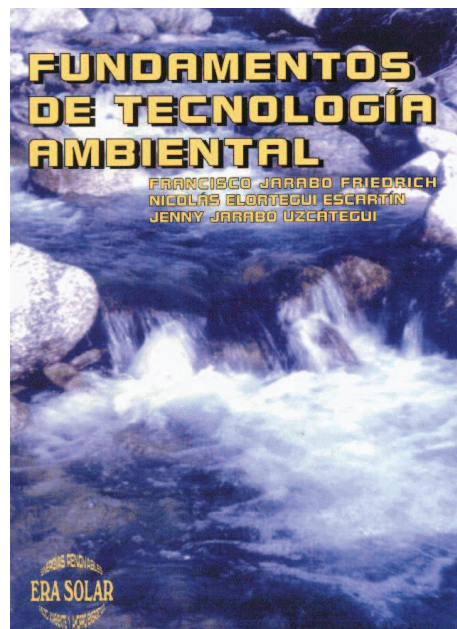


# Fundamentos de Tecnología Ambiental



## Esquemas



## **EL SER HUMANO Y SU ENTORNO**

Algunos conceptos básicos

El medio ambiente en la Historia

Concepciones ambientales

Relación entre medio ambiente y actividad humana

Gestión ambiental

## ALGUNOS CONCEPTOS BÁSICOS

- \* **Medio ambiente:** Conjunto de circunstancias físicas que rodean al ser humano como elemento de la Naturaleza.
- \* **Ecología:** Estudio de las relaciones existentes entre los seres vivos y el medio en que viven.
- \* **Impacto ambiental:** Huella que dejan las acciones humanas sobre el medio.
- \* **Contaminación (polución):** Influencia indeseable que se produce sobre el medio y que puede ocasionar daño o peligro.



## EL MEDIO AMBIENTE EN LA HISTORIA

El ser humano utiliza la Tierra hace miles de años:

- Usa el **suelo** practicando técnicas agrícolas hace 10.000 años
- Usa la **energía** hace 200 años

La Revolución Industrial (mediados del siglo XVIII) provoca transformaciones sociales que plantean problemas ambientales:

- Nuevos sistemas de transporte
- Emigración del campo a la ciudad

A mediados del siglo XX empiezan a tratarse los problemas ambientales debido a:

- Aglomeración de la población en las ciudades
- Aumento masivo de la producción a escala mundial
- Manifestación de la escasez de recursos naturales

Es necesario establecer modelos de desarrollo (ONU, Estocolmo, 1972), compatibles con:

- La conservación de medio
- La utilización de los recursos

La Naturaleza no ha sido capaz de regular:

- La alteración de los factores físicos
- La explotación incorrecta de los recursos naturales
- La generación de residuos a gran velocidad

**Objetivo:** evitar el deterioro ambiental actuando **antes** sobre las **causas** que **después** sobre los **efectos**

## CONCEPCIONES AMBIENTALES

### Naturalista:

- Preocupación centrada exclusivamente en el medio natural
- Visión muy compartimentada de su funcionamiento
- No se contemplan interacciones entre distintas especies, ni entre éstas y el medio físico
- , Repoblaciones masivas de árboles no autóctonos
- , Conservación a ultranza de especies animales en reservas orientadas a una sola especie

### Ecologismo naturalista:

- Se reconocen las relaciones entre los seres vivos de una forma descriptiva, sin desarrollarse modelos explicativos de esas relaciones
- Conservación del medio por exclusión de los seres humanos
- , Grandes parques naturales de gran diversidad de especies e interacciones

### Modelo natural-sociocultural:

- Integración de la especie humana en el medio, pero manteniendo la separación entre ambos
- , El medio urbano es una degradación que sería deseable corregir.

### Modelo sistémico:

- Se contempla el planeta como un todo relacionado en el que cualquier modificación de una de sus partes afectará a las demás
- El papel humano es activo: su interacción con el ambiente no sólo tiene que ser negativo
- Se pueden utilizar conocimientos y tecnología para estudiar, controlar y mejorar el medio
- , Explica el efecto invernadero, el agujero de ozono y los cambios climáticos



### *Aplicación del modelo sistémico: desarrollo de la tecnología ambiental*

- Z Establecer las relaciones entre todas las partes del planeta con el fin de lograr las mejores condiciones posibles para todos los que en él habitan
- Z El beneficio global exigirá siempre soluciones de compromiso, por lo que existirá polémica sobre la adecuación de las decisiones ambientales

## RELACIÓN ENTRE MEDIO AMBIENTE Y ACTIVIDAD HUMANA

El medio ambiente puede ser contemplado como:

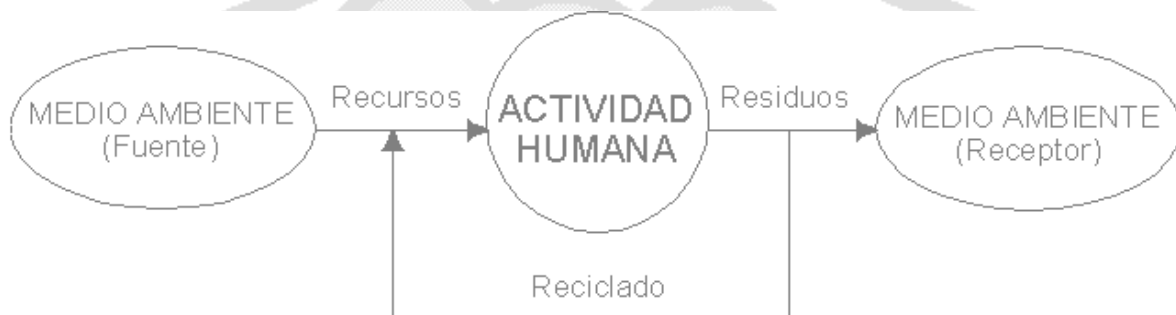
Ź **Fuente** de recursos naturales para la actividad humana

Ź **Receptor** de impactos debidos a la actividad humana

Principio de conservación: la cantidad de materiales devueltos al medio como residuos debe ser igual a la cantidad de materiales que el medio ambiente proporciona

Características de la relación:

- Los residuos no tienen que ser necesariamente contaminantes.
- La Naturaleza tiene una determinada capacidad de autorregulación.
- La relación se establece por **flujos** (cantidades por unidad de tiempo)



Características de los flujos:

- " Con un ritmo adecuado de utilización de los recursos, puede evitarse que la degradación del medio ambiente rebase ciertos límites
- " Un gran aumento de población de cualquier especie acelera los flujos y lleva a sobrepasar la capacidad de autorregulación de la Naturaleza
- " El estilo de vida humano, dependiente del "grado de civilización" tiene diferentes efectos ambientales

## GESTIÓN AMBIENTAL

Ha de vigilarse y protegerse el medio ambiente, administrando sus recursos  
Acciones encaminadas a lograr la máxima racionalidad en la protección del medio ambiente:

- ~ Valorar correctamente las consecuencias que cada acción pueda tener sobre el medio ambiente: **primero**, definir y cuantificar el problema
- ~ Encontrar soluciones tecnológicas para mitigar o anular estas consecuencias: **luego** poner en marcha los procesos diseñados con el fin de lograr la mejor resolución de dicho problema



El estudio de los problemas ambientales se abordará en función de los factores de impacto físico:

- „ Alteración de procesos naturales
- „ Contaminación atmosférica
- „ Contaminación de las aguas
- „ Residuos sólidos
- „ Ruido



# **ALTERACIÓN DE PROCESOS NATURALES**

La Tierra como sistema dinámico

La presencia humana

Impacto ambiental

Efectos ambientales globales

## LA TIERRA COMO SISTEMA DINÁMICO

Los procesos naturales cambian, pero el ser humano no los ha apreciado:

- En el espacio: capacidad de desplazamiento humana, limitada
- En el tiempo: vida humana, breve

Analizando los procesos naturales en su escala se ha logrado conocer:

- Aprender empíricamente
- Imposible modelar o predecir

Los fenómenos naturales moldean el planeta a muy baja velocidad

Los fenómenos destructivos causan secuelas a gran velocidad

La Naturaleza produce ambos fenómenos sin interacción humana: es la **dinámica del planeta**



## LA PRESENCIA HUMANA

El modelado del planeta con seres humanos como nuevos elementos es diferente. Históricamente el ser humano se ha sumado a los efectos destructivos naturales:

- Deforestación
- Pastoreo intensivo
- Monocultivos
- Explotación abusiva de acuíferos
- Caza y pesca excesivas
- Utilización de productos agroquímicos
- Secuelas de la extracción de minerales
- Urbanización de extensas zonas
- Construcción de vías de comunicación
- Modificación de vías fluviales
- Construcción de sistemas de transporte energético

En el futuro será necesario estudiar la interacción entre las actividades y el medio: **evaluación del impacto ambiental**

Escasa capacidad predictiva: imprecisión de la evaluación del impacto ambiental

## IMPACTO AMBIENTAL

**Impacto ambiental:** Alteración en el medio ambiente producida por una actividad  
La actividad de *cualquier* especie viviente tiene impacto ambiental

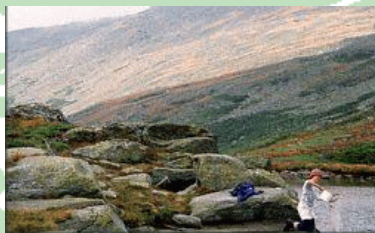
La evaluación consiste en identificar las causas y predecir, prevenir o evitar los efectos que pueda causar al entorno

La “*alteración*” es una valoración cualitativa que hay que cuantificar, y que es numéricamente compleja

Los estudios de impacto ambiental, a pesar de sus grandes limitaciones, son el único instrumento para introducir consideraciones ambientales en la planificación de actividades.

Las principales **acciones** que requieren evaluación de impacto ambiental, son:

- Extracción de minerales energéticos, metalíferos y no metalíferos
- Tratamiento de minerales
- Actividades manufactureras:
  - ~ Tratamiento de combustibles (coquerías, refinerías de petróleo)
  - ~ Industria metalúrgica (acero, metales no férreos)
  - ~ Transformación de metales (construcción naval, automovilística)
  - ~ Fabricación de productos minerales no metálicos (cemento, vidrio, yeso)
  - ~ Industria química (ácido sulfúrico, amoníaco)
  - ~ Industrias alimentaria y de bebidas (mataderos, conservas, cervecerías)
  - ~ Industrias textil y del cuero (tinte, curtido)
  - ~ Industrias de muebles de madera, papel y artes gráficas (celulosa, tintas)
- Proyectos agrícolas
- Almacenamiento y tratamiento de residuos
- Infraestructuras para el transporte y los servicios
- Proyectos urbanísticos



Los **factores ambientales** o componentes del medio susceptibles de ser perturbados, son:

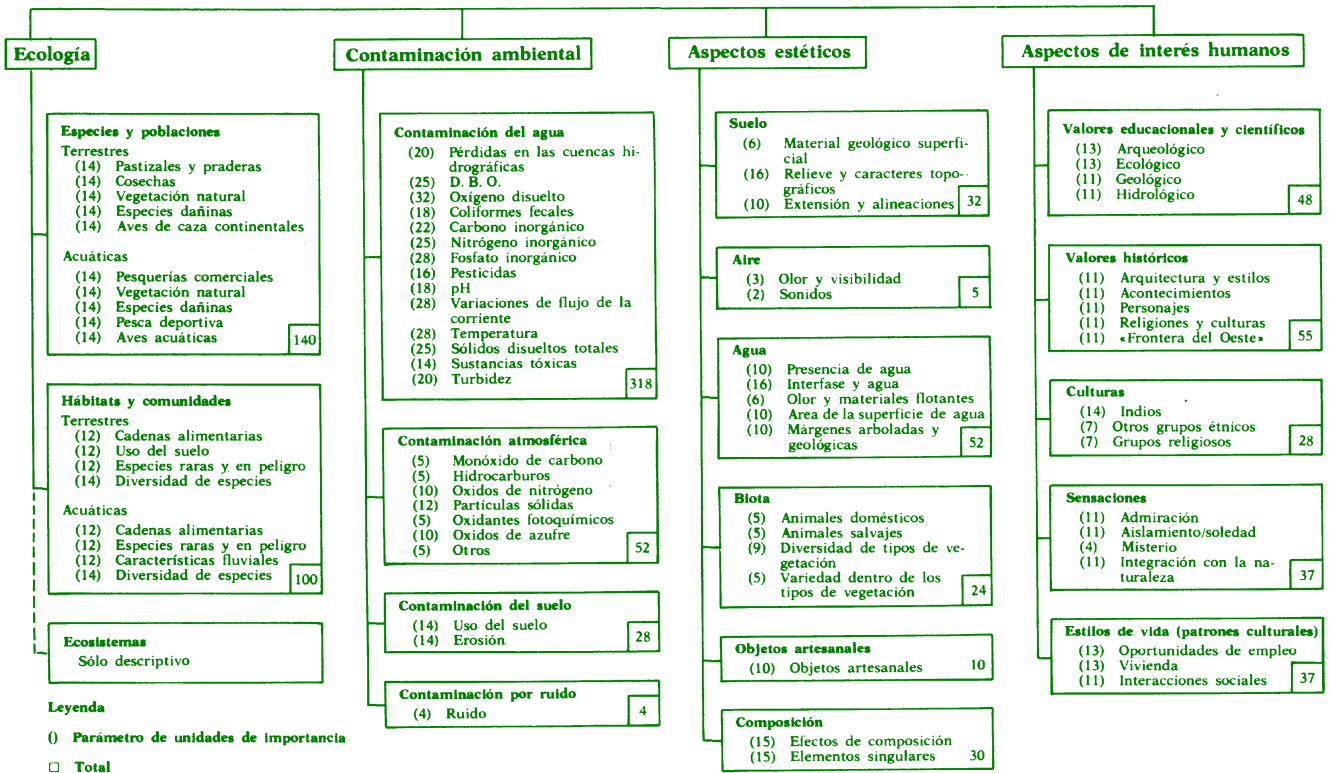
- Ž Contaminación atmosférica
- Ž Contaminación de las aguas
- Ž Efectos sobre el suelo
- Ž Recursos naturales minerales, flora y fauna
- Ž Factores territoriales y paisajísticos
- Ž Aspectos humanos sociales y económicos

