

TEMA 11. LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS

Guión del tema

1. Introducción
2. Contaminación del agua
3. La calidad del agua
4. Sistemas de tratamiento y depuración de las aguas
5. Control de calidad y protección de la calidad del agua

Desarrollo del tema

1. Introducción

- ✚ La hidrosfera ocupa más del 70 % de la superficie terrestre.
- ✚ Disponemos de 1.356 millones de km³ de agua que está sometida al ciclo del agua movido por la energía del sol.
- ✚ Las actividades humanas introducen modificaciones en los flujos de agua generando:
 - Pérdida de su calidad natural
 - Disminución del agua como recurso
- ✚ Las características del agua hacen de ella el vehículo ideal de eliminación de residuos:
 - Alto poder disolvente
 - Alto calor específico
 - Capacidad termorreguladora
 - Absorción de determinadas radiaciones
 - Densidad máxima en estado líquido a 4°C

2. Contaminación del agua

Concepto de contaminación según la Ley de Aguas, art. 85

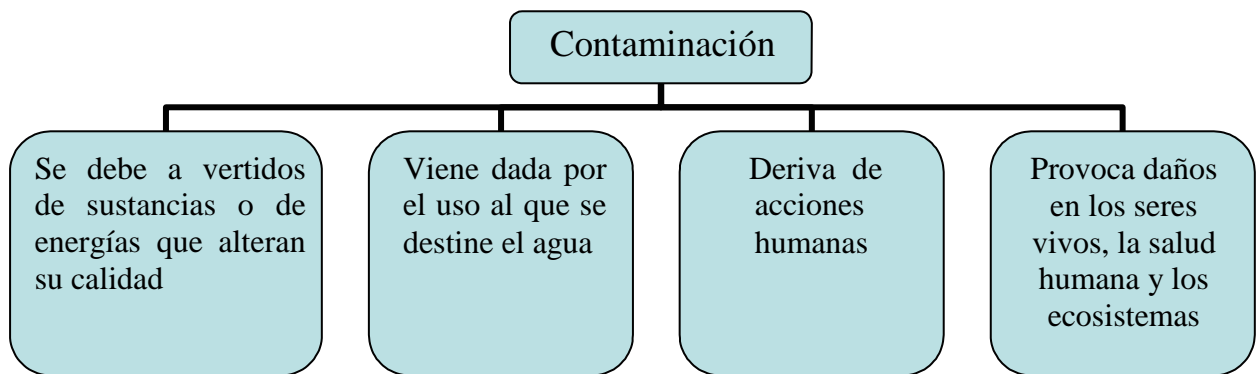
Acción y efecto de introducir materias o formas de energía o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica.

OMS

El agua está contaminada cuando su composición es alterada de modo que no conserva las propiedades que le corresponden a su estado natural.

Carta del Agua del Consejo de Europa, 1968

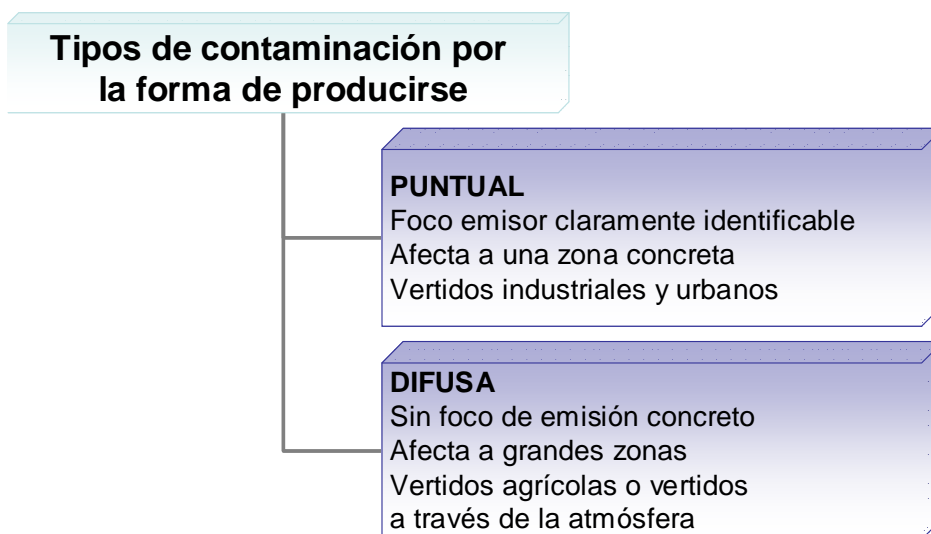
La contaminación consiste en una modificación, generalmente provocada por el hombre, de la calidad del agua, haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural.



