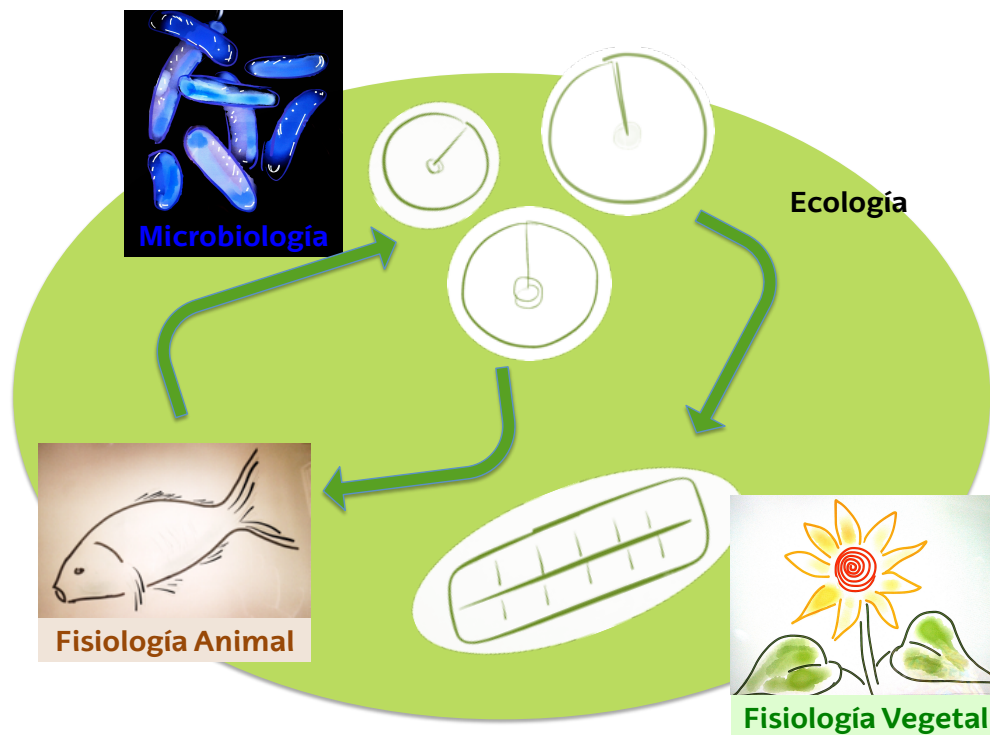


Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) de la localización de una estación depuradora de aguas residuales

Anexo Tema 1



M^a Begoña González Moro
Inés Arana, Irrintzi Ibarrola
Aitor Larrañaga
Usue Pérez-López
Isabel Salcedo

Facultad de Ciencia y Tecnología
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea

¿Qué es una EDAR o Estación Depuradora de Aguas Residuales?

Una EDAR se construye combinando procesos de tratamiento separados o unidades diseñadas para producir un efluente de calidad especificada desde un agua residual (influyente) de composición y tasa de flujo conocidas. El objetivo del tratamiento es, fundamentalmente, la reducción de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) asociada a compuestos orgánicos (disueltos y en suspensión), ocasionalmente la eliminación de nutrientes inorgánicos y orgánicos (N y P) y la producción de unos fluentes que deben cumplir normas legales de vertidos. Además, se busca la reducción de la carga microbiana, evitando el vertido de posibles patógenos.

Los materiales presentes en las aguas residuales pueden eliminarse de ellas por medios físicos, químicos y biológicos. Los métodos individuales de tratamiento se clasifican en: Operaciones físicas unitarias, Procesos químicos unitarios y Procesos biológicos unitarios. Estos métodos individuales se utilizan conjuntamente en diversas combinaciones en los sistemas de tratamiento.

Las operaciones físicas unitarias son los métodos en los que predomina la aplicación (utilización) de fuerzas físicas. Fueron los primeros en ser utilizados en el tratamiento de las aguas residuales. Son: desbaste, cribado o desbrozo, dilaceración, flotación, filtración, sedimentación, floculación. Los procesos químicos unitarios son los métodos en los que la retirada o transformación de los materiales es provocada por la adicción de productos químicos o por reacciones químicas. Estos son: precipitación, transferencia de gases, adsorción, desinfección. Los procesos biológicos unitarios son los métodos en los que se consigue la retirada o transformación de los materiales mediante la actividad biológica. Se utilizan, preferentemente, para eliminar materia orgánica. Las sustancias se transforman en gases y en biomasa celular. También se utilizan para la transformación de los compuestos inorgánicos de nitrógeno.

Se distinguen cuatro tipos de tratamiento: tratamiento previo (pretratamiento), primario, secundario y terciario. El pretratamiento se basa en operaciones físicas unitarias; en el tratamiento primario se usa, generalmente, una mezcla de las operaciones físicas unitarias y de los procesos químicos unitarios; en el tratamiento secundario se utilizan, preferentemente, los procesos biológicos unitarios; y en el tratamiento terciario, una mezcla de todos ellos.