Los **indicadores de impacto** o parámetros que proporcionan la medida de la magnitud de la alteración más usados son:

- **Listas de chequeo:** Relaciones normalizadas en las que se recogen los posibles impactos que de forma general pueden derivarse de una acción
- **Matrices causa-efecto** (Método de Leopold): Tablas de doble entrada en las que las columnas recogen las acciones que pueden alterar el medio ambiente y las filas recogen las características del medio susceptibles de ser alteradas
- **Modelos cuantitativos** (Método de Batelle): Se define una serie de parámetros ambientales en unas “*funciones de evaluación*” que permiten obtener valores cuantitativos denominados “*unidades de impacto ambiental*”
- **Métodos “ad hoc”:** Se suelen combinar los métodos mencionados y ampliarlos, según el buen criterio del evaluador, de tal forma que se adapten a la acción concreta que se desea evaluar

FACTORES AMBIENTALES		ACTIVIDADES QUE PUEDEN CAUSAR EFECTOS AMBIENTALES																						
INSTRUCCIONES		A. MODIFICACION DEL REGIMEN		B. TRANSFORMACION DEL TERRITORIO Y CONSTRUCCION																				
<p>1. Identificar todas las acciones (situadas en la parte superior de la matriz) que tienen lugar en el proyecto propuesto.</p> <p>2. Bajo cada una de las acciones propuestas, trazar una barra diagonal en la intersección con cada uno de los términos laterales de la matriz, en caso de que haya un posible impacto.</p> <p>3. Una vez completa la matriz, en la esquina superior izquierda de cada cuadrado con barra, calificar de 1 a 10 la MAGNITUD del posible impacto. 10 representa la máxima magnitud y 1 la mínima (el cero no es válido). Delante de cada calificación poner + si el impacto es beneficioso. En la esquina inferior derecha de cada cuadrado calificar de 1 a 10 la IMPORTANCIA del posible impacto (por ejemplo, si es regional o simplemente local; 10 representa la máxima importancia y 1 la mínima (el cero no es válido)).</p> <p>4. El texto que acompaña a la matriz consistirá en la discusión de los impactos más significativos, es decir, aquellos cuyas filas y columnas estén señaladas con las mayores calificaciones y aquellos cuadritos aislados con números superiores.</p>		<p>a. Introducción de flora o fauna exótica</p> <p>b. Controles biológicos</p> <p>c. Modificación del hábitat</p> <p>d. Alteración de la cubierta terrestre</p> <p>e. Alteración de la hidrología</p> <p>f. Alteración del drenaje</p> <p>g. Control del río y modificación de flujo</p> <p>h. Canalización</p> <p>i. Riego</p> <p>j. Modificación del clima</p> <p>k. Inundación</p> <p>l. Superficie o pavimento</p> <p>m. Ruido y vibraciones</p>		<p>a. Urbanización</p> <p>b. Emplazamientos industriales y edificios</p> <p>c. Aeropuertos</p> <p>d. Autopistas y puentes</p> <p>e. Carreteras y caminos</p> <p>f. Vías férreas</p> <p>g. Cabales y elevadores</p> <p>h. Líneas de transmisión, oleoductos y corredores</p> <p>i. Barreras, incluyendo valladas</p> <p>j. Diques y refuerzo de canales</p> <p>k. Revestimiento de canales</p> <p>l. Canales</p> <p>m. Presas y embalses</p> <p>n. Escolleras, diques, puertos deportivos y terminales</p> <p>o. Estructuras en alta mar (offshore)</p> <p>p. Estructuras de recreo</p> <p>q. Voladuras y perforaciones</p> <p>r. Desmontes y rellenos</p> <p>s. Turques y estructuras subterráneas</p>																				
<p>A. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS</p> <p>1 TIERRA</p> <p>a Recursos minerales</p> <p>b Material de construcción</p> <p>c Suelos</p> <p>d Geomorfología</p> <p>e Campos magnéticos y radiactividad de fondo</p> <p>f Factores físicos singulares</p> <p>2 AGUA</p> <p>a Continentales</p> <p>b Marinas</p> <p>c Subterráneas</p> <p>d Cantidad</p> <p>e Temperatura</p> <p>f Recarga</p> <p>g Nivel hielo y heladas</p> <p>3 ATMÓSFERA</p> <p>a Calidad (gases, partículas)</p> <p>b Clima (micro, macro)</p> <p>c Temperatura</p> <p>4 PROCESOS</p> <p>a Inundaciones</p> <p>b Erosión</p> <p>c Depósito (sedimentación y precipitación)</p> <p>d Solución</p> <p>e Sismicidad (interacciones complejas)</p> <p>f Compactación y asentamientos</p> <p>g Estabilidad</p> <p>h Sismología (terremotos)</p> <p>i Movimientos de arena</p>		<p>MATRIZ EJEMPLO</p> <table border="1"> <tr> <td>a</td> <td>a</td> <td>b</td> <td>c</td> <td>d</td> <td>e</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </table>					a	a	b	c	d	e		2	1	1	1	1	b	2	5	3	1	1
a	a	b	c	d	e																			
	2	1	1	1	1																			
b	2	5	3	1	1																			

## IMPACTOS AMBIENTALES



La evaluación del impacto ambiental permitirá establecer **medidas:**

- „ Preventivas: para afectar mínimamente al medio
- „ Correctoras: cuya necesidad se establece posteriormente

## EFFECTOS AMBIENTALES GLOBALES

Efectos de gran magnitud en los tres medios del planeta

Son de origen natural, pero pueden verse potenciados por la actividad humana

- † Efecto invernadero
- † Agujero de ozono
- † Lluvia ácida
- † Degradación de corrientes de agua
- † Eutrofización de masas de agua
- † Desertización

## EFEECTO INVERNADERO

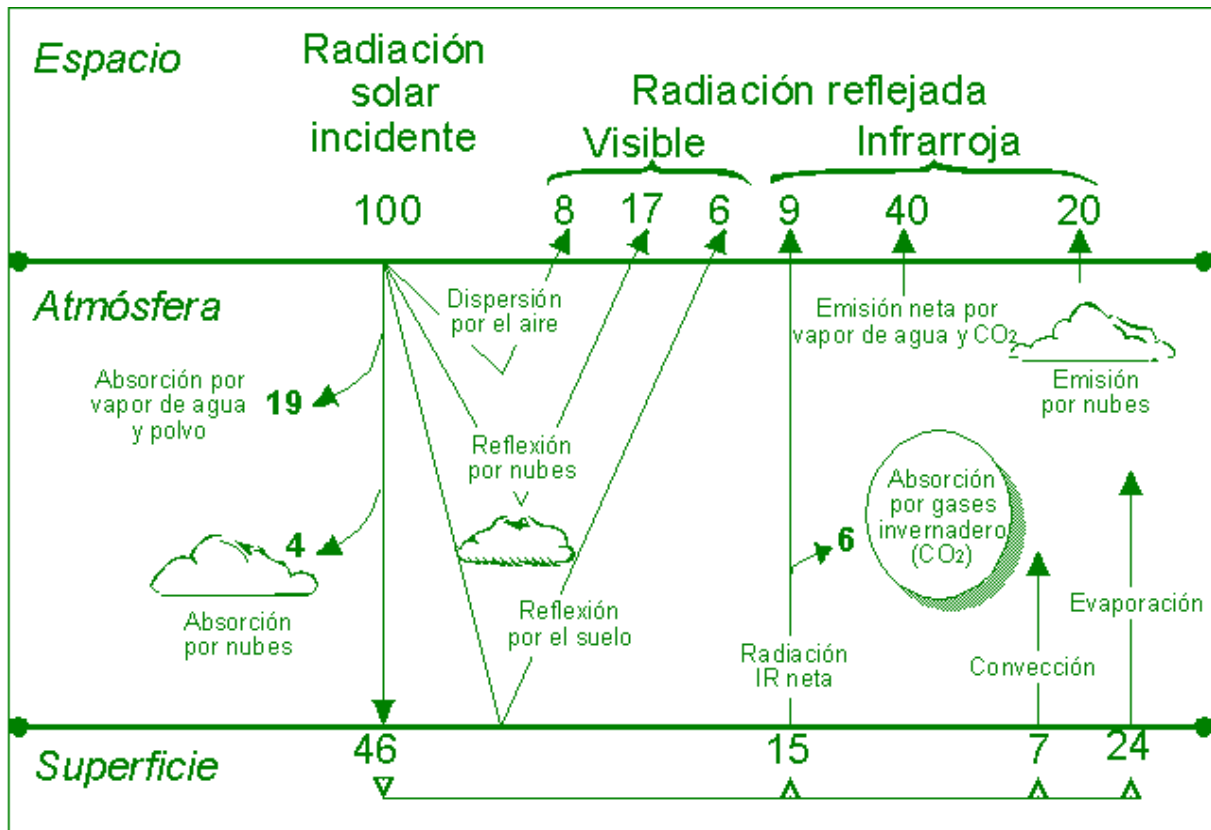
Fenómeno:

W La radiación solar calienta la superficie terrestre

W La superficie terrestre desprende radiación IR

W El CO<sub>2</sub> atmosférico impide la salida de la radiación IR al exterior

W La energía queda encerrada en la atmósfera, calentándola



El ciclo del carbono mantiene estable el CO<sub>2</sub> atmosférico de forma natural

La ruptura del equilibrio por aumento de CO<sub>2</sub> aumenta la temperatura global, provocando cambios climáticos

Es posible que el ser humano esté influyendo en el calentamiento: consumo de energías fósiles y deforestación

Existen acuerdos mundiales para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera

## AGUJERO DE OZONO

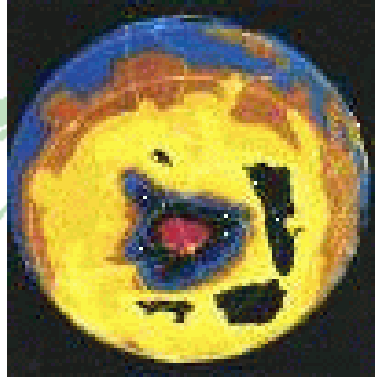
Producción de ozono en la estratosfera:

W El oxígeno absorbe los rayos UV solares

W La molécula de oxígeno se escinde en sus dos átomos

W Los átomos de oxígeno activos reaccionan con moléculas de oxígeno para dar ozono

W El ozono se acumula formando la **capa de ozono**, que actúa como filtro de las radiaciones UV



**“Agujero de ozono”**: disminución del espesor de la capa de ozono sobre la Antártida, detectada a finales de la década de 1970

Relación del agujero de ozono con los CFCs: la radiación UV libera un átomo de cloro, que reacciona con el ozono para dar oxígeno

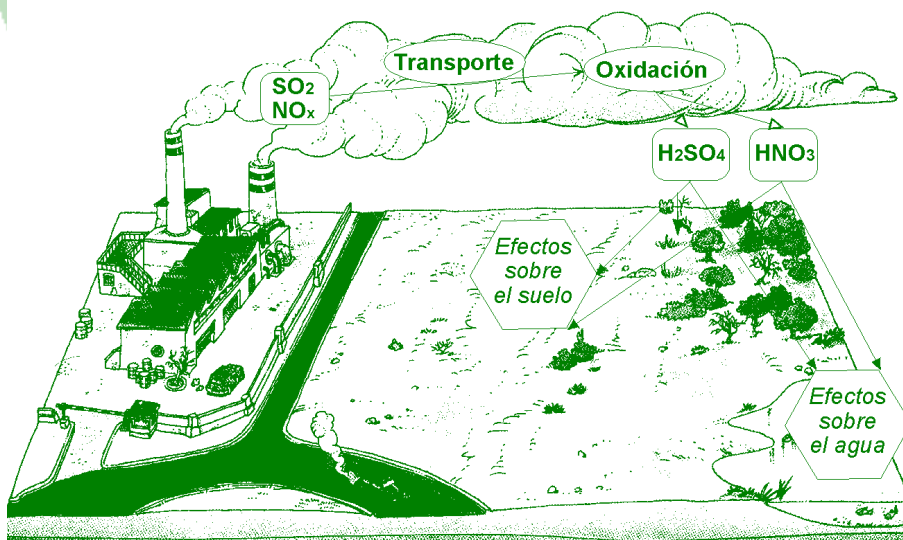
Existen acuerdos internacionales para sustituir los CFCs por productos alternativos

## LLUVIA ÁCIDA

Las precipitaciones naturales contienen  $\text{CO}_2$  atmosférico ( $5,6 < \text{pH} < 7$ )

**“Lluvia ácida”**: precipitación más ácida ( $\text{pH} < 5,6$ ) debido a la presencia en la atmósfera de óxidos de azufre y nitrógeno ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ )

Pueden viajar a grandes distancias y alterar el pH del suelo y del agua



## DEGRADACIÓN DE CORRIENTES DE AGUA

**“Autodepuración”**: Fenómeno que provoca la destrucción de materias extrañas incorporadas a las corrientes de agua. Variable fundamental: **oxígeno disuelto**

Consumo de oxígeno debido a:

- ‡ Oxidación biológica de la materia orgánica que contiene carbono y nitrógeno
- ‡ Descomposición de los depósitos del fondo
- ‡ Respiración de las plantas acuáticas y otros organismos vivos
- ‡ Oxidación química de las sustancias reductoras de los procesos naturales

Aporte de oxígeno de:

- ‡ Fotosíntesis de los vegetales clorofílicos
- ‡ Aireación natural debida a las turbulencias del flujo



Cuando una corriente recibe una sobrecarga orgánica se producen cuatro zonas aguas abajo:

### **Z Zona séptica:**

- w La concentración de oxígeno disminuye progresivamente
- w Las aguas tienen aspecto sucio
- w Aguas sólo aptas para el desarrollo de formas de vida inferiores
- w Se produce descomposición anaerobia.