2.a Origen y tipos de contaminación



Podemos distinguir varios tipos de contaminación en base a distintos criterios:



Tipos de contaminación por el origen

NATURAL

Sin intervención humana (partículas procedentes de la erosión, de erupciones, restos de animales y plantas). Normalmente la capacidad autodepuradora del agua es suficiente para eliminarla

ANTRÓPICA

Con intervención humana

Contaminación antrópica

URBANA-DOMÉSTICA

Restos fecales
Productos químicos procedentes de detergentes, lejías, bricolaje, etc.
Microorganismos

AGRÍCOLA-GANADERA

Abonos químicos
Fertilizantes
Plaguicidas
Agua utilizada en la limpieza de enseres y establecimientos agrícolas
Microorganismos

INDUSTRIAL

Contaminantes sólidos, metales pesados, materia orgánica
Contaminantes líquidos, aceites, grasas, que provocan acidez, alcalinidad, incremento de la temperatura, radiactividad, etc.

Otras fuentes de contaminación

Vertederos de residuos urbanos, industriales y agrarios

Uso de automóviles, aceites lubricantes, baterías, anticongelante, combustible

Accidentes y limpieza de petroleros, con mareas negras

2.b Factores y nivel de contaminación

Contribuyen a disminuir o aumentar los procesos de contaminación de las aguas:

- + **Tipo de receptor:** aguas superficiales o subterráneas
- + **Cantidad y calidad del receptor:** volumen de agua para diluir la contaminación
- + **Características dinámicas y estáticas:** con mayor o menor poder de dispersión
- + **Características de la biocenosis:** organismos capaces de degradar la contaminación
- + **Características de la zona** donde se localiza el receptor: suma de aportes contaminantes, clima, geomorfología.
- + **Usos previos del agua** del receptor: tipos de vertidos que soporta y sistemas de depuración

2.c Contaminantes del agua y sus efectos

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

- + **Contaminantes físicos.**
 - Temperatura
 - Partículas radiactivas
 - Sólidos en suspensión:
 - Inorgánicos
 - Orgánicos
- + **Contaminantes químicos**
 - Orgánicos:
 - Carbohidratos y proteínas
 - Grasas animales y aceites
 - Pesticidas
 - Fenoles
 - Inorgánicos:
 - Alcalis
 - Sales
 - Metales pesados
 - Nitrógeno y compuestos nitrogenados
 - Fósforo y derivados
 - Azufre
 - pH
 - Gases:
 - Sulfuros de hidrógeno
 - Metano
- + **Contaminantes biológicos**
 - Bacterias
 - Virus
 - Protozoos parásitos
 - Gusanos parásitos

Tablas de procedencia y efectos

2.d Efectos generales de la contaminación del agua

✚ **Contaminación de ríos y lagos: EUTROFIZACIÓN**

Ríos

La contaminación de los ríos procede de:

- Su propia capacidad erosiva y de arrastre
- Vertidos procedentes de las actividades humanas (domésticas, agrícolas e industriales)

Los efectos más importantes de la contaminación de los ríos son:

- la restricción en el uso del agua
- alteraciones en la fauna y/o flora acuáticas
- apariencia y olor desagradables

La mejor defensa:

- su propia dinámica que les permite una **AUTODEPURACIÓN**, siempre y cuando se mantenga el CAUDAL ECOLÓGICO.

