierba, pasando al resto de las cadenas tróficas. -El HF provoca pérdida de color en las hojas.	
Metales pesados	-El plomo produce insuficiencia respiratoria, saturnismo, alteraciones neurológicas y renales. -El cadmio ocasiona problemas respiratorios y cardiovasculares. -El mercurio, daños en el sistema nervioso central y riñones.		
Oxidantes fotoquímicos: ozono	-Por su alta capacidad oxidante, provoca irritaciones en nariz y garganta; asimismo produce fatiga y falta de coordinación.	-El O <sub>3</sub> y los PAN producen manchas blancas en la vegetación.	-Producen desintegración del caucho y corrosión de metales.
Aldehídos	-Irritación de mucosas oculares.		

2.-La formación de nieblas contaminantes o smog (smoke= humo y fog =niebla) es otra de las manifestaciones típicas de la contaminación urbana. Se consideran dos tipos de smog: el

El smog clásico o sulfuroso se conoció y estudió a partir del grave proceso de contaminación sufrido en Londres en 1.952, en el que murieron 4.000 personas. Tiene su origen en la elevada concentración en núcleos urbanos de partículas en suspensión (hollines, humos), SO<sub>2</sub> (de vehículos, calefacciones e industrias) y su combinación con nieblas en situaciones en que la atmósfera posee una elevada humedad y sin vientos. Es una neblina de color pardo-gris sobre la ciudad que produce alteraciones respiratorias y agrava los procesos asmáticos.

El smog fotoquímico tiene su origen en la presencia en la atmósfera de oxidantes fotoquímicos (O<sub>3</sub>, PAN, aldehídos) consecuencia de las reacciones de óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y oxígeno con la energía proveniente de la radiación solar ultravioleta. Este proceso se favorece con situaciones anticiclónicas, fuerte insolación y vientos débiles. Provoca irritación ocular, daños en la vegetación y materiales como cuero y fibras sintéticas.

## B. Efectos regionales. Lluvia ácida.

Este nombre hace referencia al retorno a la Tierra de los óxidos de S y N descargados a la atmósfera, en forma de ácidos disueltos en las gotas de lluvia, pero también en forma de nevadas, nieblas y rocíos.

Los efectos de la lluvia ácida se manifiestan en la corrosión de metales y descomposición de materiales de construcción, la destrucción de ecosistemas naturales por acidificación de suelo y aguas, la destrucción de masas forestales y la desaparición de especies animales en ecosistemas acuáticos.

## C. Efectos globales. Cambio climático. Agujero de la capa de ozono.

Se consideran efectos globales los que abarcan la totalidad del planeta y que sólo pueden mitigarse si se actúa sobre su origen. Se incluyen entre estos efectos:

- El cambio climático producido por la acumulación en la atmósfera de gases de efecto invernadero que provocan un aumento de la temperatura media terrestre. *0,7 °C en últimos 10 años y esta es la tendencia*
- El agujero en la capa de ozono, con incidencia en el aumento del cáncer de piel y fuertes cegueras en los ovinos.

## 1.4. Procesos de depuración de contaminantes del aire.

Estos procesos de depuración se pueden clasificar en función del proceso físico-químico utilizado en:

1. Procesos de concentración y retención de partículas.- Mediante separadores de gravedad, filtros de tejido, precipitadores electrostáticos, y los absorbedores húmedos. Estos métodos tienen el inconveniente de transferir la contaminación de un medio a otro.

2. Procesos de absorción.- Se hace circular en contracorriente con el gas, un líquido capaz de disolver el agente que se desea separar. Suele realizarse en una columna rellena de diferentes materiales cuyo fin es aumentar la superficie de contacto entre el gas y el líquido.

Una vez realizada se plantea el problema de la desorción de los compuestos nocivos, pero si no se realiza el proceso se limita como antes en un cambio de lugar de los contaminantes que pasan del medio gaseoso al líquido. Estas operaciones adicionales complican el sistema.

3. Procesos de resorción (en ellos el material utilizado para limpiar, incluyen en él las sustancias a eliminar).- Emplean un sólido con alta capacidad de adsorción (absorción superficial) para

retener selectivamente los gases que se desean eliminar. Los principales sistemas son:

3.1. Adsorbedor contracorriente: el gas reacciona con carbón activo en un lecho fijo, realizándose el contacto a contracorriente. Cuando el sólido se satura de gas se sustituye.

3.2. Reactor de transporte: en una mezcla de carbón activo y caliza se inyecta al gas siendo transportado por un reactor a una  $t^a$  de 100-120°C. Las dioxinas quedan absorbidas sobre el carbón activo, siendo ambos retenidos en un filtro.