### **Z Zona de descomposición:**

- w Continúa la oxidación de la materia orgánica
- w Ya hay suficiente oxígeno disuelto para las especies más desarrolladas
- w Empiezan a crecer algas

### **Z Zona de recuperación:**

- w El agua es rica en oxígeno
- w Presencia de microflora, microfauna, anfibios y peces

### **Z Zona limpia:**

- w El agua alcanza su estado natural
- w La concentración de oxígeno es muy elevada
- w La descomposición es aerobia

La capacidad de autodepuración puede verse superada si la sobrecarga es muy grande o tóxica: todo zona séptica

## EUTROFIZACIÓN DE MASAS DE AGUA

Fenómeno que se produce en aguas no fluyentes, consistente en la sobreproducción de flora debido al exceso de nutrientes

Puede ser natural o debida a vertidos de explotaciones agrícolas (nitrógeno, fósforo)

Equilibrio natural:

- Plantas superficiales aprovechan los nutrientes de la materia orgánica del fondo
- Desarrollo equilibrado de la flora, que permite un nivel alto de oxígeno disuelto en el agua

Desequilibrio:

*f* Florecimiento masivo por aportes externos de nutrientes

*f* La muerte de estas plantas libera gran cantidad de nutrientes

*f* Aumenta el consumo de oxígeno, necesario para descomponer esta biomasa

*f* Se genera un ambiente anaerobio, desprendiéndose  $\text{CH}_4$  y  $\text{H}_2\text{S}$



## DESERTIZACIÓN

Fenómeno evolutivo de una región hacia las condiciones de desierto

Proceso natural:

~ **Orografía:** Agentes externos destruyen la cubierta vegetal, produciendo erosión y empobrecimiento

~ **Climatología:** Puede impedir la regeneración de la vegetación

La actividad humana ha favorecido la expansión natural mediante deforestación:

- Limpiezas para establecer cultivos agrícolas
- Talas para obtener madera como combustible y material de construcción
- Utilización de pastizales para la ganadería
- Clareos para llevar a cabo asentamientos urbanos



# CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

La atmósfera y el aire

La contaminación del aire

Sustancias contaminantes

Corrección de fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos

Separación de contaminantes: partículas

Separación de contaminantes: gases

Evacuación a la atmósfera

## LA ATMÓSFERA Y EL AIRE

**“Atmósfera”**: envoltura gaseosa que rodea la Tierra hasta una altura de unos 1.000 km

Constituye el principal mecanismo de defensa del planeta contra las radiaciones solares y en ella se distinguen:

Ž **Troposfera:**

- Hasta los 11 km de altitud
- En ella tienen lugar todos los fenómenos climáticos

Ž **Estratosfera:**

- Entre los 11 y los 50 km de altitud
- Contiene ozono que absorbe la radiación solar

Ž **Mesosfera:**

- Entre los 50 y los 80 km de altitud
- Es la zona más fría, llegándose hasta los -100°C

Ž **Termosfera:**

- Llega hasta unos 300 km de altitud
- La temperatura puede alcanzar hasta 1.000°C, debido a la absorción de la radiación solar ultravioleta por el oxígeno y el nitrógeno (ionizados)

**“Biosfera”**: Interacción entre la superficie terrestre y la atmósfera; en ella se desarrolla la vida

**“Aire”**: Mezcla de gases que constituye la atmósfera, de composición:

Componentes del aire	% en volumen (base seca)
Nitrógeno	78
Oxígeno	21
Argón	0,95
Otros (CO <sub>2</sub> , Ne, He, Kr, H <sub>2</sub> )	0,05

Otros tipos de materia de origen natural o humano en concentraciones variables:  
**“contaminantes”**

## LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Presencia en el aire de materias que impliquen riesgo, daño o molestia grave, bien sea debido a sus características o a su concentración

Los focos de contaminación son principalmente debidos a actividades humanas:

- Medios de transporte
- Sistemas de producción de energía
- Actividades industriales

**Contaminantes primarios:** Proceden directamente de un foco

**Contaminantes secundarios:** Se originan por interacción entre primarios y/o con los gases atmosféricos

Medidas de concentración:

S : g/m<sup>3</sup> (1 : g, microgramo = 10<sup>-6</sup> g)

S ppm (partes por millón)

Situaciones diferentes en el proceso de contaminación atmosférica:

® **Emisión:** Totalidad de sustancias que pasan a la atmósfera desde las fuentes de las que proceden

® **Difusión:** Proceso por el cual los contaminantes se distribuyen por la atmósfera debido a sus diferencias de concentración en ella

® **Inmisión:** Totalidad de sustancias contenidas en el aire a que está expuesto un medio receptor suficientemente alejado de las fuentes emisoras



## SUSTANCIAS CONTAMINANTES

El número de sustancias contaminantes es muy elevado

Pueden clasificarse como partículas (sólidas o líquidas) o gases, pero se suelen agrupar según el elemento químico característico:

- Compuestos de azufre
- Compuestos de nitrógeno
- Compuestos inorgánicos del carbono
- Ozono
- Compuestos orgánicos
- Metales pesados
- Partículas sólidas

## SUSTANCIAS CONTAMINANTES (I)

### Compuestos de azufre

El azufre se encuentra como impureza en los combustibles fósiles; al quemarlos, se combina con el oxígeno del aire

El  $\text{SO}_2$  es un gas incoloro, de olor picante y muy corrosivo

El  $\text{SO}_3$  es un líquido incoloro de elevada afinidad por el agua, con la que forma  $\text{H}_2\text{SO}_4$

El  $\text{H}_2\text{S}$  es un gas incoloro, de olor desagradable y muy venenoso

Los compuestos de azufre pueden causar:

- Enfermedades del aparato respiratorio
- Destrucción de la cubierta vegetal
- Corrosión de una amplia gama de materiales de construcción

### Compuestos de nitrógeno

Los compuestos de nitrógeno aparecen en los procesos de combustión por oxidación del nitrógeno del aire

El  $\text{NO}$  es un gas incoloro, tóxico y de baja reactividad

El  $\text{NO}_2$  es un gas de color pardo, tóxico, que puede producir  $\text{HNO}_3$

Los nitratos de peroxiacetilo (PAN) y peroxibencilo (PBN) son compuestos orgánicos complejos de gran importancia en la “contaminación fotoquímica”

Los compuestos de nitrógeno:

- Son potencialmente peligrosos para la salud
- Pueden causar daños sobre las especies vegetales
- Originan una gran irritación en los órganos de la vista

### Compuestos inorgánicos del carbono

Se generan en grandes cantidades, por combustión

– El  $\text{CO}$ :

± Es un gas incoloro e inodoro

± Se origina en combustiones incompletas de compuestos de carbono

± Su toxicidad es muy alta, ya que bloquea la hemoglobina

– El  $\text{CO}_2$ :

± Es un gas incoloro e inodoro

± Se genera de forma natural en la respiración y en todas las combustiones de compuestos de carbono

± No es tóxico, pero puede producir asfixia por desplazamiento del oxígeno

## SUSTANCIAS CONTAMINANTES (II)

### Ozono

Forma molecular del oxígeno:

- { Gaseoso
- { Color azulado
- { Olor picante
- { Fuertemente oxidante (se descompone)

En la troposfera se genera mediante reacciones fotoquímicas entre óxidos de nitrógeno e hidrocarburos (contaminante secundario)

Puede afectar a las vías respiratorias y atacar a las especies vegetales

### Compuestos orgánicos

Hidrocarburos gaseosos o líquidos que de las combustiones incompletas, derrame o evaporación de derivados del petróleo:

- g Alifáticos (asfixiantes)
- g Aromáticos (tóxicos y anestésicos)

Algunos autores consideran el metano como contaminante, ya que absorbe radiación IR (efecto invernadero)

Halocarburos (inertes, pero la radiación UV puede liberar átomos de halógeno en la estratosfera, que reaccionarían con el ozono):

- m "Freones" (CFCs): propelentes para aerosoles domésticos o refrigerantes
- m "Halones": agentes extintores

### Metales pesados

Partículas microscópicas de metales pesados en el aire a concentraciones muy bajas, procedentes de emisiones urbanas e industriales: **plomo, cadmio y mercurio**

Producen diferentes daños sobre el organismo humano (tóxicos acumulativos)

### Partículas sólidas

**Polvo**: Partículas entre 1 y 1.000 : m; se depositan por gravedad (sedimentables)

**Humo**: Partículas menores a 1 : m; permanecen en suspensión (no sedimentables)

**"Smog"**: Bruma formada por niebla contaminada con humo ("smoke" + "fog")

**"Smog fotoquímico"**: Bruma sobre la que incide la radiación solar, produciendo reacciones fotoquímicas entre hidrocarburos y óxidos de nitrógeno

# CORRECCIÓN DE FUENTES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

La lucha contra la contaminación está basada en las siguientes medidas:

- ⊖ Evitar la formación de contaminantes: Actuar sobre el proceso generador (cambio de materias primas, modificaciones en los equipos, control de los procesos)
- ⊖ Captar, concentrar y separar los contaminantes: Utilizar equipos depuradores diseñados en función de las sustancias a tratar
- ⊖ Evacuar y dispersar los contaminantes en la atmósfera: Diluir los contaminantes en la atmósfera en unas condiciones que produzcan valores mínimos de inmisión



## SEPARACIÓN DE CONTAMINANTES: PARTÍCULAS

La separación de la partículas de una corriente gaseosa se puede realizar por procesos físicos (mecánicos):

- , Separación gravitatoria
- , Separación inercial
- , Filtración
- , Precipitación electrostática
- , Separación por vía húmeda (lavado)

## SEPARACIÓN DE CONTAMINANTES: GASES

La separación de los contaminantes gaseosos de una corriente de gases se puede llevar a cabo por métodos físico-químicos:

- , Absorción
- , Adsorción
- , Combustión
- , Reducción catalítica
- , Conversión catalítica

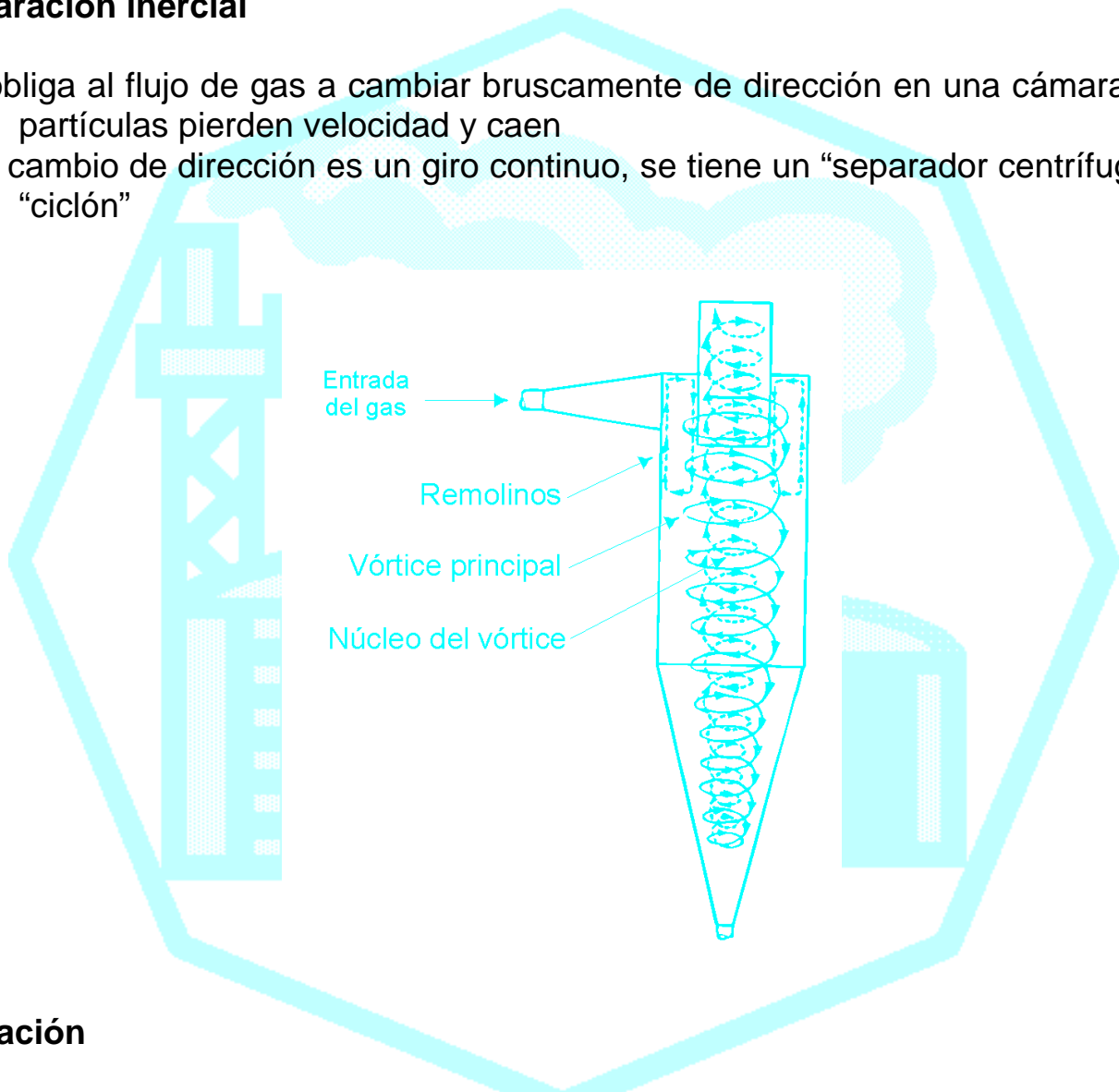
## SEPARACIÓN DE CONTAMINANTES: PARTÍCULAS (I)

### Separación gravitatoria

Las partículas mayores de  $50 \mu\text{m}$  sedimentan al disminuir la velocidad del gas  
Se aumenta la sección de la conducción (cámara de sedimentación), y las partículas caen