Lagos

Al ser masas de agua estáticas el problema es mayor.

Los lagos y embalses pueden ser:

- Eutróficos. Con elevada tasa de producción primaria, gran concentración de nutrientes, baja concentración de oxígeno y poco profundos
- Oligotróficos. Bajo contenido en nutrientes, poco productivos, mucho oxígeno, transparentes y profundos.
- Mesotróficos. Intermedios.

Uno de los problemas es el proceso de **EUTROFIZACIÓN**:

Aumento de la productividad primaria (excesivo crecimiento de algas) provocado por la introducción de bionutrientes (nitrógeno o fósforo) inorgánicos y orgánicos.

Imagen libro

La eutrofización también se produce en zonas costeras con **mareas rojas** o floraciones algales nocivas.

Medidas correctoras:

- Limitar o prohibir vertidos domésticos y agrícolas en ecosistemas acuáticos reducidos o con escasa dinámica
- Depurar las aguas residuales antes de su devolución al receptor
- Disminuir el contenido de los polifosfatos de los detergentes
- Inyectar oxígeno puro en lagos y embalses afectados
- Añadir nitrógeno al agua para evitar el crecimiento de cianofíceas

✚ **Contaminación de las aguas subterráneas**

En España las aguas subterráneas abastecen al 30 % de la población y a la cuarta parte de la superficie agrícola de regadío. Madrid tiene el acuífero más grande de España y uno de los más importantes de Europa. Además son el soporte de muchas zonas húmedas como las Tablas de Daimiel y las Lagunas de Ruidera.

Los problemas mayores:

- contaminación
- sobreexplotación
- salinización

La contaminación de esta agua puede ser:

- puntual (vertedero, fosa séptica)
- difusa (fertilizantes en zonas de regadío)

El origen de la contaminación:

- vertidos de residuos urbanos o industriales
- fugas de aguas residuales y su infiltración
- lixiviado o arrastre de sustancias por el agua de lluvia
- fertilizantes y pesticidas en zonas de agricultura intensiva
- vertidos de granjas ganaderas

El problema que presentan:

- baja dinámica
- poca capacidad autodepuradora

Medidas correctoras:

- limitación de ciertas actividades, instalaciones y obras en zonas próximas a acuíferos
- control de vertidos en las ya existentes
- instalación de depuradoras en los procesos de producción industrial

La sobreexplotación de un acuífero se ocasiona por extraer agua en cantidad superior a su capacidad de recarga (principio de recolección sostenible).

Si esta sobreexplotación se produce en zonas próximas a la costa se produce una **intrusión salina**, o entrada del agua del mar a la zona del acuífero desalojando al agua dulce y salinizando el agua subterránea. **Dibujo.**

Las consecuencias:

- inutilización para uso doméstico y uso agrícola

Contaminación del mar

Mares y océanos tienen una elevada capacidad autodepuradora.

La contaminación procede de:

- Contaminación de los ríos con microbios, metales pesados, materia orgánica, etc.
- Vertidos incontrolados
- Basuras flotantes
- Accidentes de petroleros
- Actividades industriales (plataformas petrolíferas)

Las **mareas negras** dependen de:

- Tipo de vertido (si es crudo o refinado)
- la cantidad
- la distancia a la costa
- las características del mar u océano donde se produce

Sus efectos:

- Muerte de organismos por hundimiento al perder capacidad para flotar y calor
- Incapacidad fotosintética de las algas por falta de luz
- Desestabilización de las redes tróficas
- Envenenamiento de los organismos
- Alteración de actividades pesqueras y turísticas con graves consecuencias económicas
- Destrucción de ecosistemas como los manglares, arrecifes de coral y marismas, de gran valor ecológico

La degradación de los vertidos sigue unos procesos naturales:

- Evaporación de hidrocarburos ligeros
- Fotooxidación de componentes del vertido en la superficie del mar
- Dispersión de componentes pesados por acción del oleaje
- Emulsión o formación de chapapote que dificulta su recogida
- Disolución de pequeñas cantidades
- Sedimentación de las fracciones más pesadas
- Degradación por acción bacteriana