3.3. Lecho fluido circulante: intermedio entre los dos anteriores. El gas se mezcla con el carbón activo y material inerte (tierra, caliza) similar al del reactor, pero con una mayor concentración de carbón activo. La separación de los contaminantes del flujo gaseoso se realiza junto con el carbón activo mediante un filtro.

4. Procesos de combustión. Procesos de eliminación de compuestos orgánicos, muy apropiado por la transformación de estos en  $CO_2$  y vapor de agua. Los principales sistemas son:

4.1. Antorchas: pueden usarse cuando la concentración de contaminantes está dentro de los límites de inflamabilidad. Se emplea en refinerías y plantas petroquímicas.

4.2. Quemadores postcombustión: son hornos que se hallan a temperaturas elevadas por los que pasan los gases a tratar, para que tenga lugar la combustión de los compuestos orgánicos a eliminar, se utiliza para concentraciones no inflamables a temperatura normal, en ellos se consume energía al calentar el horno que se puede disminuir usando catalizadores como en el siguiente caso.

4.3. Sistemas de combustión catalítica: horno o reactor de forma tubular en el que se coloca el sólido que actúa como catalizador, de forma que los compuestos contaminantes se adsorben en la superficie del catalizador, produciéndose la combustión a una temperatura mucho menor que en el caso anterior, ya que el catalizador provoca una disminución de la energía de activación del proceso de combustión.

Para facilitar la comprensión de este sistema procede explicar lo que es un catalizador: son sustancias que disminuyen la energía necesaria para que se produzcan en cada caso las reacciones requeridas, y que al final permanecen inalteradas.

5. Procesos de reducción: se usan cuando el compuesto a eliminar puede transformarse en compuestos no tóxicos por reacción con un agente reductor que provoca una pérdida de oxígeno, como por ejemplo los óxidos de nitrógeno.

5.1. Reducción no catalítica: consiste en inyectar en la corriente gaseosa un gas reductor, provocando su reacción con los agentes contaminantes. Para ello los gases deben encontrarse a una  $t^a$  relativamente alta, siendo necesario el aporte energético correspondiente.

5.2. Reducción catalítica: son semejantes en su composición a los de combustión catalítica (4.3), siendo las diferencias fundamentales el tipo de catalizador y la necesidad de inyectar previamente el gas reductor para que reaccione con el compuesto contaminante.

## II. CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS.

Las actividades realizadas por el hombre introducen graves modificaciones en los ríos





de agua dentro de su ciclo que le hacen perder su calidad natural y por tanto la disminución del agua como recurso.

Las características que presenta el agua (alto poder disolvente, capacidad termorreguladora y de absorción de determinadas radiaciones, etc), hacen de ella el vehículo más natural de eliminación de residuos generados por la acción humana.

La Organización Mundial de la Salud afirma que el agua está contaminada cuando su composición está alterada de modo que no conserva las propiedades que le corresponden a su estado natural.

## II.1. Tipos de contaminación.

Según su origen podemos distinguir los siguientes tipos de contaminación:

- Contaminación natural - Que consiste en la presencia de determinadas sustancias en el agua sin que intervenga la acción humana: partículas sólidas y gases atmosféricos arrastrados por las aguas de lluvia y deshielos, pólenes, esporas, hojas etc. Casi todos estos residuos son eliminados por la capacidad autodepuradora del agua mediante procesos químicos y biológicos.

- Contaminación de origen urbano - Resultado de las aguas residuales de viviendas y comercios.

- Contaminación de origen agrícola y ganadero - Derivada del uso de plaguicidas, pesticidas, biocidas, fertilizantes y abonos, y en explotaciones ganaderas por el vertido de restos orgánicos, algo que sucede en algunas industrias agroalimentarias.

- Contaminación de origen industrial - Son las que producen mayor impacto, por vertido de materia orgánica, metales pesados, incremento de pH y temperatura, radiactividad, aceites, grasas, etc. Entre las industrias más contaminantes se encuentran las petroquímicas, energéticas, papeleras, siderúrgicas, alimenticias, textiles, y mineras.

## II.2. Contaminantes del agua y sus efectos.

Según su naturaleza, los contaminantes del agua se pueden clasificar en físicos, químicos y biológicos.