Los tratamientos previo y primario comprenden una serie de operaciones destinadas a eliminar los materiales sólidos que arrastran las aguas residuales. Entre las operaciones del tratamiento primario se incluyen además, la separación de aceites y la neutralización. Los sólidos se eliminan por orden decreciente de tamaños mediante operaciones de cribado, dilaceración, separación de arena, sedimentación, separación de aceite, flotación, coagulación y filtración. Normalmente el tratamiento previo comprende las operaciones de cribado, dilaceración y separación de arena, mientras que el resto corresponden al tratamiento primario. Mediante el tratamiento secundario se elimina la materia orgánica biodegradable disuelta así como restos de sólidos en suspensión que no fueron eliminados en el tratamiento primario. El tratamiento terciario tiene como finalidad eliminar una serie de productos en disolución generalmente de tipo iónico o molecular. La desinfección tiene como función la eliminación de cualquier tipo de bacterias y virus patógenos presentes en el agua y se utiliza en combinación con cualquier grado de tratamiento.

1. PRETRATAMIENTO

Pretratamiento, tratamiento previo o preliminar

Objetivos:

- Separación de aguas de tormenta
- Extracción y desintegración de sólidos gruesos y de gravilla
- Aceites y grasas se separan aquí si están en grandes cantidades

PROCESOS FÍSICOS

Desbaste: Es la primera operación unitaria en una EDAR y consiste en la retirada de todos aquellos cuerpos de gran tamaño (trapos, maderas, plásticos, etc) que lleva el agua y que pueden dañar a las bombas, válvulas, conducciones y otros elementos de la planta y producir obturaciones y roturas. Los elementos separadores son **rejas** o **tamices**. En general, las rejas tiene una abertura de más de 25 mm y los tamices de ≤ 6 mm. Las basuras pueden ir a un vertedero de residuos sólidos, triturarse y devolverse al agua o incinerarse.

Dilaceración: Consiste en moler o triturar los cuerpos de gran tamaño que van en el agua. Puede sustituir al desbaste. Se trata de cuchillas rotatorias por las que se hace pasar el agua. Los materiales triturados son arrastrados por la corriente. Suelen ir precedidas por desarenadores para aumentar la vida media de las cuchillas.

Desarenadores: En el agua residual siempre hay materiales particulados que tienen una velocidad de sedimentación o un peso específico mayor que el de los sólidos orgánicos putrescibles (SSV). Estos materiales se denominan arenas e incluyen a las gravas y si no se retiran producen daños en los equipos y conducciones y se acumulan en el fondo de los digestores.

2. TRATAMIENTO PRIMARIO

Tratamiento primario

Objetivos:

Eliminar las partículas en suspensión
Normalmente sólidos sedimentables separados como fangos

PROCESOS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Sedimentación: Se basa en las diferencias de la gravedad específica (peso específico, densidad) entre las partículas sólidas y el líquido. Se lleva a cabo en grandes estructuras, generalmente de hormigón, denominadas sedimentadores (o clarificadores, decantadores). Pueden ser circulares o rectangulares. El flujo es, normalmente, continuo y durante el tiempo de permanencia del agua en el sedimentador una determinada cantidad de materiales particulados va a sedimentar. Los sedimentadores primarios se diseñan para eliminar entre el 50-70% de los sólidos suspendidos (SS) y entre el 25-40% de la DBO del agua residual cruda.

Floculación y Coagulación: Se denomina floculación a todo proceso de formación de flóculos por unión de las partículas en suspensión existentes en un líquido. Coagulación es la floculación provocada por la adición de productos químicos que se denominan coagulantes. Estos métodos se emplean para eliminar las partículas en suspensión con diámetros muy pequeños que requerirían tiempos de retención muy altos en los tanques.

Los coagulantes más empleados son: Alumbre, $(\text{SO}_4)_3\text{Al}_2 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$; Hidróxido de aluminio; Aluminato sódico, $\text{Al}_2\text{O}_4\text{Na}_2$ y conjuntamente con el alumbre para decolorar las aguas residuales; Sulfato ferroso, $\text{SO}_4\text{Fe} \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$. Actualmente se emplean coadyuvantes de la coagulación, polímeros de alto peso molecular solubles en el agua, que contienen grupos capaces de disociarse electrolíticamente para dar iones de carga elevada y alto peso molecular.

Flotación: Las unidades de flotación se utilizan para separar sólidos y líquidos no miscibles y de baja densidad que se encuentran en suspensión en las aguas residuales. Generalmente se utiliza el aire como agente de flotación principal, se recurre a burbujas de aire de pequeño diámetro que forma en la superficie una capa de espuma fácilmente eliminables por procedimientos mecánicos.