Medidas correctoras

- Prevenir con una reglamentación adecuada y exigencias para el transporte de mercancías peligrosas
- Barreras flotantes de contención o botalones para cercar el vertido
- Barreras químicas que usan geles para recoger el crudo
- Recogida por succión
- Empleo de agentes dispersantes para facilitar la biodegradación
- Agentes de hundimiento (contamina los fondos)
- Combustión del vertido (contamina la atmósfera)
- **BIORREMEDIACIÓN**, lo más eficaz y ecológico, con siembra de poblaciones bacterianas (*Pseudomonas putida*, *Pseudomonas oleovorans*, *Methylbacterium*) junto a un sustrato inerte para que degraden selectivamente los hidrocarburos.

3. La calidad del agua

3.a Parámetros

Indicadores de las características y de las propiedades que los diferentes contaminantes proporcionan al agua.

Parámetros físicos

- Transparencia o turbidez, por las partículas y microorganismos
- Color, sabor y olor, según la materia orgánica que contenga el agua
- Conductividad eléctrica, dependiente de la cantidad de iones disueltos

Parámetros químicos

- Iones bicarbonato, cloruro, sulfato, etc.
- **OD, oxígeno disuelto** imprescindible para la vida acuática, disminuye al aumentar la contaminación orgánica ya que se emplea en su degradación
- **DBO, demanda biológica de oxígeno**, medida de la cantidad de oxígeno que los microorganismos necesitan para oxidar la materia orgánica. Se utiliza la DBO5, que indica la cantidad de oxígeno que se necesita para incubar a 30 °C durante cinco días los microorganismos (degradan toda la glucosa y hasta el 40 % de los carbohidratos complejos)
- **DQO, demanda química de oxígeno**, ensayo de oxidación de compuestos orgánicos por dicromato o permanganato potásico en medio ácido y con catalizadores. Determina la cantidad de oxígeno necesaria para degradar la materia orgánica sin microorganismos
- **COT, contenido total de carbono** de los compuestos orgánicos. Se halla por incineración de una muestra de agua
- **pH** que será idóneo entre 6 y 8,5
- **Alcalinidad** según los iones bicarbonato e hidroxilo
- **Dureza**, expresada en concentración de carbonato cálcico e iones calcio y magnesio (blandas tienen menos de 50 mg/l, duras tienen más de 200 mg/l)
- **Nitrógeno** (nitritos, nitratos, amoníaco, orgánico) refleja contaminación reciente

Parámetros biológicos

Cantidad de microorganismos que se encuentran en el agua.

Los más usados para estudiar la contaminación en el momento de tomar la muestra:

- OD
- DBO
- DQO
- Sólidos disueltos y en suspensión
- Compuestos de N, P, S y Cl
- pH
- Dureza
- Turbidez
- Elementos tóxicos
- Microorganismos patógenos

Se utilizan para conocer un estado más amplio los **INDICADORES BIOLÓGICOS DE CONTAMINACIÓN** que son determinados seres vivos que orientan sobre la cantidad de contaminación y cuyas variaciones de población reflejan alteraciones del medio.

Dibujo del Libro.

3.b Índices compuestos

Existen fórmulas globales con varios parámetros para hacer una valoración general de la calidad del agua. Son valores numéricos del 1 al 100.

- ICG o índice de calidad general, incluye parámetros físicos y químicos
- Índice de saprobios, analiza presencia de organismos de la zona de descomposición de materia orgánica.

Tabla del Libro.