Los contaminantes del agua son todas aquellas sustancias químicas, seres vivos o formas de energía que se encuentra en proporciones superiores a las consideradas normales.

a. Contaminantes físicos - Cuyos tipos, procedencia y efectos se recogen en la siguientes tabla:

Tipo	Procedencia	Efectos
<u>Temperatura</u> (aumento o disminución)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actividades industriales que emplean el agua como refrigerante (por ejemplo, las energéticas).</li> <li>- En embalses, el agua de las turbinas vertida al río posee una temperatura inferior.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Con aumento de 5 a 10°C se reduce la cantidad de oxígeno disuelto.</li> <li>- Desaparición de especies condicionadas a unos límites de temperatura.</li> <li>- Variación en los ciclos de crecimientos de algunas especies.</li> <li>- Reproducción anormal de algunas especies de agua fría, como la trucha o el salmón.</li> </ul>
<u>Partículas radiactivas</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Centrales nucleares, procedentes de los circuitos de refrigeración.</li> <li>- Residuos radiactivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acumulación en todos los ríos, embalses y fondos oceánicos.</li> <li>- Inhalación de radón que puede ocasionar cáncer de pulmón.</li> </ul>
<u>Sólidos en suspensión (MES)</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inorgánicos (lodos, arenas finas y gruesas, gravas).</li> <li>- Orgánicos (restos de animales y vegetales).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aguas residuales domésticas e industriales.</li> <li>- Erosión del suelo.</li> <li>- Infiltraciones incontroladas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de turbidez que impide el paso de luz y afecta a la actividad fotosintética.</li> <li>- Alteraciones en las cadenas tróficas.</li> <li>- Dificultad en la movilidad y respiración de organismos acuáticos.</li> <li>- Modificación de las propiedades físicas del agua, olor, color, sabor (características organolépticas del agua).</li> </ul>

b. Contaminantes químicos - Son elementos y compuestos de naturaleza química variada, que alteran las propiedades del agua, y pueden ser orgánicos, inorgánicos y gases, según se observa

en la siguiente tabla:

Tipo	Procedencia	Efectos
<b>ORGÁNICOS</b> - Carbohidratos y proteínas. - Grasas animales y aceites. - Pesticidas. - Fenoles.	- Aguas residuales domésticas e industriales. - Actividades agrícolas. - Vertidos industriales.	- Olores - Variaciones de color. - Alteraciones en las cadenas tróficas.
<b>INORGÁNICOS</b> - Alcalinidad. - Sales (cloruros y carbonatos). - Metales pesados (Zn, Cd, Pb).	- Aguas domésticas e infiltración. - Agua de suministro, aguas residuales domésticas e intrusión marina. - Vertidos industriales. - Descomposición de restos animales y vegetales. - Vertidos agrícolas y ganaderos.	- Variaciones de pH, tóxico para las comunidades de peces. - Salinización. - Aumento dureza del agua. - Envenenamiento por Hg. - Bioacumulación en cadenas tróficas. - El Pb produce saturnismo.
- Nitrógeno y compuestos nitrogenados (nitritos y nitratos). - Fósforo y derivados. - Azufre. - pH.	- Aguas residuales domésticas. - Detergentes en aguas domésticas y aguas residuales agrícolas. - Aguas residuales domésticas e industriales. - Vertidos industriales.	- Eutrofización. - La ingesta de nitratos tóxicos para el ser humano. - Procesos de eutrofización - Purgante. - Acidificación del medio acuático.
<b>GASES</b> - Sulfuro de hidrógeno. - Metano	- Descomposición de aguas residuales domésticas.	- Variaciones en olor y sabor.

c.- Contaminantes biológicos. Como la materia orgánica que participa en los procesos de descomposición y microorganismos cuyo efecto es la producción y transmisión de enfermedades, como el tifus, disentería, cólera, etc

### II.3. Parámetros de la calidad del agua.

La calidad del agua se define en función del uso a que va a ser destinada (beber, riego, baño, etc), para ello se establecen una serie de caracteres o cualidades (olor, sabor, etc) o su relación respecto a su estado natural.

Para medir la calidad del agua se emplean determinados parámetro e índices que nos permiten cuantificar el grado de alteración de sus características naturales, teniendo en cuenta su uso.

Estos parámetros se clasifican en físicos, químicos y biológicos:

1.- Parámetros físicos. Destaca entre ellos la transparencia o turbidez del agua, el color, el sabor y el olor.