### Separación inercial

Se obliga al flujo de gas a cambiar bruscamente de dirección en una cámara; las partículas pierden velocidad y caen  
Si el cambio de dirección es un giro continuo, se tiene un “separador centrífugo” o “ciclón”



### Filtración

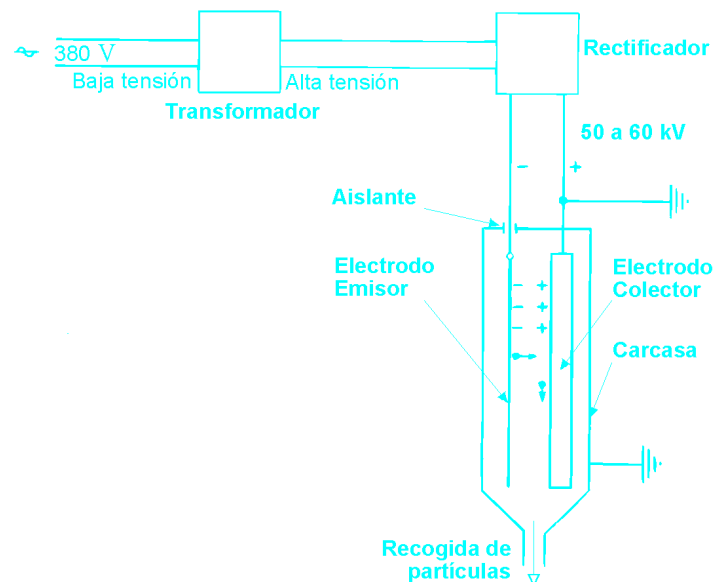
Retención por choque y aglomeración de las partículas en suspensión sobre un medio separador o “filtro”, generalmente de tela, que se limpia por vibración  
Para aire estéril se utilizan filtros de papel, desechables

## SEPARACIÓN DE CONTAMINANTES: PARTÍCULAS (II)

### Precipitación electrostática

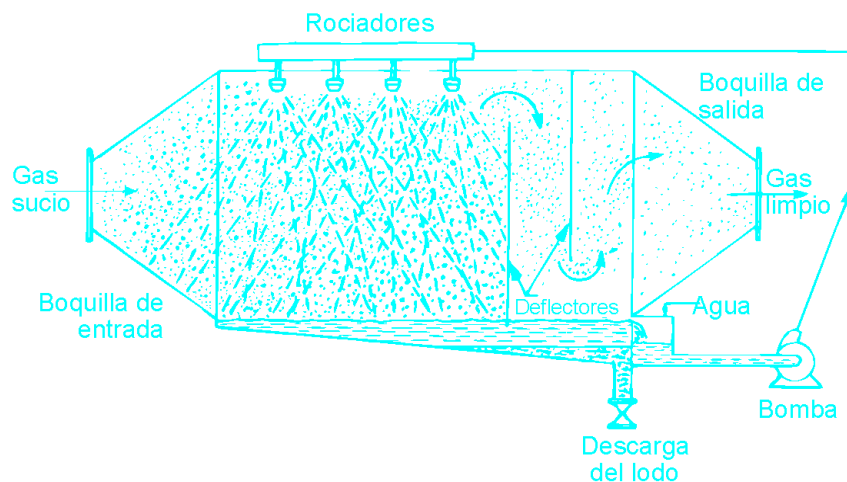
Dispositivos cerrados con electrodos, entre los que se aplica una elevada diferencia de potencial de potencial

Las partículas se electrizan y son atraídas por los electrodos, donde se depositan y descargan



### Separación por vía húmeda (lavado)

El gas pasa en flujo cruzado a través de una "lluvia" de líquido lavador. La lluvia arrastra las partículas por impacto mecánico y las separa como un lodo.



# SEPARACIÓN DE CONTAMINANTES: GASES (I)

## Absorción

Proceso basado en la solubilidad de un componente de una mezcla gaseosa en un líquido absorbente:

- ' Absorción física: El contaminante sólo se disuelve
- ' Absorción química: El contaminante se disuelve y reacciona con el absorbente

La absorción se realiza en “columnas de relleno”, torres de contacto en contracorriente, rellenas de elementos diversos (anillos, hélices, cilindros)

El líquido absorbente se regenera por “desorción”:

- % Utilizando una corriente de gas inerte
- % Elevando la temperatura
- % Disminuyendo la presión

## Adsorción

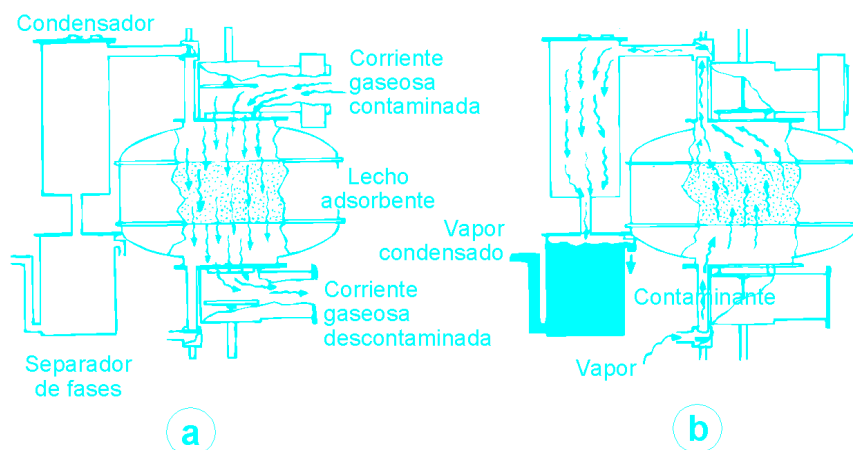
Proceso basado en la atracción de un componente de una mezcla gaseosa por un sólido adsorbente:

- ' Adsorción física: El contaminante sólo es atraído fuertemente por la superficie del sólido
- ' Adsorción química: El contaminante se adsorbe y reacciona con el adsorbente

Prácticamente sólo se aplica la adsorción física a los contaminantes (la adsorción química es bastante irreversible):

- & Recuperación de disolventes con carbón activo
- & Eliminación de compuestos orgánicos con zeolitas

La adsorción utiliza lechos fijos mediante operación cíclica; el lecho se retira para regenerarlo antes de volver a ser utilizado



## SEPARACIÓN DE CONTAMINANTES: GASES (II)

### Combustión

Oxidación total de las sustancias contaminantes en:

- ✓ **Antorchas:** Se utilizan cuando los gases son inflamables y su caudal es muy variable
- ✓ **Quemadores de postcombustión:** Hornos en los que se queman los gases añadiéndoles combustible
- ✓ **Reactores de oxidación catalítica:** Dispositivos conteniendo catalizadores que reducen el consumo de combustible

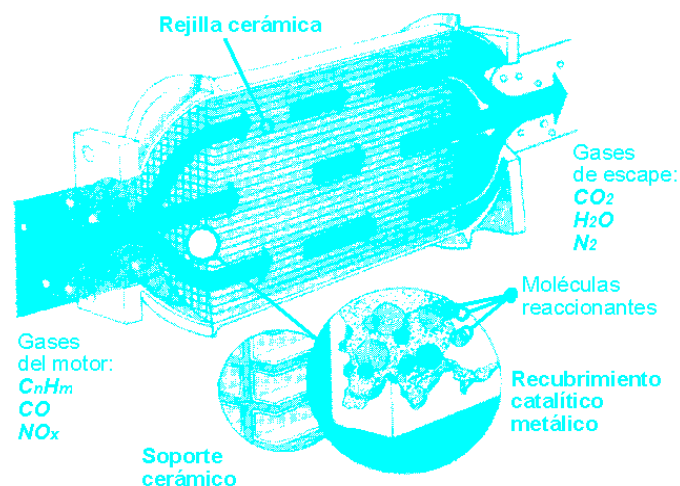
### Reducción catalítica

Reducción de sustancias oxidadas con ayuda de catalizadores (metales nobles en soportes cerámicos) y CO o hidrocarburos como reductores

### Conversión catalítica

Aplicación simultánea de oxidación y reducción catalíticas, utilizando catalizadores combinados; en los automóviles, **“de tres vías”**:

- ↳ **Hidrocarburos:** Oxidación a  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$
- ↳ **CO:** Oxidación a  $\text{CO}_2$
- ↳  **$\text{NO}_x$ :** Reducción a  $\text{N}_2$



En los automóviles en los que se usa es necesario:

- Prescindir de los aditivos de plomo: envenenamiento del catalizador
- Controlar la temperatura de los gases de salida del motor: sobrecalentamiento del catalizador

## EVACUACIÓN A LA ATMÓSFERA

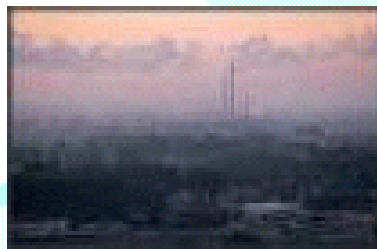
A veces es necesario dispersar contaminantes en la atmósfera, para lo cual hay que conocer los factores meteorológicos y los factores emisivos (penachos de las chimeneas)



### Factores meteorológicos

^ **Temperatura:** Normalmente disminuye al aumentar la altura, pero hay diversas circunstancias en que se produce el fenómeno contrario, llamado "*inversión térmica*", que puede mantener confinada una masa de aire por debajo de una altura determinada

^ **Viento:** Su velocidad y grado de turbulencia favorecen la dispersión, cuanto más elevados

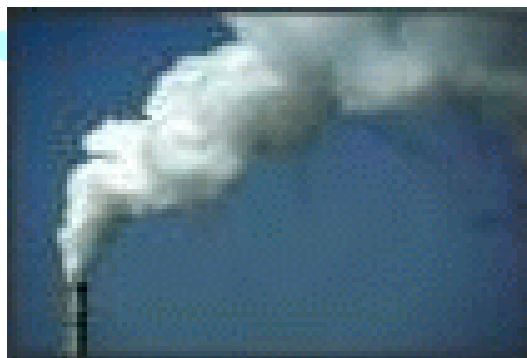


### Factores emisivos

**U Velocidad de la corriente emitida:** Energía cinética para que el penacho alcance la altura que favorezca su dispersión

**U Temperatura de los gases:** Un valor alto permite a los gases elevarse suficientemente por encima de la chimenea

**U Altura de la emisión:** Permite atravesar posibles capas de inversión, favoreciendo la ascensión de los gases





# CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS

Características del agua

Usos del agua

La contaminación del agua

Indicadores de contaminación

Focos de contaminación

Eliminación de aguas residuales

Tratamiento de aguas residuales

Tratamiento de fangos de depuradora

## CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

El agua pura:

- | Líquido incoloro, inodoro e insípido muy estable
- | Constituyente mayor de los seres vivos
- | Disolvente más importante que existe
- | Reacciona con muchos metales, óxidos y sales

La Tierra está cubierta por agua en sus tres cuartas partes

Cantidad global de agua dinámicamente constante, debido al intercambio de agua entre las distintas partes de la biosfera, con ayuda de la energía solar: “**ciclo hidrológico**”:

- ° Las grandes masas de agua emiten constantemente vapor de agua debido a la acción de la energía solar
- ° El aire húmedo sube a las zonas altas de la atmósfera, donde se forman las nubes
- ° Las gotas de agua se unen y terminan cayendo en forma de precipitación de agua, nieve o granizo
- ° Las precipitaciones dan origen a corrientes de agua que fluyen hacia los lagos, mares u océanos, cerrando el ciclo
- ° El agua ataca a los componentes del suelo, cargándose de diversas sustancias

Por tanto, el agua en estado natural no es pura, sino que contiene diferentes sustancias que modifican sus propiedades



## USOS DEL AGUA

La presencia de grandes fuentes de agua ha sido decisiva en:

- ± Desarrollo de la sociedad humana (civilización)
- ± Mantenimiento de la vida
- ± Crecimiento económico
- ± Mejora de la calidad de vida

El agua tiene importantes aplicaciones, como:

- Abastecimiento de agua potable
- Sostenimiento de la fauna acuática
- Producción agraria e industrial
- Generación de energía
- Navegación y recreo
- Evacuación de residuos

**“Demanda”**: cantidad de agua que se requiere para un uso determinado

**“Consumo”**: cantidad de agua que deja de estar disponible después de su utilización, por no ser reaprovechable

La calidad del agua:

- ~ Puede ser diferente según el uso a que se destine
- ~ Puede verse alterada según la utilización que se haga de ella: generación de **“aguas residuales”**



## LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

**“Contaminación”**: Alteración de la calidad del agua por la acción natural o humana que hace que no sea adecuada para la aplicación a la que se destina

Las alteraciones que puede sufrir el agua pueden ser:

- Alteraciones físicas
- Alteraciones químicas
- Alteraciones biológicas

# LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA (I)

## Alteraciones físicas

### ® **Propiedades organolépticas:**

- El color es debido a los materiales disueltos o suspendidos
- El olor puede ser debido a la presencia de productos químicos, a materia orgánica en descomposición o a ciertos organismos
- El sabor está relacionado con la presencia de iones

### ® **Temperatura:**

- Importancia en la solubilidad de gases y sales
- Influencia en los procesos biológicos

### ® **Materia en suspensión:**

- Suspensiones estables: “sedimentos”
- Suspensiones inestables: “turbidez”

### ® **Espuma:**

- Debida a la presencia de agentes tensoactivos (detergentes)

### ® **Radiactividad:**

- Natural: algunos tipos de rocas
- Humana: procesos nucleares

## Alteraciones químicas

Presencia de compuestos químicos por encima de ciertos niveles:

- ↳ Compuestos orgánicos: proporcionan carácter reductor
- ↳ Compuestos inorgánicos: varían la acidez, corrosividad o toxicidad

## Alteraciones biológicas

Equilibrio natural entre distintos organismos:

Y Bacterias: Encargadas de oxidar la materia orgánica del agua

Y Protozoos: Se alimentan de bacterias equilibrando las poblaciones

Y Algas: Por fotosíntesis liberan oxígeno, manteniendo una concentración suficiente en el agua

Las alteraciones biológicas se suelen producir por vertidos urbanos: su alto contenido en microorganismos provoca un fuerte desequilibrio en las poblaciones naturales

## INDICADORES DE CONTAMINACIÓN

Parámetros más representativos de la calidad del agua, atendiendo a su punto de vista sanitario:

### Z Contenido en sólidos:

- j Disueltos, suspendidos o sedimentables
- j Fijos y volátiles

### Z Oxígeno disuelto:

- j Contacto del agua con la atmósfera y fotosíntesis de plantas acuáticas
- j Solubilidad baja depende de la presión y de la temperatura

### Z Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):

- j Representa la capacidad de autodepuración del agua
- j Concentración de oxígeno necesaria para descomponer, mediante acción bioquímica aerobia, la materia orgánica presente
- j Cuanto mayor sea su valor, más contaminada estará el agua

### Z Demanda química de oxígeno (DQO):

- j Expresa el oxígeno consumido por todas las sustancias reductoras presentes en el agua
- j Su valor siempre es mayor al de la DBO, porque es mayor el número de compuestos que pueden oxidarse químicamente que biológicamente

### Z Nitrógeno:

- j Su concentración en el agua valora su tratabilidad biológica, por ser un elemento esencial para el crecimiento de los seres vivos
- j La concentración de iones amonio da una idea de la “edad” del agua: cuanto mayor sea su valor respecto al nitrógeno total, más tiempo habrán tenido los microorganismos para reducir todos los compuestos de nitrógeno presentes

### Z Alcalinidad:

- j Contenido en las sales más abundantes

### Z Temperatura:

- j Solubilidad del oxígeno
- j Velocidad de las reacciones químicas y bioquímicas
- j Posibilidades de utilización

### Z Organismos patógenos:

- j Proceden de residuos humanos y pueden causar enfermedades
- j Indicador de su existencia es la presencia de bacterias “coliformes”
- j La ausencia de coliformes indica que el agua está exenta de organismos productores de enfermedades



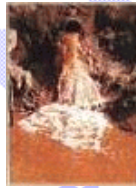
## FOCOS DE CONTAMINACIÓN

La contaminación del agua puede ser provocada por dos tipos de causas:

- Ž Causas naturales: geoquímicas, catastróficas
- Ž Actividad humana

Las actividades humanas pueden generar varios tipos de aguas residuales:

- Aguas domésticas (aguas negras o fecales):
  - † Procedentes del empleo del agua en la actividad doméstica
  - † Captadas mediante los sistemas de alcantarillado
  - † Características propias que permiten hablar de una composición media
- Efluentes agrarios
  - † Procedentes principalmente de cultivos agrícolas
  - † Son muy difíciles de captar
  - † Contienen principalmente restos de fertilizantes, herbicidas y pesticidas
- Efluentes industriales:
  - † Aguas utilizadas en procesos industriales
  - † Su captación debe ser contemplada en el propio diseño de la planta
  - † Su composición depende totalmente de la actividad industrial



## ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Vertido de las aguas al entorno, basado en sus propiedades autodepuradoras:

- “ Eliminación directa
- “ Eliminación indirecta
- “ Eliminación por dilución

## TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Concentrar los contaminantes para facilitar su separación, basado en acelerar los procesos naturales en instalaciones menores: las “**estaciones de depuración de aguas residuales**” (EDAR)

En estas plantas se utilizan operaciones que se agrupan en distintas etapas:

- “ Tratamiento previo: eliminación de grandes sólidos
- “ Tratamiento primario: eliminación de sólidos en suspensión
- “ Tratamiento secundario: eliminación de la materia orgánica biodegradable
- “ Tratamiento terciario: eliminación de sólidos disueltos
- “ Desinfección: eliminación de agentes patógenos

# ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES (I)

## Eliminación directa

Aplicación al terreno y participación de los vegetales, la superficie y la matriz del suelo

Métodos aceptables al mismo nivel que otros: eliminación bacteriana completa

Los métodos principales de aplicación al terreno de aguas residuales son:

### • Riego:

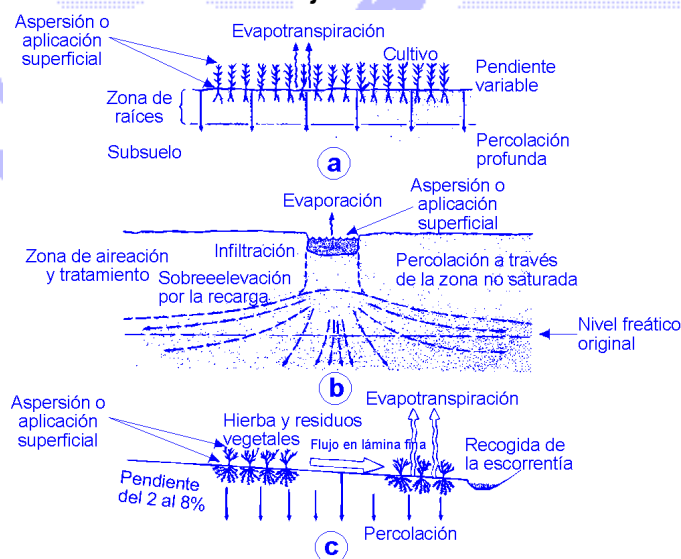
- , Vertido controlado del efluente sobre el terreno, para servir al crecimiento de especies vegetales
- , El agua residual es absorbida por las plantas, evaporada parcialmente y filtrada a través del suelo
- , El objetivo es el aprovechamiento económico del agua y los nutrientes para obtener cultivos y la conservación del agua por sustitución en el riego de zonas verdes

### • Infiltración rápida:

- , Aplicar el efluente sobre suelos altamente permeables y sin vegetación, a través de los cuáles se filtra y llega al subsuelo rápidamente
- , El objetivo es la recarga de acuíferos o el tratamiento natural del agua seguido de la extracción por bombeo para su recuperación

### • Circulación superficial en lámina:

- , Aplicar el agua residual sobre unas terrazas con pendiente, fluyendo sobre la superficie, cubierta de vegetación, hasta unas zanjas de captación de la escorrentía
- , El agua residual se depura biológicamente al fluir en una delgada lámina por la pendiente de un suelo impermeable debido a que posee una gran superficie de intercambio de oxígeno con el aire
- , El objetivo es el tratamiento del agua residual y, en menor medida, la producción de cultivos forrajeros o la conservación de zonas verdes



## ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES (II)

### Eliminación indirecta

Método más utilizado en el ámbito doméstico de zonas rurales:

- „ “Pozo negro”:
  - h Solución más simple
  - h Excavar un pozo en el terreno, donde se almacena el agua residual
  - h El agua se va filtrando lentamente a través de las paredes del pozo al terreno circundante
- „ “Fosa séptica”:
  - h Recipiente impermeable en el que se recogen las aguas residuales
  - h Después de un tiempo de permanencia en la fosa, se vierten mediante tubos de drenaje al subsuelo, desde donde se infiltran al terreno
  - h En su interior se produce una descomposición anaerobia de la materia orgánica y una sedimentación del fango resultante
  - h Hay que evacuar los gases desprendidos y descargar el fango

### Eliminación por dilución

Vertido sobre grandes masas de agua para aprovechar la capacidad de autodepuración natural

Cuidar de no romper el equilibrio natural: conocer las características del agua residual y de las aguas naturales

Por motivos económicos, el vertido siempre se llevará a cabo sobre las masas de agua más cercanas, que podrán ser:

#### **K Ríos:**

- ✓ Basado en la elevada capacidad que tienen de autodepurarse, que nunca debe ser sobrepasada
- ✓ Vertido por debajo del nivel mínimo posible del agua utilizando una tubería llamada “emisario”

#### **K Lagos, embalses y estuarios:**

- ✓ Se realiza cuando no se dispone de corrientes de agua cercanas
- ✓ Debido a la estratificación vertical, es imprescindible considerar el equilibrio biológico, para evitar la eutrofización

#### **K Mar:**

- ✓ Realizado mediante conducciones ancladas al fondo marino, “emisarios submarinos”, que transportan el agua residual mar adentro
- ✓ En la salida se mezcla con el agua de mar circundante y sube a la superficie como un penacho
- ✓ Mantener la mancha sumergida y producir la dispersión y descomposición a una profundidad que no afecte a los alrededores

# TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (I)

## Tratamiento previo

Eliminación de cuerpos de gran tamaño y alta densidad para proteger los equipos de la planta:

È **Cribado**: Separación de sólidos que se lleva a cabo con cribas y rejas, que retienen entre sus mallas o barras los sólidos en suspensión y flotantes; una vez retenidos son recogidos mediante rastrillos

È **Dilaceración**: Fragmentación y trituración de materiales sólidos que permite incorporar de nuevo los sólidos separados por las cribas a la corriente en forma de partículas más pequeñas, evitando la generación de un residuo sólido en esta etapa

È **Desarenado**: Separación de la arena y la grava de la corriente de agua residual por sedimentación, disminuyendo la velocidad de circulación del fluido, haciéndolo pasar por canales de sección cuadrada y poca profundidad



## Tratamiento primario

Separación por métodos físicos de los sólidos en suspensión y de las grasas

È **Sedimentación**: Separar una suspensión en dos fases, un fluido claro sobrenadante y un lodo con una concentración elevada de materias sólidas; se consigue disminuyendo la velocidad de la corriente en tanques de gran sección circular y poca profundidad, con sistemas de limpieza y de separación de lodos

È **Separación de grasas**: Retirar las grasas libres que flotan, utilizando tanques rectangulares de múltiples canales de gran longitud y de poca profundidad y anchura, con rasquetas superiores que separan las grasas sobrenadantes

È **Floculación**: Aglutinación de las partículas suspendidas en un líquido para formar unos agregados (“flóculos”), más fácilmente separables por sedimentación o filtración; cuando se favorece este fenómeno por adición de agentes químicos se habla de **coagulación**

È **Flotación**: Separar sólidos o líquidos inmiscibles y de baja densidad, que se encuentran en suspensión; como agente se usa el aire, que se inyecta en el líquido y forma en su superficie una capa de espuma fácilmente eliminable

È **Filtración**: Hacer pasar una corriente que contiene materiales en suspensión a través de un medio filtrante (arena) que permite el paso del fluido, pero no de las partículas sólidas, que quedan retenidas

## TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (II)

### Tratamiento secundario

Eliminación de la materia orgánica biodegradable

Estimulación artificial de la multiplicación de microorganismos transformando la materia orgánica en masa celular insoluble ("**tratamiento biológico**")

Los organismos para este tratamiento se encuentran en las propias aguas residuales:

- ⊖ Bacterias: Metabolizan la mayoría de los compuestos orgánicos
- ⊖ Hongos: También metabolizan la mayoría de los compuestos orgánicos
- ⊖ Algas verdes: Producen oxígeno (que favorece a bacterias y a hongos) utilizando la luz solar como fuente de energía
- ⊖ Protozoos y rotíferos: Se alimentan de organismos inferiores, por lo que su presencia indica que el agua está suficientemente depurada

El tratamiento secundario puede llevarse a cabo por diferentes procesos:

**i Balsas de estabilización:** Se construyen en el terreno con profundidades de hasta 2 m; para lograr buenas reducciones de DBO se requieren grandes extensiones de terreno, ya que la fuente de oxígeno la aportan las algas

**i Lagunas aireadas:** Similares a las balsas, pero en ellas el oxígeno se suministra mediante aireadores mecánicos superficiales, lo que aumenta el rendimiento y reduce la superficie necesaria hasta 15 veces

**i Filtros percoladores:** Lechos de diversos materiales dispuestos en tanques de gran diámetro y unos 10 m de profundidad; el agua se pulveriza sobre el lecho y se deja drenar a través de él; la materia orgánica se degrada por una población microbiana que se va formando sobre el medio filtrante como un limo

**i Proceso de lodos activos:** Aireación vigorosa del agua en un tanque, lo que hace aumentar la población microbiana, que se deposita como lodo en un sedimentador anexo en el que se separa; este lodo ("activo", por su elevada concentración en microorganismos) se recicla en parte al tanque de aireación y el resto se purga



## TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (III)

### Tratamiento terciario

Reducción de concentración de compuestos solubles (sólo cuando es necesario)

**Q Adsorción:** Fenómeno superficial por el que algunos productos de gran superficie retienen a otros en disolución; se utilizan tierras arcillosas o carbón activo para eliminar color y mal olor; el adsorbente ha de ser regenerado

**Q Intercambio iónico:** Se produce un cambio de iones entre los presentes en el agua y los existentes en una fase sólida, una resina orgánica sintética ("cambiador"); reduce la salinidad del agua intercambiando sus aniones por iones  $\text{OH}^-$  y sus cationes por  $\text{H}^+$ ; las resinas han de ser regeneradas, las catiónicas con un ácido fuerte y las aniónicas, con una base fuerte.