4. Sistemas de tratamiento y depuración de las aguas

4.a Tratamiento del agua para el consumo

Se lleva a cabo en las ETAP (Estaciones de Tratamiento de Agua Potable)

Los procesos:

a) Tratamiento global

- Decantación
- Filtrado
- Tamizado
- Coagulación
- Floculación

b) Tratamiento especial

- Desinfección por cloración
- Ozonización
- Radiación ultravioleta
- Cloraminas (siempre lejos de zonas de consumo)
- Tratamientos de afine como neutralización y ablandamiento

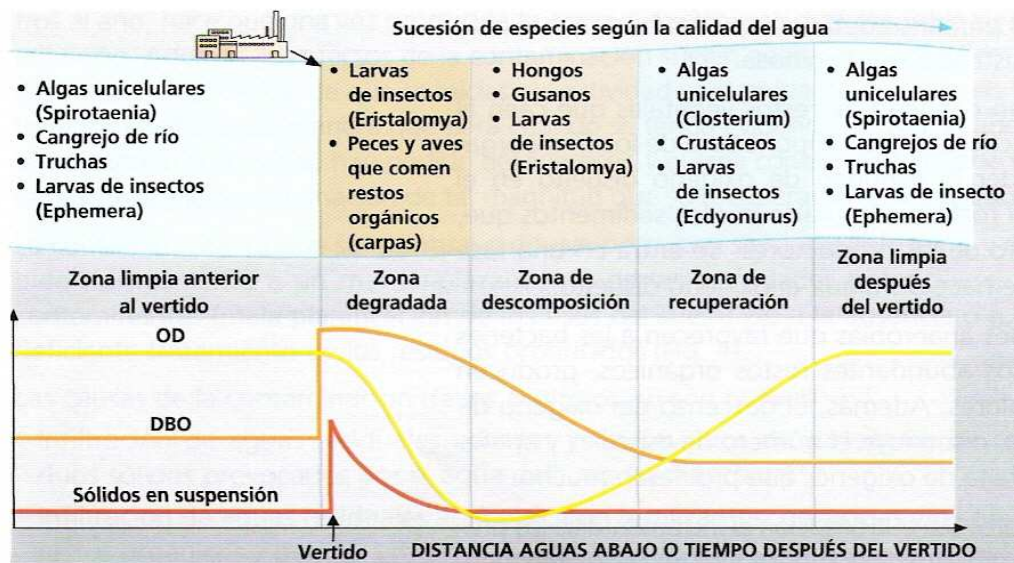
4.b Autodepuración

Tiene lugar en las aguas naturales. Consiste en:

- Sedimentación de partículas
- Procesos químicos y biológicos de transformación de materia orgánica en inorgánica
- Aumento de la actividad fotosintética de las algas con enriquecimiento en oxígeno
- Restablecimiento de los organismos aerobios
- Equilibrio del agua que se vuelve clara y limpia

Depende de:

- Tiempo
- Temperatura
- Cantidad de oxígeno disuelto



4.c Sistemas de depuración de las aguas residuales

Conjunto de procedimientos que tratan de devolver al medio natural el agua, una vez empleada para 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 la recupere con sus propios mecanismos de autodepuración.

✚ Sistemas de depuración natural o blanda

- Reproducen los procesos de autodepuración bajo condiciones especiales.
- Baratos
- Adecuados para aguas residuales de pequeños núcleos de población y zonas con pocos recursos económicos
- Son lentos, hasta de varios meses
- Los más conocidos los de **LAGUNAJE**
 - **Lagunas aerobias.** Excavadas en tierra, gran superficie y poco profundas
 - **Lagunas anaerobias.** Pequeña superficie, muy profundas.
 - **Lagunas facultativas.** Combinan procesos en aerobiosis y anaerobiosis.
- Otros son los **FILTROS VERDES**, terrenos con vegetación arbórea de rápido crecimiento (choperas) con surcos por donde circula el agua sometida a procesos físico-químicos y biológicos del suelo.