2.- Parámetros químicos. Estos son los más útiles para determinar la calidad del agua, de entre todos ellos destacamos los siguientes:

a.- Presencia de iones bicarbonatos, cloruros, sulfatos, etc.

b.- El oxígeno disuelto (OD), necesario para el desarrollo de la vida acuática, y que se elimina al ser utilizado para la descomposición de la materia orgánica vertida.

c.- La demanda biológica de oxígeno (DBO), es una medida de la cantidad de oxígeno que los microorganismos necesitan para oxidar la materia orgánica. Normalmente se define como la



cantidad de  $O_2$  que los organismos necesitan para degradar la materia orgánica en un volumen de agua durante cinco días a una  $t^\circ$  de  $30^\circ C$ .

d.- La demanda química de oxígeno (DQO), se utiliza para calcular la cantidad de  $O_2$  necesario para la oxidación de los compuestos presentes en el agua sin la participación de los seres vivos.

e.- El COT es la medida del contenido total de carbono de los compuestos orgánicos.

f.- El pH mide la acidez y basicidad del medio. La actividad biológica normal en el agua se desarrolla en valores de pH entre 6-8.5.

g.- La dureza, expresada en concentración de  $CaCO_3$ , que además de problemas de salud (cálculos renales), provocan depósitos en tuberías, y más gastos de jabón y energía en procesos industriales. La OMS recomienda que el agua de bebida se mantenga entre unos límites de 100-500 mg/l de  $CaCO_3$ .

h.- El nitrógeno, ya que su presencia determina una contaminación reciente.

3.- Parámetros biológicos. Nos indican la cantidad de microorganismos que se encuentran en al agua: los virus, las bacteria coliformes, los hongos (responsables de olores y sabores del agua), las algas verde-azuladas (ocasionan problemas de turbidez, color, olor y sabor), y los protozoos (vehículos transmisores de enfermedades).

Los parámetros más utilizados son el OD, la DBO, la DQO, los sólidos disueltos y en suspensión, los compuestos de N, P, S y Cl, el pH, la dureza, la turbidez, los elementos tóxicos y los microorganismos patógenos.

En la actualidad se presta mucha atención a los denominados "indicadores biológicos de contaminación", es decir, determinadas especies cuya presencia es orientativa sobre niveles de contaminación.

## **II.4. Sistema de tratamiento y depuración de las aguas.**

### **II.4.a. Tratamiento del agua para consumo.**

El agua natural posee unas características físicas, químicas y biológicas que impiden su uso directo en la alimentación. La potabilización se realiza en las Estaciones de Tratamiento de Agua Potable (ETAP), y los procesos que se llevan a cabo son de dos tipos:

a.- Tratamiento global.- Que consiste en aplicar diferentes procesos físicos (como la decantación, filtrado y tamizado) que permiten separar las partículas presentes en el agua por su tamaño al sedimentar, y procesos químicos, como la coagulación y la floculación que emplean sales minerales, para formar agregados de partículas y su posterior precipitación.

b.- Tratamiento especial.- Como la desinfección que puede realizarse de dos formas:

-La cloración, por ser un poderoso oxidante y desinfectante (es barato y fácil de controlar), con el inconveniente de que aporta un sabor desagradable.

-El ozono.

-Las radiaciones ultravioletas.

-Cloraminas, para estaciones alejadas de las zonas de consumo ya que permanecen más tiempo en el agua que el cloro libre.

-Tratamientos de afine, como la neutralización reduce la acidez del agua empleando sosa o cal) y el ablandamiento para reducir la dureza del agua y evitar deposiciones calcáreas en la red.

### **II.4.b. Depuración de aguas residuales.**

Los sistemas de depuración de las aguas contaminadas o residuales, consisten en una serie de procedimientos que tratan de devolver al medio natural el agua, una vez empleada para

temario elaborado por: J. Javier Camilo Martínez y Faustino E. Alvarado Serrano  
diferentes usos, con unas características físicas, químicas y biológicas lo más parecidas a su estado natural o al menos que hagan posible que el receptor y sus mecanismos de autodepuración recuperen ese estado natural.

#### II.4.b.1. Sistemas de depuración natural o blanda. + barato

Los sistemas de depuración natural se basan en reproducir los procesos de autodepuración bajo condiciones especiales. Estos mecanismos requieren poca inversión y poco gasto de mantenimiento (ya que el gasto determina que en muchos casos no se utilice por las autoridades municipales ningún sistema de depuración), pues apenas emplean equipos mecánicos o eléctricos, y son adecuados para las aguas residuales de pequeños núcleos de población.

Entre los métodos más empleados destaca el lagunaje, que consiste en la depuración biológica de aguas residuales mediante la construcción de lagunas artificiales poco profundas, que se llenan con el agua a depurar. Esta permanece allí durante meses, donde se produce la sedimentación de materiales sólidos en suspensión y una degradación de la materia orgánica por vía aerobia o anaerobia. El tiempo y la acción de estos microorganismos lleva a una depuración del agua contaminada.