**Q Ósmosis inversa:** Se produce el paso de disolvente desde una disolución concentrada a otra más diluida, separadas por una membrana semipermeable; sólo puede producirse artificialmente, aplicando presión a la disolución concentrada; la membrana permite el paso del agua y no del soluto, lo que hace que sea aplicable para separar las sales

### Desinfección

Proceso por el que se destruyen de forma selectiva los gérmenes causantes de enfermedades que puedan estar presentes en un agua residual

El desinfectante debe tener las siguientes propiedades:

- ~ Capacidad de destruir a los microorganismos patógenos
- ~ Alta velocidad de actuación en las condiciones de operación
- ~ Ausencia de efectos perjudiciales y características organolépticas
- ~ Facilidad de almacenamiento y manipulación
- ~ Posibilidad de determinar rápidamente su concentración en el agua
- ~ Capacidad de mantener los efectos a lo largo del tiempo
- ~ Bajo coste

Los métodos más comunes de desinfección son:

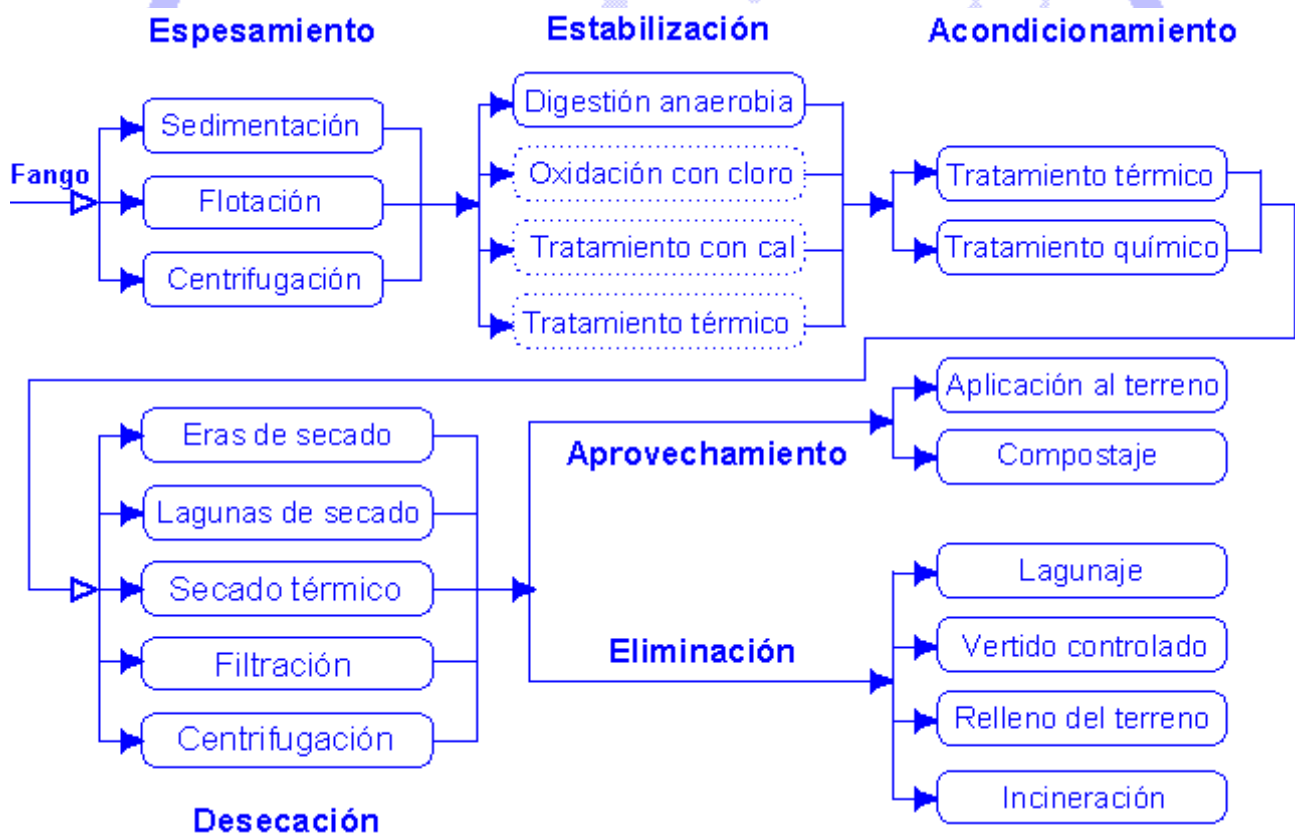
- **Calor:** Empleado en casos críticos sobre pequeñas cantidades de agua; se somete a ebullición y se mantiene ésta durante diez minutos
- **Radiación:** Se aplican radiaciones UV para destruir bacterias y hongos; no es aplicable a grandes caudales de agua, debido a su escaso poder de penetración en la masa de agua.
- **Cloro:** Desinfectante más utilizado (gaseoso, hipoclorito); oxida a todas las sustancias, por lo que hay que añadir suficiente para obtener cloro residual libre y así tener la seguridad de lograr la desinfección
- **Ozono:** Elemento oxidante superior al cloro que suele generarse antes de su aplicación al agua; no añade sabor al agua y la oxigena, pero no permite una presencia residual

## TRATAMIENTO DE FANGOS DE DEPURADORA

Los fangos, con gran contenido en agua y altísimos valores de DBO, se producen durante todo el tratamiento de las aguas residuales

Se pueden tratar los fangos mediante las siguientes operaciones:

- ✓ **Espesamiento:** Operaciones para incrementar el contenido en sólidos del fango por eliminación de parte de la fracción líquida, que se vuelve a incorporar al tratamiento primario
- ✓ **Estabilización:** Procesos para impedir que los microorganismos se desarrollen sobre la fracción orgánica del fango
- ✓ **Acondicionamiento:** Procedimientos que se realizan para hacer más eficaces los procesos posteriores de desecación del fango
- ✓ **Desecación:** Operaciones lograr un mínimo contenido en agua del fango; el agua separada se vuelve a incorporar al tratamiento primario
- ✓ **Aprovechamiento:** Utilización del fango como producto adecuado para otros fines
- ✓ **Eliminación:** Tratamiento del fango considerándolo como residuo



## TRATAMIENTO DE FANGOS DE DEPURADORA (I)

### Espesamiento de fangos

Se elimina el agua mediante sedimentación

Son más caras las operaciones de flotación o centrifugación

### Estabilización de fangos

Objetivos:

- " Reducir los agentes patógenos
- " Eliminar los olores
- " Reducir al mínimo su potencial de putrefacción

Métodos:

È Oxidación con cloro

È Adición de cal

È Tratamiento térmico

È **Digestión anaerobia**: Fermentación microbiana en ausencia de oxígeno que se realiza en recipientes estancos ("digestores"), produciéndose una mezcla de gases ("biogás") y una reducción de sólidos

### Acondicionamiento de fangos

Procesos para favorecer la posterior desecación:

- ° **Acondicionamiento químico**: Coagulación de los sólidos y liberación del agua absorbida, aplicándose antes de las operaciones de filtración
- ° **Acondicionamiento térmico**: Coagulación de los sólidos y rotura de la estructura de gel, además de esterilización y desodorización, calentando durante cortos períodos de tiempo a unos 200°C

## TRATAMIENTO DE FANGOS DE DEPURADORA (II)

### Desecación de fangos

Razones para la desecación:

- ' La gran disminución de volumen abarata considerablemente los costes de transporte del fango para su evacuación
- ' El fango desecado es mucho más fácil de manipular que el fango líquido
- ' Consigue una mayor estabilización del producto, evita la producción de lixiviados y aumenta considerablemente su poder energético

Métodos de desecación, basados en evaporación y filtración naturales o artificiales:

- , **Eras de secado:** Superficies de terreno sobre las que se deposita el fango estabilizado, dejándolo secar de forma natural por drenaje
- , **Lagunas de secado:** Estanques de gran superficie y poca profundidad en los que se vierte el fango para su desecación por evaporación natural
- , **Secado térmico:** Proceso artificial de deshidratación basado en la vaporización del agua por acción del calor
- , **Filtración:** Hacer pasar el fango a través de un medio filtrante que retiene las partículas, que puede favorecerse haciendo vacío o ejerciendo presión
- , **Centrifugación:** Separación de un sólido de un líquido por diferencia de densidad, sometiendo la suspensión a fuerzas aceleradoras de hasta 5.000 veces la de la gravedad



## TRATAMIENTO DE FANGOS DE DEPURADORA (III)

### Aprovechamiento de fangos

Suelen utilizarse fangos estabilizados y desecados como enmienda de suelos orgánicos:

• **Aplicación directa al terreno:** Se extienden fangos de alto contenido en humedad sobre tierras agrícolas; si se inyectan bajo la superficie, su materia orgánica acondiciona el suelo y mejora su capacidad de retención de humedad

• **Compostaje:** Fermentación aerobia a que puede someterse un fango de bajo contenido en humedad para aumentar su grado de estabilidad; durante algunas semanas se degrada parte de la materia orgánica, obteniéndose un producto (“compost”) que es un excelente acondicionador de suelos agrícolas

### Eliminación de fangos

Si no se aprovechan los fangos deshidratados, se eliminan en las condiciones adecuadas:

- **Lagunaje:** Fangos de alto contenido en humedad se vierten en estanques de tierra, donde se produce un drenado y una evaporación
- **Vertido controlado:** Fangos de bajo contenido en humedad se depositan en vertederos controlados de residuos sólidos
- **Relleno de terreno:** Se puede llevar a cabo con fangos secos con total seguridad aprovechando minas abandonadas u otras estructuras similares
- **Incineración:** Permite transformar toda la materia orgánica contenida en el fango en productos gaseosos y cenizas inorgánicas; se lleva a cabo en hornos, eliminándose las cenizas en un vertedero controlado y los gases de combustión, tras el tratamiento adecuado, pueden evacuarse a la atmósfera

# RESIDUOS SÓLIDOS

Tipos de residuos sólidos

La gestión de los residuos sólidos

Gestión de residuos agrarios

Gestión de residuos mineros, industriales y peligrosos

Gestión de residuos sólidos urbanos

Eliminación de residuos sólidos por vertido controlado

Eliminación de residuos sólidos por incineración

Aprovechamiento de los residuos sólidos para la obtención de energía: procesos térmicos

Aprovechamiento de los residuos sólidos para la obtención de energía: procesos biológicos

Aprovechamiento de los residuos sólidos para la producción de compost

Aprovechamiento de residuos sólidos por reciclado

## TIPOS DE RESIDUOS SÓLIDOS

**“Residuos sólidos”**: Materias sólidas resultantes de procesos de producción o consumo, cuyo poseedor destina al abandono:

- S Permanecen donde son depositados
- S Los agentes geológicos son incapaces de dispersarlos
- S Sobrecargan el medio de forma irreversible

Manipulación:

- { Históricamente se han eliminado alejándolos
- { Actualmente se intentan recuperar algunos de sus componentes o transformarlos en productos valiosos

Los residuos sólidos pueden clasificarse según los siguientes tipos:

- **Residuos agrarios:**
  - ↳ Consecuencia de actividades agrícolas, ganaderas y forestales
  - ↳ Prácticamente sólo contienen componentes biológicos
  - ↳ Representan más del 50%
- **Residuos mineros e industriales:**
  - ↳ Actividades de minería, industria básica e industrias transformadoras
  - ↳ Composición muy diversa
  - ↳ Representan en torno al 40%
- **Residuos peligrosos:**
  - ↳ Son los que pueden representar un riesgo para los seres vivos
  - ↳ Variedad muy grande
  - ↳ Sólo representan el 1%, pero merecen especial consideración
- **Residuos urbanos:**
  - ↳ Son consecuencia de las actividades de consumo en las ciudades
  - ↳ Composición muy variable
  - ↳ Representan menos de 10%



## LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Conjunto de operaciones que se llevan a cabo para reducir al mínimo el impacto de los residuos sólidos sobre el medio ambiente

Las operaciones pueden englobarse en tres fases:

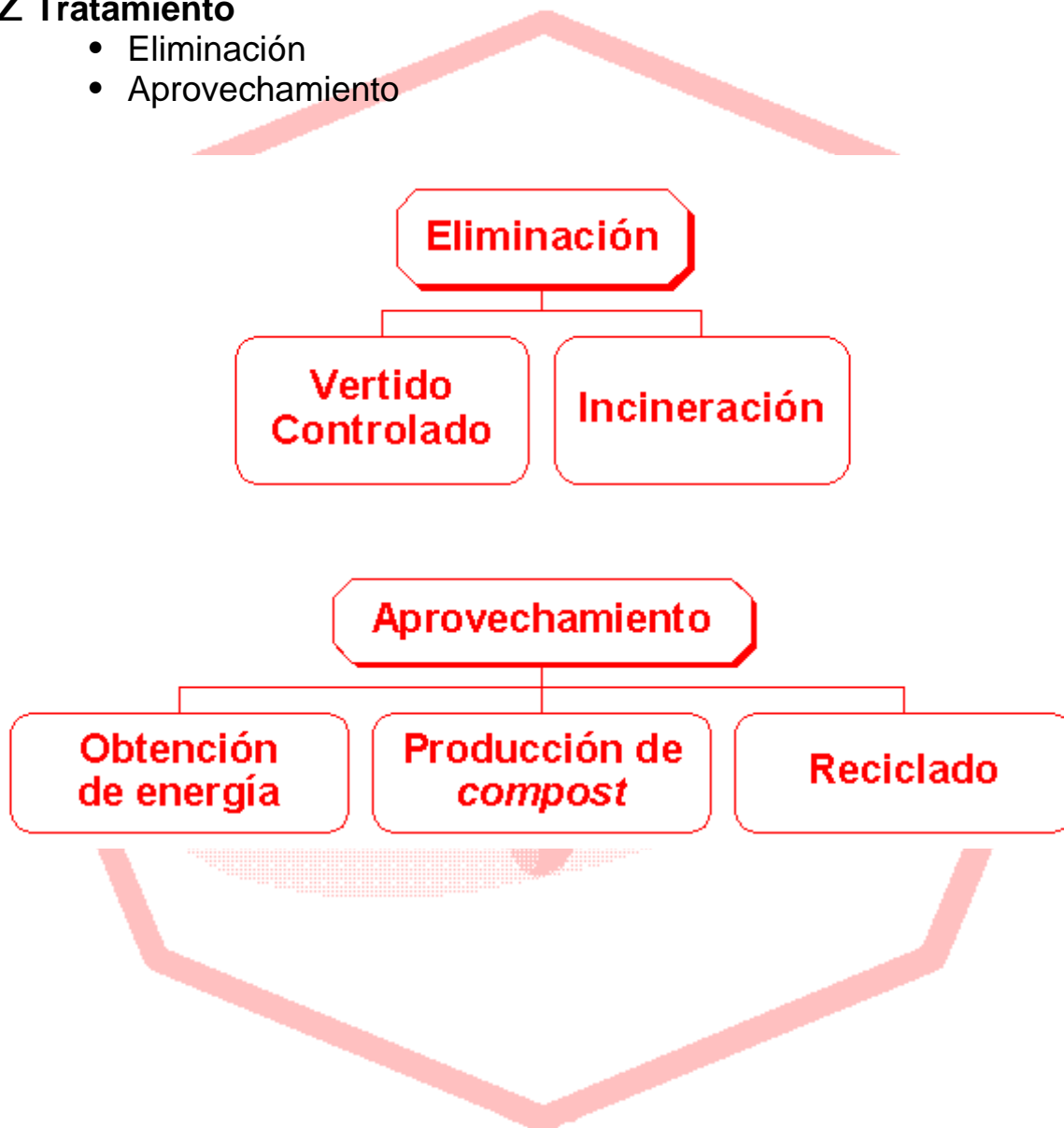
### Ž Recogida

- Bruta (no incluye ningún tipo de separación)
- Selectiva (separación previa de los componentes más abundantes)