✚ Sistemas de depuración tecnológica o dura

- Se llevan a cabo en las EDAR (Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales)
- Requieren grandes inversiones en las instalaciones, los equipos y energéticas
- Adecuadas para poblaciones grandes y con medios económicos
- Mucho más rápidas
- Tratan mayor volumen de agua
- Tres tratamientos posibles:
 - **Línea de agua.** Camino del agua desde la entrada a la estación hasta el vertido al receptor
 - **Línea de fangos.** Concentran la contaminación, la desecan y la preparan para otros usos
 - **Línea de gas.** Los fangos pueden someterse a tratamientos que producen biogás, que podrá a su vez alimentar a la planta de energía eléctrica

Línea de agua

Los tratamientos son:

1. **Pretratamiento.** Separación de sólidos en suspensión o flotantes de gran tamaño y densidad
 - **Desbaste o retención** con rejas gruesas o finas
 - **Desarenado** mediante circulación del agua lenta para que se deposite en el fondo
 - **Desengrasado** de la misma manera que antes y por inyección de aire para que los materiales menos densos queden en superficie y se eliminen con rasquetas
2. **Tratamiento primario.** Separación de sólidos en suspensión y material flotante.
 - **Decantación** en tanques circulares con mecanismos de arrastre y extracción de fangos.
 - **Floculación** mediante el empleo de sustancias químicas (sales metálicas, iones) que se combinan con la materia en suspensión
 - **Neutralización o ajuste de pH**
3. **Tratamiento secundario.** Eliminación de la materia orgánica biodegradable mediante una digestión microbiana acelerada, en tanques con condiciones aerobias. Dos procedimientos:
 - **Lodos o fangos activos,** El agua se coloca en depósitos de grandes dimensiones con condiciones aerobias de modo que las bacterias presentes o las que se añadan degraden la materia orgánica por oxidación. El oxígeno se aporta mediante turbinas o difusores. Se forma un sustrato gelatinoso con un cultivo muy activo de bacterias situado en el fondo del tanque
 - **Lechos o filtros bacterianos,** Tanques rellenos de piedras o material sintético en cuya superficie se forma una película de bacterias, hongos y protozoos. El agua pasa a través del filtro en forma de lluvia y los microbios van degradando la materia orgánica. El agua depurada se recoge en la parte inferior.

A este tratamiento se añaden:

- **Decantación secundaria.** Eliminación de los restos de materia orgánica y lodos.
 - **Desinfección.** Cloración u ozonización para evitar problemas de salud por bacterias y virus patógenos. También se emplean lámparas ultravioleta.
4. **Tratamiento terciario.** Eliminación de contaminantes difíciles de separar como metales pesados, sales minerales, compuestos orgánicos disueltos, mediante ósmosis inversa, electrodiálisis, adsorción. Estos procesos son caros y solo se realizan en algunas EDAR.

Línea de fangos

1. **Espesamiento.** Reducción del volumen de los fangos deshidratándolos por gravedad.
2. **Estabilización.** Eliminación de la materia orgánica presente en condiciones aerobias o anaerobias, produciendo biogás (metano y dióxido de carbono)
3. **Acondicionamiento químico.** Elimina sólidos en suspensión con cal, cloruro férrico o calor a presión.
4. **Deshidratación.** Eliminación total del agua con filtros, prensas, centrifugas, secado, etc.
5. **Incineración, almacenado en vertederos o empleo en agricultura.** Depende de la composición final del fango obtenido.