Existen tres tipos de lagunas:

- Lagunas aerobias: estanques poco profundos que facilitan procesos de descomposición aerobia.
- Lagunas anaerobias: estanques profundos y poco extensos para crear condiciones de anoxia, para la descomposición anaerobia.
- Lagunas facultativas: que combinan ambos procesos.

#### II.4.b.2. Sistemas de depuración tecnológica o dura.

La depuración tecnológica se realiza por medio de un conjunto de mecanismos existentes en las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) en las que se utilizan una serie de procesos físicos, químicos y biológicos, combinados o aislados, con el fin de conseguir una concentración o transformación de los contaminantes presentes en el agua residual, de forma que estos puedan ser eliminados o reducidos, y se devuelvan el agua al receptor con alteraciones mínimas.

Estos sistemas requieren grandes inversiones en instalaciones, equipos y energía, de ahí que existan dificultades en su aplicación, la ventaja con respecto al sistema anterior es la mayor rapidez y el mayor volumen de depuración.

Aunque no todas las instalaciones son iguales, dependiendo del tipo y volumen de vertido, en general se distinguen los siguientes elementos que después se desarrollarán:

- a.- La línea de agua. Es el camino que recorre el agua residual desde su llegada a la instalación, pasando por distintos tratamientos, hasta su vertido final al receptor.
- b.- La línea de fangos, lodos y biosólidos. Resulta de concentrar los contaminantes presentes, que siguen un recorrido distinto dentro de la depuradora y tiene otros tratamientos.
- c.- La línea de gas. Está formada por el proceso a que es sometido el biogás generado en el tratamiento de lodos o de fangos.

##### A. Línea de agua.

Los tratamientos que constituyen la línea de agua son:





**1. Pretratamiento.** Es la separación de sólidos en suspensión o flotantes de gran tamaño y densidad (trapos, palos, hojas, plásticos, cuerpos de gran volumen, arenas, piedras y ciertas grasas), que llegan al colector de entrada de la estación depuradora y cuya presencia podría ocasionar grandes alteraciones en conducciones y bombas de la instalación o impedir otras fases del tratamiento. Para ello se realizan los siguientes procesos:

**-Desbaste o retención.** A través de rejillas gruesas o finas de los materiales más voluminosos. Posteriormente, y mediante una cinta transportadora, se depositan en contenedores para su transporte a vertederos municipales o incineradoras.

**-Desarenado** o sistema de circulación del agua en cámaras a velocidades controladas para provocar el depósito en arenas en el fondo y su posterior extracción y eliminación. Para evitar malos olores se procede a inyectar aire en este proceso.

**-Desengrasado** o eliminación de grasas, aceites y otros materiales flotantes como pelos o fibras. Se lleva a cabo mediante procesos similares al caso anterior, por lo que al controlar la velocidad del agua, las grasas menos densas, se quedan en la superficie. Además la inyección de aire (aireación) facilita aún más la permanencia en superficie de los materiales antes citados, que son retirados con dispositivos de recogida superficial. Ambos procesos, desarenado y desengrasado, se suelen realizar juntos.

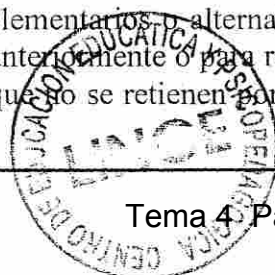
**2. Tratamiento primario.** Consiste en la separación de sólidos en suspensión y material flotante que no han sido retenidos en el pretratamiento. En primer lugar se produce la decantación en los denominados decantadores primarios, que son tanques de forma circular o rectangular, con mecanismos de arrastre y extracción de grasas y fangos. Después se completa con procesos de floculación mediante el empleo de productos químicos (iones, sales metálicas, etc) que se combinan con los sólidos en suspensión, formando agregados de mayor tamaño, lo que facilita su flotación. Finalmente, existen procesos de neutralización o ajuste de pH que permiten los tratamientos posteriores.

**3. Tratamiento secundario.** Es un conjunto de procesos biológicos complementados con un sistema de decantación secundario cuya finalidad es eliminar la materia orgánica presente en el agua residual.

Uno de los procesos biológicos más empleado es el de fangos activos, que consiste en colocar el agua residual en depósitos de grandes dimensiones bajo condiciones aerobias, de modo que las bacterias presentes en el agua o las que se añadan para agilizar el mecanismo, degraden la materia mediante procesos de oxidación. Para ello se necesita un aporte de oxígeno que se realiza mediante turbinas o difusores. Esto da lugar al crecimiento de microorganismos (bacterias, hongos, etc), que forman, junto con los restos de materia orgánica, una masa de lodos que son eliminados por un sistema de decantación secundaria. Para que todo este procedimiento se desarrolle con normalidad es necesario que se controle la cantidad de  $O_2$  presente en los depósitos, la temperatura, el pH y las sustancias tóxicas que se puedan generar o introducir.