### Ž Transporte (incluye compactación simultánea para reducir el volumen)

### Ž Tratamiento

- Eliminación
- Aprovechamiento



## GESTIÓN DE RESIDUOS AGRARIOS

### Residuos agrícolas:

- , Partes de una planta cultivada que es preciso separar para obtener el fruto o para facilitar el cultivo posterior
- , Son biológicos, poseen un alto contenido en celulosa y un bajo contenido en humedad
- , Su recogida forma parte de las labores agrícolas y su transporte hacia el lugar de tratamiento se realiza por métodos convencionales
- , Tradicionalmente su tratamiento ha sido la **eliminación por incineración**
- , En la actualidad se prefiere su **aprovechamiento para la obtención de energía**

### Residuos ganaderos:

- , Estiércoles producidos por el ganado
- , Son biológicos, poseen un alto contenido en humedad y desprenden olores desagradables
- , Su recogida y transporte ha de hacerse en recipientes cerrados
- , Su tratamiento puede hacerse en la misma explotación ganadera o en lugares centralizados
- , Suelen tratarse por **aprovechamiento para la obtención de energía** o por **aprovechamiento para la producción de *compost***

### Residuos forestales:

- , Restos del árbol que no se aprovechan directamente y matorral que se obtiene en las tareas de clareo y otras labores forestales
- , Son biológicos, tienen un alto contenido en celulosa y un bajo contenido en humedad
- , Su recogida, transporte y tratamiento son imprescindibles, ya que su acumulación puede producir graves agresiones al medio (incendios forestales)
- , Tradicionalmente su tratamiento ha sido la **eliminación por incineración**
- , Actualmente se lleva a cabo un **aprovechamiento para la obtención de energía**

## GESTIÓN DE RESIDUOS MINEROS, INDUSTRIALES Y PELIGROSOS

Su tratamiento se lleva a cabo en el lugar de generación y consiste en:

- Estabilización y reducción de su poder contaminante
- Operaciones físicas y procesos químicos específicos para cada caso
- Posteriormente se procede a su **eliminación por vertido controlado**
- Vertidos en sitios especiales que se controlan de forma periódica

Modernamente los procesos de producción intentan una recuperación interna de todos los residuos para aprovechar mejor las materias primas, el agua y la energía

## GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Los residuos sólidos urbanos (RSU):

- \$ Son los menos abundantes
- \$ Son los que ocasionan más molestias a la comunidad
- \$ Su cantidad y composición dependen de numerosos factores
- \$ Su densidad es muy baja, por lo que ocupan mucho volumen

Primer problema, recogida:

- Tradicionalmente es global, en un solo contenedor
- Nuevas tendencias (“reciclado”), basadas en contenedores selectivos

Transporte en dos fases:

- ' Camiones recolectores-compactadores aptos para el interior de las ciudades
- ' Compactación y transvase a otros camiones en instalaciones intermedias (“estaciones de transferencia”)
- ' Transporte al lugar definitivo de tratamiento en camiones de mucha mayor capacidad

Métodos de tratamiento:

- **Eliminación por vertido controlado o por incineración**
- **Aprovechamiento para la obtención de energía, para la producción de *compost* o por reciclado**



## ELIMINACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS POR VERTIDO CONTROLADO

Procedimiento más simple, barato y utilizado

Criterios de selección del emplazamiento de un vertedero:

**K Ubicación:** Conocer la propiedad del terreno, su superficie, la cercanía de población, los servicios existentes y su inclusión en planes de ordenación territorial

**K Capacidad del lugar:** Afectada por la cantidad, composición y compactación de los residuos, el sistema de vertido y su asentamiento con el tiempo, determina la vida del vertedero

**K Datos geológicos:** Conocer la permeabilidad del terreno y los materiales para cubrir los residuos

**K Climatología:** Las precipitaciones pueden causar escorrentías o infiltraciones; los vientos pueden propagar olores, polvo y restos ligeros; las bajas temperaturas pueden provocar heladas que impidan manejar el material

**K Datos hidrológicos:** El conocimiento de la ubicación de acuíferos permite evitar su contaminación.

**K Inventario biológico:** Conocer las especies vegetales y fauna de la zona, para evitar la influencia sobre ellas

**K Utilización final:** Conocer las posibilidades de empleo de la zona, una vez finalizado el vertido, permitirá la mejora del paisaje

El vertido consiste en depositar sucesivamente capas de residuos y capas de material de cobertura ("célula"), hasta completar distintos niveles ("terrazas")



El impacto ambiental puede evitarse controlando los siguientes factores:

**T Producción de lixiviados:** La lluvia penetra las capas de residuos, generando un líquido muy contaminante denominado "lixiviado" que hay que recoger mediante drenajes subterráneos

**T Formación de gases:** En el vertedero se produce una fermentación anaerobia generando metano, que queda embolsado en las capas de residuos y es necesario controlar

**T Olores y animales:** El frente de vertido puede ser fuente de olores y lugar de acudida de diversos animales; esto puede evitarse cubriendo los residuos

**T Ruidos:** La maquinaria genera ruidos, que han evitarse mediante barreras acústicas

**T Deterioro paisajístico:** El impacto visual de puede atenuarse formando barreras de vegetación y adecuando sus accesos

## ELIMINACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS POR INCINERACIÓN

**“Incineración”**: Oxidación completa para dar sustancias gaseosas, cenizas sólidas y calor, reduciéndose el volumen inicial de los residuos en un 85%

Los factores a considerar en la incineración son los siguientes:

- ~ Exceso de oxígeno: 20 - 40% superior al teórico
- ~ Temperatura de combustión: 600 - 1.300 °C
- ~ Características de los residuos: físicas, químicas y térmicas

La incineración se realiza en hornos de los que se evacúan:

Û **Gases**: Contienen partículas en suspensión y derivados clorados, azufrados y nitrogenados, que han de ser tratados y luego pueden evacuarse mediante una chimenea

Û **Cenizas**: Pueden ser eliminadas en un vertedero controlado o ser utilizadas como material de construcción

## APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PARA LA OBTENCIÓN DE ENERGÍA: PROCESOS TÉRMICOS

### Combustión:

- ® Método de aprovechamiento más sencillo
- ® Sistema de incineración con un equipo de recuperación de calor (caldera) y un sistema para su utilización (conducciones de vapor, turbina y generador)
- ® La energía obtenida puede destinarse a la producción de agua caliente o de electricidad

### Gasificación:

- ® Procesos de combustión en condiciones de defecto de oxígeno para obtener gases diversos ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$  y  $\text{CH}_4$ )
- ® La temperatura oscila entre 700 y 1.100 °C
- ® El oxígeno se limita entre un 10 y un 50% del de la combustión completa
- ® Por gasificación con aire se obtiene “gas de gasógeno”, que se utiliza en unidades de combustión para obtener vapor y electricidad
- ® Por gasificación con oxígeno y vapor de agua se obtiene “gas de síntesis”, que se puede transformar en combustibles líquidos

### Pirólisis

- ® Descomposición por la acción del calor (275 - 450°C) en ausencia de oxígeno
- ® Según las condiciones de operación se pueden obtener gases conteniendo hidrógeno, óxidos de carbono e hidrocarburos, líquidos hidrocarbonados y sólidos carbonosos
- ® Si se añade un gas reductor ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ) a 300 - 500°C y alta presión, pueden mejorarse los rendimientos en combustibles líquidos (“licuefacción”)

# APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PARA LA OBTENCIÓN DE ENERGÍA: PROCESOS BIOLÓGICOS

## Digestión anaerobia:

- Método de aprovechamiento más sencillo de residuos de alto contenido en humedad
- Fermentación microbiana en ausencia de oxígeno que produce una mezcla de gases ( $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ ; "biogás") y una suspensión acuosa ("lodo"), que contiene los componentes no degradados
- Influyen temperatura, acidez, contenido en sólidos, nutrientes y tóxicos
- Se lleva a cabo en recipientes estancos ("digestores"), que poseen un dispositivo para recoger el gas producido
- El gas puede utilizarse como fuente directa de calor, en calderas de vapor o como combustible de motores acoplados a generadores eléctricos

## Fermentación alcohólica:

- Proceso biológico específico para residuos de alto contenido en hidratos de carbono (azúcares, almidón)
- Restringido al tratamiento de residuos agrícolas de plantas azucaradas o amiláceas
- Inicialmente el residuo es sometido a un proceso de hidrólisis para producir azúcares simples
- Los azúcares se convierten en etanol por la acción de levaduras bajo ciertas condiciones de temperatura y acidez
- El etanol producido se separa por destilación y puede utilizarse como combustible en motores de explosión



## APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PARA LA PRODUCCIÓN DE COMPOST

“**Compost**”: Enmienda orgánica del suelo; no exactamente un abono sino un regenerador, acondicionador o corrector del suelo; mejora sus propiedades físicas, químicas y biológicas, estimulando el crecimiento de las plantas

“**Compostaje**”: Fermentación aerobia del material biológico por medio de bacterias; durante el proceso se destruyen por la acción del calor toda clase de gérmenes patógenos y parásitos

### **Fermentación natural:**

... Forma más sencilla de obtener *compost*

... Los residuos triturados y humedecidos se colocan en montones de unos 2 m de altura y se remueven cada 10 días durante el primer mes y una sola vez al mes los dos meses siguientes, para favorecer la aireación

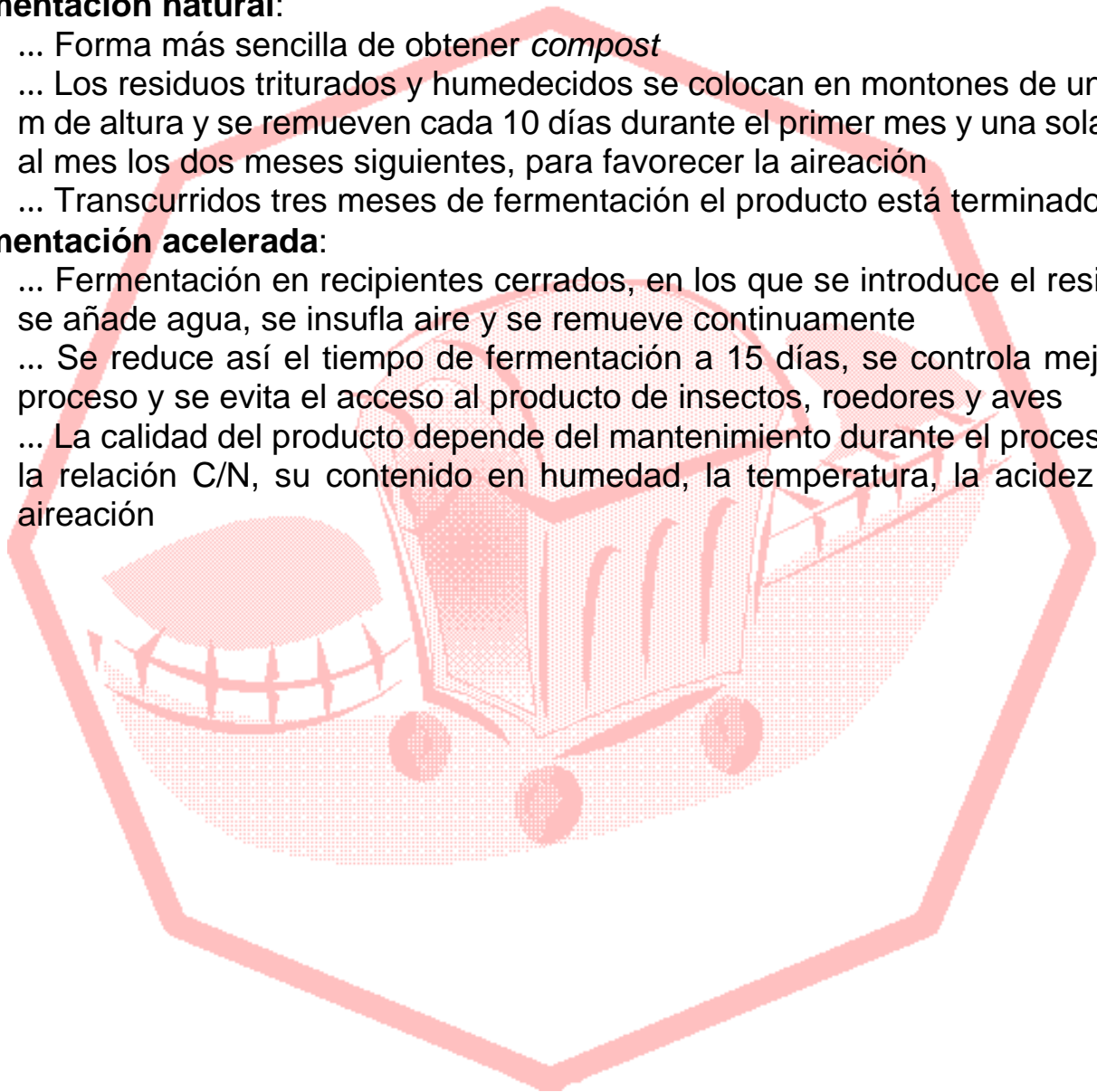
... Transcurridos tres meses de fermentación el producto está terminado