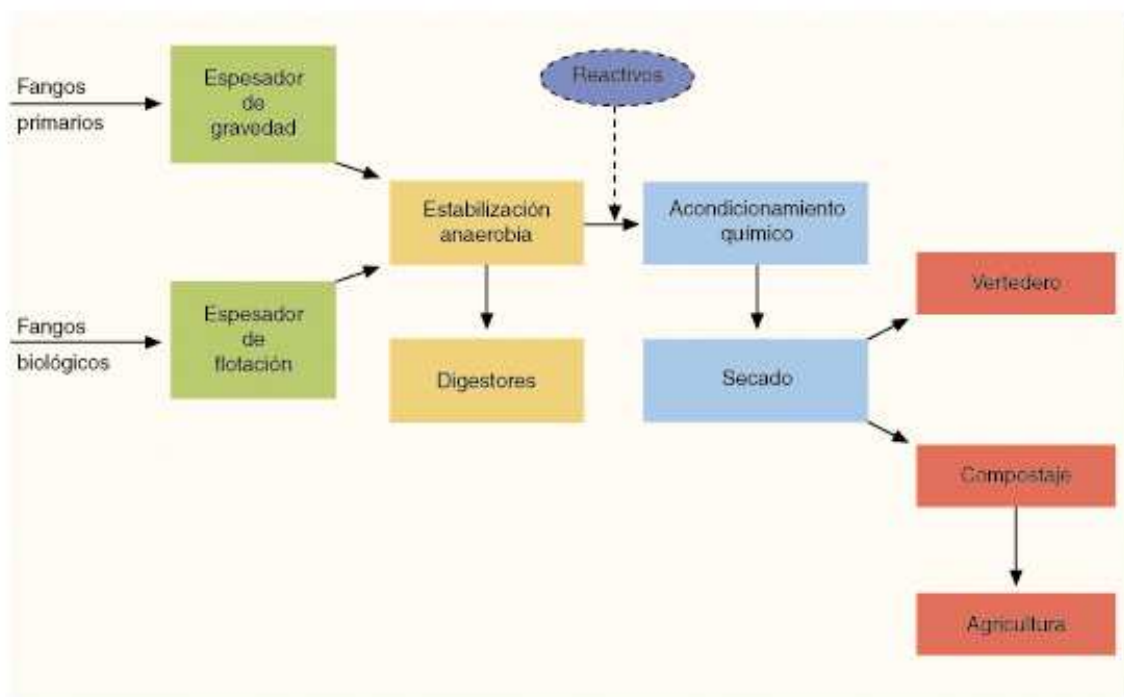


Fig. 9.33. Esquema de la línea de fangos de una depuradora.

Línea de gas

El gas resultante de la digestión de los fangos puede reutilizarse para aportar parte de la energía eléctrica que requiere la planta.

El gas que no se utiliza se suele quemar en una antorcha.

ESQUEMA DEL LIBRO

5. Control de calidad y protección de la calidad del agua

✚ La vigilancia de la calidad del agua sirve para detectar con rapidez las alteraciones y su origen.

Se lleva a cabo mediante **redes de control** que:

- Describen condiciones actuales de la calidad del agua
- Analizan tendencias a largo plazo
- Identifican los factores que afectan a su calidad

Vigilan las Comisarías de Aguas de las Cuencas Hidrográficas.

- En España se crea en 1962 la red COCA (Red Control de la Calidad de las Aguas) con 456 estaciones donde se toman muestras y se analizan hasta 40 parámetros
- Red COAS (Control de Agua para el Abastecimiento)
- Red ICTIOFAUNA (Control de la Calidad del Agua para la vida piscícola)
- Red de Calidad de Aguas Subterráneas
- Desde 1991 funciona la Red ICA (Integrada de Calidad de Aguas) con 1000 instalaciones de muestreo periódico, 200 de muestreo ocasional y 200 de alerta
- Desde 1993 el sistema SAICA (Sistema Automático de Información de Calidad de Aguas) con sistemas de muestreo y transmisión de información continuos
- El IGME tiene la ROCAS (red de Observación de Aguas Subterráneas) desde 1970 y red de observación de la evolución de la intrusión marina en acuíferos costeros

✚ Medidas preventivas

- Zonas de protección de embalses
- Perímetros de protección de acuíferos
- Protección de humedales
- Estudios de impacto ambiental
- Planificación hidrológica
- Concesiones y autorizaciones de uso
- Canon de vertido
- Estructuras de depuración
- Limitación de la contaminación en el origen
- Protección de acuíferos sobreexplotados
- Sanciones

VISITA A UNA ETPA Y EDAR LEÓN

Preparación de la visita. Presentación Power point sobre El agua y la contaminación.
Redacción de un artículo periodístico que recoja los aspectos principales de la visita y de la depuración de aguas residuales en relación con la problemática ambiental.