En los lechos bacterianos, los depósitos contienen una extensa masa de material inerte (áridos) donde se adhieren los microorganismos, formando una biopelícula, sobre la cual, y en forma de lluvia, se deja caer el agua residual. Los microorganismos irán degradando y estabilizando la materia orgánica.

**4. Tratamiento terciario.** Son métodos avanzados, complementarios o alternativos, realizados para extraer materia orgánica suplementaria no eliminada anteriormente o para reducir nutrientes como N, P y sus compuestos: sales inorgánicas disueltas que no se retienen por los procesos de





sólidos, procedentes de la actividad humana así como las medidas encaminadas a minimizar los impactos y las alteraciones que estos producen sobre el medio ambiente, los ecosistemas y el ser humano.

La actuación más extendida en materia de residuos ha sido y sigue siendo la de situarlos en vertederos controlados o la de incinerarlos, pero en la actualidad la tendencia es la de aplicar la **regla de las tres erres**: reducir su producción, reutilizar todos los posibles y reciclarlos en lo que sea posible. No obstante para aplicar estas medidas es fundamental la recogida selectiva de residuos, procediendo previamente a una separación selectiva de los residuos en el propio domicilio de los ciudadanos y depositándose en contenedores específicos para cada tipo de residuos.

### **III.1. Concepto de residuo.**

El concepto de residuo es definido como todo material resultante de un proceso de fabricación, transformación, consumo o limpieza, cuando se destina al abandono.

Otra definición es la de que residuos son los productos de desecho generados en actividades de producción y consumo que no poseen valor económico por la falta de tecnología adecuada que permita su aprovechamiento o por la inexistencia de un mercado para los posibles productos a recuperar.

### **III.2. Tipos de residuos.**

Al hablar de residuos sólidos se piensa en las basuras domésticas, pero la procedencia de estos es muy variada, y para clasificarlos se emplean criterios basados en sus características, en los materiales que los componen, en los tratamientos a aplicar y sobre todo a su procedencia.

#### **III.2.a. Residuos sólidos urbanos (RSU).**

Los residuos sólidos urbanos, son los generados por las actividades desarrolladas en los núcleos urbanos y sus zonas de influencia:

- Residuos domiciliarios.- Por las actividades domésticas, incluyéndose aquí algunos como muebles, electrodomésticos o coches.
- Residuos comerciales y de servicios.- Generados en oficinas, etc.
- Residuos producidos por la limpieza de calles, zonas verdes y mercados.
- Residuos de construcciones, demoliciones y otras obras (escombros).

Los efectos más comunes que provocan los RSU son los siguientes:

- Olores desagradables
- Riesgos para la salud, pues favorecen la proliferación de ratas, etc, que son portadores de enfermedades.
- Contaminación del suelo y de aguas superficiales o subterráneas, cuando el agua de lluvia arrastra las sustancias.
- Contaminación del aire por combustiones controladas e incontroladas.
- Degradación del paisaje.

#### **III.2.b. Residuos sanitarios.**

Este tipo de residuos, son generados en hospitales, clínicas, etc, y pueden clasificarse

(descartando los asimilables a cualquier actividad doméstica y sin riesgo de contaminación biológica) en:

- Residuos biosanitarios peligrosos que poseen en su composición agentes infecciosos.
- Residuos químico-sanitarios peligrosos, que contienen sustancias químicas con capacidad de contaminación ambiental o humana.
- Residuos radiactivos de baja o de media actividad, como los líquidos o sólidos que proceden de departamentos de medicina nuclear (rayos X, radioterapia).

### **III.2.c. Residuos industriales.** (+ 12 p)

Los residuos industriales son materiales inertes o asimilables a residuos urbanos y también son sustancias tóxicas, peligrosas o radiactivas, generadas por la actividad industrial. Los inertes presentan características y tratamientos similares a los domésticos, sin embargo merecen especial atención los tóxicos, peligrosos y radiactivos.

Los residuos tóxicos y peligrosos (RTP) se definen como aquellos que contienen determinadas sustancias o materias (arsénico, cadmio, biocidas y otros compuestos) en cantidades que suponen un riesgo tanto para la salud humana como para los recursos naturales y el medio ambiente.

El origen de los RTP se encuentra en los propios procesos industriales o en la formación de subproductos, como reactivos agotados, equipos contaminados o productos abandonados. Entre los efectos que pueden ocasionar, destacan las alteraciones sobre la salud por ingestión o inhalación, daños físicos por contacto y además riesgo de incendio, además de contaminar el suelo y las aguas superficiales y subterráneas.