### **Fermentación acelerada:**

... Fermentación en recipientes cerrados, en los que se introduce el residuo, se añade agua, se insufla aire y se remueve continuamente

... Se reduce así el tiempo de fermentación a 15 días, se controla mejor el proceso y se evita el acceso al producto de insectos, roedores y aves

... La calidad del producto depende del mantenimiento durante el proceso de la relación C/N, su contenido en humedad, la temperatura, la acidez y la aireación



## APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS POR RECICLADO

**“Reciclado”:** Recuperación selectiva de productos contenidos en los residuos, para su reutilización

Características del proceso:

- Ahorro de energía y recursos naturales
- Disminución del volumen de residuos
- Protección del medio ambiente

Las operaciones de reciclado se efectúan en dos etapas:

~ **Separación:** Se utilizan métodos físicos o se hace manualmente; la tendencia es a hacerla por parte de los ciudadanos, depositando cada residuo en contenedores específicos

~ **Recuperación:** Operaciones específicas de cada uno de los materiales que se va a reciclar

Las operaciones de reciclado intentan la obtención directa de componentes que pueden ser reutilizados con operaciones de preparación simples:

▮ **Componentes celulósicos:** Papel y cartón (“papelote”) tratados en medio acuoso para formar una pulpa, que se destina a producir nuevo papel o cartón

▮ **Plásticos:** Sufren una segunda separación según su familia; se trituran para formar un granulado (“granza”), que se utiliza en la fabricación de nuevos artículos de plástico

▮ **Vidrios:** Se separan por colores y se muelen para formar un granulado (“calcín”); éste se incorpora a la fabricación de vidrio nuevo junto a las materias primas, proporcionando un ahorro energético y de materias primas

▮ **Metales:** Han de separarse por tipos; el hierro pasa a formar parte de la “chatarra”, que se utiliza como materia prima para la fabricación de acero; el aluminio se incorpora a su metalurgia, donde permite ahorrar energía



# RUIDO



Características físicas del sonido

Niveles sonoros

Audición humana

Sonidos y ruido

Sistemas de medida

Causas del ruido

Efectos del ruido

Control del ruido

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SONIDO

**Sonido:** Ondas de presión audibles que se propagan a través del medio como consecuencia de una vibración mecánica producida por un sólido:

**W** Se propaga en el aire en línea recta y con una velocidad que sólo depende de la temperatura

**W** Para que el oído pueda detectar las ondas sonoras, su frecuencia deberá estar entre 20 y 20.000 Hz

**Potencia sonora:** Energía transmitida por las ondas en la unidad de tiempo (magnitud que caracteriza a una fuente de sonido)

## NIVELES SONOROS

**Decibelio (dB):** Unidad fundamental que equivale a 10 veces el logaritmo de la relación entre una magnitud sonora y un valor de referencia

Las dos magnitudes principales (equivalentes) utilizadas en el estudio del ruido son:

**h Nivel de potencia sonora** (para fuentes sonoras, que disipan **potencia**):

$$L_w(dB) = 10 \log \frac{W}{W_0}$$

tomando como nivel de referencia  **$W_0 = 10^{-12}$  watios**

**h Nivel de presión sonora** (para receptores sonoros, que soportan **presión**):

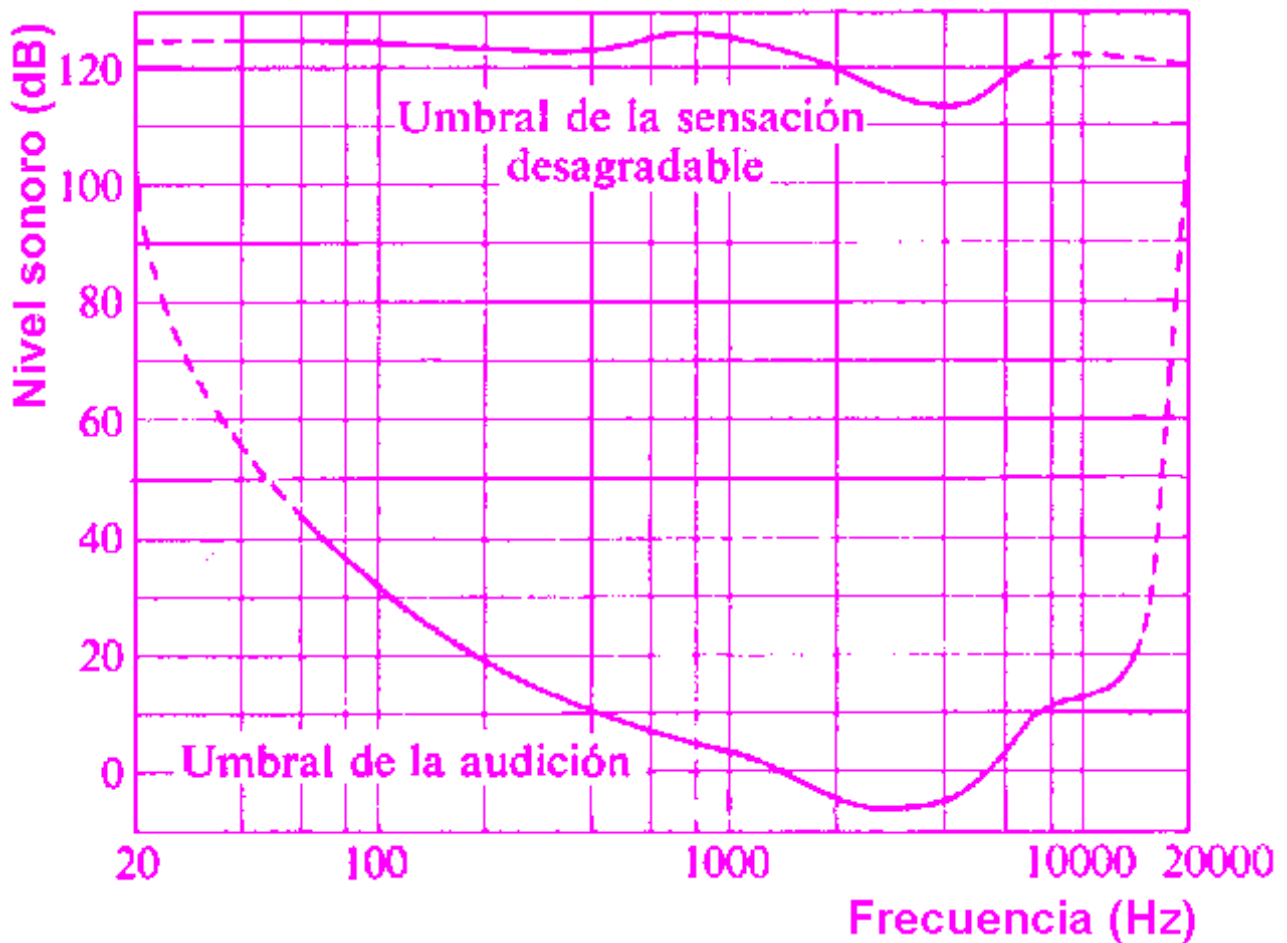
$$L_p(dB) = 10 \log \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \log \frac{P}{P_0}$$

tomando como nivel de referencia  **$P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  N/m<sup>2</sup>**

Los valores equivalentes de referencia (0 dB) se toman como el sonido más débil que puede percibir un ser humano normal a la frecuencia de 1.000 Hz

## AUDICIÓN HUMANA

Depende de la **intensidad** y de la **frecuencia** del sonido, estableciéndose un **área de audición**



**Umbral de audición:** Máxima sensibilidad del oído humano, **-5 db** a 2 - 4 kHz

**Umbral de dolor:** Máximo soportable del oído humano, **120 db** a cualquier frecuencia

**Sonoridad:** Intensidad subjetiva del oído o sensación de fuerza de un sonido percibida por el ser humano (depende de la frecuencia)

## SONIDOS Y RUIDO

**Sonido puro:** Sonido compuesto por una sola frecuencia; de línea espectral única

**Sonido periódico:** Combinación ordenada de sonidos puros; onda sonora periódica; líneas espectrales múltiples entre sí

**Ruido:** Combinación desordenada de sonidos puros; onda sonora no periódica; líneas espectrales aleatorias

Pueden considerarse los siguientes tipos de ruido:

☒ **Continuo:** No varían con el tiempo ni los niveles de presión sonora ni su espectro de frecuencias

☒ **Intermitente:** Varían constantemente entre límites estrechos tanto el nivel de presión sonora como el espectro de frecuencias

☒ **De impacto:** Proceso sonoro de muy corta duración y de nivel de presión sonora elevado, originado por choque de dos superficies sólidas

☒ **De impulso:** Proceso sonoro de muy corta duración y de nivel de presión sonora elevado, originado por variaciones bruscas de presión

☒ **De fondo** (“ruido blanco”): Es el ruido que contiene todas las frecuencias del espectro con la misma intensidad media



## SISTEMAS DE MEDIDA

Equipos especializados que usan micrófonos como sensores de presión:

S **Sonómetro:** Equipo más común; la señal captada por el micrófono se amplifica y corrige mediante un filtro que compensa el nivel de presión sonora para cada frecuencia de acuerdo con la respuesta del oído humano medio

S **Dosímetro:** Sonómetro adaptado para relacionar los niveles de presión sonora con los tiempos de exposición a dichos niveles, para dar valores de “dosis de ruido”

S **Analizador espectral:** Instrumento diseñado para medir los niveles de sonido de forma independiente en bandas concretas de frecuencias

## CAUSAS DEL RUIDO

### Actividades industriales:

- ± **Circulación de fluidos:** Producen ruidos los fluidos al circular por conductos cerrados, al producirse cambios de presión o al actuar sobre ellos superficies en movimiento
- ± **Rozamientos en máquinas:** Producen ruidos los contactos entre sí de superficies en movimiento
- ± **Impactos sobre sólidos:** Producen ruidos los contactos de superficies sobre sólidos

### Actividades urbanas:

- **Obras públicas o construcción:** Producen niveles de ruido poco permanentes pero muy elevados (vehículos pesados)
- **Servicios comunitarios:** Producen niveles de ruido medios de carácter casi permanente (sistemas de calefacción)
- **Señalizaciones sonoras:** Suelen ser de carácter singular y esporádico, aunque a veces se dejan sentir con excesiva frecuencia (sirenas)
- **Actividades lúdicas y recreativas.** Su origen social es muy acusado y sus espectros y niveles sonoros son muy variados (actuaciones musicales)

### Medios de transporte (tráfico rodado), depende de los factores:

- Ÿ Categoría del vehículo: motocicletas, turismos, camiones, autobuses
- Ÿ Antigüedad y estado de conservación del motor y del sistema de escape
- Ÿ Régimen de marcha: arranques, frenadas, velocidad
- Ÿ Rozamiento con el aire a velocidades elevadas
- Ÿ Tipo y disposición de la calzada: rampas, anchura, calidad del firme

## EFFECTOS DEL RUIDO

Efectos sobre el **ser humano**:

### Ì Efectos fisiológicos:

- ! Acción directa del ruido sobre el órgano auditivo
- ! Por debajo de 60 dB(A) no se producen efectos fisiológicos
- ! A partir de 80 dB(A) se pueden producir pérdidas de audición, en función del tiempo de exposición

### Ì Efectos psicológicos:

- ! Acción indirecta del ruido sobre el ser humano, difícilmente cuantificable
- ! Se manifiesta en forma de “molestias”, sensaciones de desagrado que la persona cree que pueden afectar a su bienestar

Efectos sobre los **materiales** (alteraciones moleculares):

### È Resonancia:

- " Fenómeno que se produce cuando actúa sobre un material una vibración cuyo período es múltiplo del de su vibración natural
- " La amplitud de vibración del material va aumentando hasta que puede producirse su fractura por sobrepasarse el límite de elasticidad

### È Fatiga:

- " Fenómeno que se produce cuando actúan sobre un metal vibraciones cíclicas y repetitivas
- " El metal va perdiendo paulatinamente sus propiedades elásticas lo que hace que finalmente se produzca su rotura



## CONTROL DEL RUIDO

Reducir los niveles sonoros hasta mínimos perjudiciales (normativa vigente):

- En proyectos nuevos, planificar adecuadamente para diseñar medidas de actuación
- En instalaciones en funcionamiento, realizar mediciones para aplicar medidas de corrección

El ruido puede ser controlado actuando de formas diversas:

**Y Modificación de la fuente sonora:** Reducción del movimiento de superficies emisoras, aislamiento de partes vibrantes mediante diversos materiales, modificación del funcionamiento de la fuente sonora o incluso su sustitución por otro equipo similar que emita menos ruido

**Y Aislamiento del medio transmisor:** Acción de control del ruido normalmente más utilizada, mediante diferentes métodos:

**t Cambio de implantación:** En exteriores, ubicar la fuente sonora lo más lejos posible del receptor; en interiores, tener en cuenta los usos de los espacios colindantes así como la circulación de aire entre ellos

**t Absorbedores:** Se utilizan cuando la fuente y el receptor se encuentran en el mismo espacio, empleando materiales que absorban el ruido aplicados a suelos, paredes y techos

**t Silenciadores:** Se utilizan para reducir el ruido asociado al flujo de gases por conducciones (entradas de aire a turbinas, salidas de gases de escape de motores)

**t Barreras (pantallas acústicas):** Obstáculos que se colocan entre la fuente y el receptor para que absorban la mayor cantidad posible de ruido; su eficacia depende del grosor, del tipo de material y de sus características reflectantes

**t Cerramientos:** Barreras acústicas que confinan totalmente una fuente sonora, con objeto de impedir la salida del ruido al exterior

**Y Protección del receptor:** Limitar la exposición al ruido de las personas a las que pueda afectar:

- ' El nivel sonoro se reduce mediante el uso de cerramientos o de protectores auditivos
- ' El tiempo de exposición se reduce por rotación del personal, de manera que esté expuesto al ruido durante un tiempo mínimo