En su tratamiento se utilizan varios métodos, entre ellos:

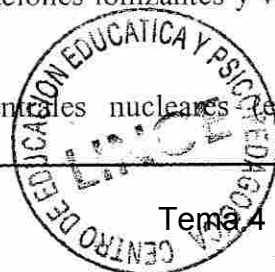
- a. Tratamientos químicos.- Que transforman las sustancias nocivas en otras menos peligrosas, mediante la neutralización en reacciones de oxidación-reducción o ácido-base aplicadas a los residuos que contienen sustancias disueltas o en suspensión (aceites, baños metálicos, etc), o también mediante mecanismos de precipitación que nos permiten transformar en sólidos insolubles los materiales disueltos, y así facilitar su eliminación por sedimentación o filtración.
- b. Tratamientos físico-químicos.- Que separan o aíslan los productos peligrosos del resto. Se emplean para ello, procesos de osmosis inversa, destilación, absorción por calor, electrodiálisis, extracción con disolventes, etc.
- c. Tratamientos térmicos.- Que utilizan elevadas temperaturas para la combustión, gasificación y cristalización de los residuos peligrosos.
- d. Aislamiento en depósitos de seguridad.- Que son vertederos localizados en terrenos geológicos seguros y sometidos a un control sanitario. Sus características son muy similares a las requeridas para los vertederos controlados.

### **III.2.d. Residuos radiactivos.** (+ 10 p)

Se considera residuo radiactivo (RR) a todo material o producto de desecho que contiene o está contaminado con nucleidos radiactivos en concentraciones o niveles de actividad superiores a los establecidos por las autoridades competentes y para los que no se prevé ningún uso.

Estos productos poseen la propiedad de emitir radiaciones ionizantes y van perdiendo la actividad de forma progresiva y con el paso del tiempo.

Las fuentes de residuos radiactivos son las centrales nucleares y los procesos de



temario elaborado por: Dr. Javier Camilo Martínez y Faustino E. Amaro Cerrano  
producción de energía eléctrica o en su desmantelación), la industria, los hospitales y la investigación, que emplean isótopos radiactivos en sus actividades.

Los efectos que producen los residuos radiactivos, están relacionados con las alteraciones de la salud por las radiaciones ionizantes, con la contaminación marina por el vertido de los mismos, con la contaminación del suelo y con la gestión de dichos residuos.

### **III.2.e. Residuos agrícolas, forestales y ganaderos.**

Entre los residuos agrícolas y ganaderos (o agropecuarios) destacan los plaguicidas, los abonos, los insecticidas, los restos agrícolas, los purines y los excrementos de los animales. Son muy abundantes y están dispersos, por lo que son de difícil control y son una de las principales fuentes de contaminación del suelo y de las aguas.

En cuanto a los residuos forestales, los principales son ramas, cortezas, raíces, ... Son residuos con alto contenido en materia orgánica y poseen nutrientes importantes como el nitrógeno, potasio, fósforo y oligoelementos, por lo que se utilizan como abonos o compost. Se emplean también como biomasa. Su control es necesario para evitar la contaminación del suelo y las aguas, y evitar el riesgo de incendios.

### **III.3. La gestión de los residuos.**

La gestión de los residuos debe contemplar las técnicas de eliminación, los tratamientos de los residuos generados y el almacenamiento de los residuos especiales en lugares adecuados y seguros.

#### **III.3.a. Disminución de residuos.**

Es fundamental procurar la minimación de residuos mediante:

- a. Reducción en origen.- Persigue un uso más racional de materias primas y energías.
- b. Reducción de volumen.- Consiste por una parte en la separación de residuos en origen, con el fin de disminuir su volumen y disminuir el coste en su eliminación, ya que algunos recursos se pueden recuperar y reutilizar de nuevo, y por otra parte, consiste en la reducción física de volumen de los mismos, aplicando distintos tratamientos, como compactación, secado por calor, etc.
- c. Recuperación y reciclaje.- La recuperación de los residuos consiste en el empleo de los mismos, en procesos de fabricación distintos a los de su formación, en cambio el reciclaje consiste en su empleo para los mismos procesos en los que los residuos se han producido. Estas técnicas de recuperación y reciclaje son empleadas tanto en la industria como en la vida doméstica, ya que en las ciudades ya se procede a la recogida selectiva de algunos residuos, como cartón, vidrio, metales, pilas, etc.

#### **III.3.b. Transformación de residuos.**

Otra forma de aprovechamiento de los desechos, es la transformación de los componentes de los residuos con el fin de obtener energía o productos con otras aplicaciones.



Un ejemplo de ello es el compostaje, que consiste en la degradación biológica de la materia orgánica de los residuos mediante microorganismos que ya están en los residuos (bacterias, hongos), hasta formar un compuesto bioquímicamente estable, denominado compost, en un proceso que puede ser anaerobio o aerobio (más frecuente). El proceso aerobio es el siguiente:

1. Etapa de latencia y crecimiento.- Se inicia un crecimiento de microorganismos, y dura de 2 a 4 días.
2. Etapa termofila.- A una  $t^a$  de 50-70°C se desarrolla una gran actividad bacteriana que elimina gérmenes, larvas, etc, y estabiliza la materia orgánica. Puede durar desde una semana a dos meses.
3. Etapa de maduración.- Comienza la actividad de los hongos que continúan el proceso de descomposición.

El compost terminado, también conocido como humus, es un material heterogéneo de color negro o marrón oscuro con poco N y C, pero tiene P, Ca, Mg y Fe, y además posee propiedades herbicidas, y se emplea como sustituto de la turba para mejorar las propiedades del suelo, ya que procura la retención del agua e incrementa los procesos de nitrificación.

### **III.3.c. Eliminación de residuos.**

Los métodos de eliminación se aplican en el tratamiento de aquellos residuos que no son reciclados, ni transformados en otros productos. Los más importantes son los que vamos a ver a continuación.

#### **III.3.c.1. Vertederos controlados.**

Un vertedero es una instalación de eliminación destinada al depósito de residuos en la superficie o bajo el suelo. Es simple y barato pero presenta graves problemas ambientales ya que provocan alteraciones del paisaje, olores y contaminación de las aguas, y también problemas de salud (ratas, insectos, etc).

En la actualidad se utilizan los vertederos controlados, en los que se depositan de forma ordenada los residuos. Estos vertederos deben cumplir las siguientes condiciones:

- Condiciones geológicas y geomorfológicas.- Han de estar sobre suelos impermeables e inclinados, para recoger los líquidos lixiviados y transportarlos a balsas de recogida.
- Condiciones climatológicas.- En zonas de baja precipitación y elevada evapotranspiración, para reducir los lixiviados.
- Instalar puntos de salida de gases que se producen en los procesos de descomposición.
- Recubrimientos con capas de tierra en las que sea posible el crecimiento de vegetación.
- Accesos para el paso de vehículos y vallado que impidan el paso de personas y animales.

Las ventajas de este sistema de eliminación son unos costes bajos, y el inconveniente la necesidad de grandes superficies alejadas de núcleos urbanos y la producción de lixiviados aún después de que el vertedero sea clausurado.

#### **III.3.c.2. Incineración.**

La incineración consiste en la combustión controlada, que provoca una oxidación de C y H, presentes en la materia orgánica de los residuos, obteniéndose cenizas,  $CO_2$  y  $H_2O$ , además si en las basuras existen plásticos que contengan PVC, se producen dioxinas y furanos.

Con este mecanismo se consigue reducir el peso y el volumen de las basuras sólidas y se sigue el siguiente proceso:

- Recepción y preparación de residuos.
- Combustión en hornos rotatorios entre 900-1.200 °C, y extracción de cenizas y escorias.
- Depuración de gases y emisión a la atmósfera.
- Análisis y eliminación de escorias y cenizas, que pueden ser empleadas para rellenos en construcciones o depositadas en vertederos inertes.

Durante el proceso de incineración se produce gran liberación de energía que es posible recuperar para generar energía eléctrica.

Para reducir la formación de dioxinas y furanos es necesario bajar de manera brusca la temperatura en las fases de postcombustión, evitando su síntesis.

### **III.3.c.3. Almacenamiento de residuos radiactivos.**

Los residuos radiactivos no pueden ser eliminados mediante los procesos anteriores, por ello es necesario su almacenamiento en lugares especiales con el fin de aislarlos del medio el tiempo necesario para que la actividad radiactiva que contienen cese.

Los residuos de baja y media actividad se inmovilizan en depósitos de hormigón.

Los de alta actividad poseen dos tipos de emplazamientos:

- Uno temporal centralizado, con las piscinas situadas en las propias centrales.
- Un emplazamiento definitivo o depósito geológico, constituidos por formaciones geológicas profundas.

La gestión de estos residuos se realizan en España por ENRESA, que los realizan en el centro de almacenamiento de El Cabril (Córdoba), que recoge residuos de baja y media actividad.

20. LEGISLACION