Filtración: De acuerdo con la naturaleza de la fuerza impulsora que provoca la filtración: filtros de gravedad y de presión. Los materiales que más se emplean como medio filtrante son la arena y la antracita y en ciertos casos la tierra de diatomeas.

Neutralización: Muchas aguas residuales contienen productos ácidos o alcalinos que hay que neutralizar antes de evacuar a los tratamientos químicos o biológicos posteriores. Cuando los efluentes de una planta tienen carácter ácido y alcalino se debe de considerar la posibilidad de mezclarlas. La neutralización puede realizarse haciendo pasar las aguas residuales a través de lechos fijos, por ejemplo, de carbonato cálcico en el caso de que sean aguas ácidas. En la neutralización con productos químicos, los más empleados en el caso de aguas ácidas son la lechada de cal, el carbonato sódico y la sosa cáustica. En el caso de las aguas alcalinas el ácido sulfúrico y el ácido

clorhídrico.

El Tratamiento primario genera un Efluente primario e implica la retirada parcial de sólidos en suspensión (70% SS) y disminución de la DBO (30-40% DBO) y permanecen sustancias solubles, microorganismos, tóxicos y nutrientes.

3. TRATAMIENTO SECUNDARIO

Tratamiento secundario

Objetivos:

Eliminar la materia orgánica disuelta

Tratamiento 2º → Efluente 2º

Retirado: Materia orgánica biodegradable

Queda: Materia orgánica no biodegradable, tóxicos y nutrientes

TRATAMIENTO 1º + TRATAMIENTO 2º = 80-90% DBO

PROCESOS BIOLÓGICOS

Es el encargado de eliminar, mediante métodos biológicos, la materia orgánica disuelta presente en las aguas residuales y que no ha sido retirada en el tratamiento primario.

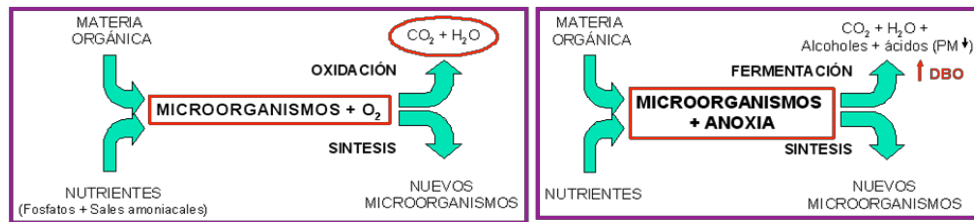
Básicamente, este tratamiento supone la aplicación de los fenómenos naturales de la autodepuración de los cauces receptores, llevados a cabo en condiciones controladas.

Actividad de microorganismos naturales (autodepuración)

Asociados a superficies (biofilms): piedras o superficies estables

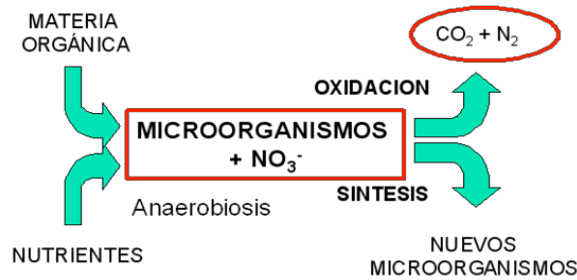
Suspensión en el agua: individuales o aglomeraciones

Los microorganismos, con un aporte de oxígeno y de nutrientes, fósforo que se suministra en forma de fosfatos y sales amoniacales como fuente de nitrógeno, oxidan la materia orgánica del agua residual. Parte del carbono contenido en la materia orgánica disuelta pasa a CO₂ y otra parte se emplea en la síntesis de nuevos microorganismos. Cuanto mayor sea el porcentaje de carbono transformado en CO₂ mayor será la efectividad del tratamiento. En caso de anoxia o concentraciones de oxígeno insuficientes, ocurren procesos de fermentación y/o respiración anaerobia. En este caso el rendimiento del proceso será menor ya que parte de los productos de fermentación, los alcoholes y los ácidos generan también una DBO.

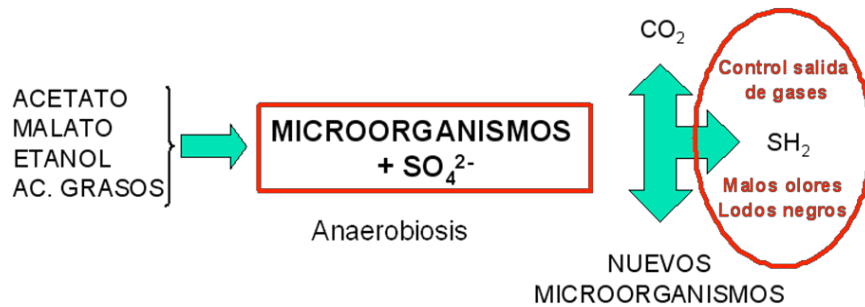


Potenciar **respiración** evita formación excesiva de lodos

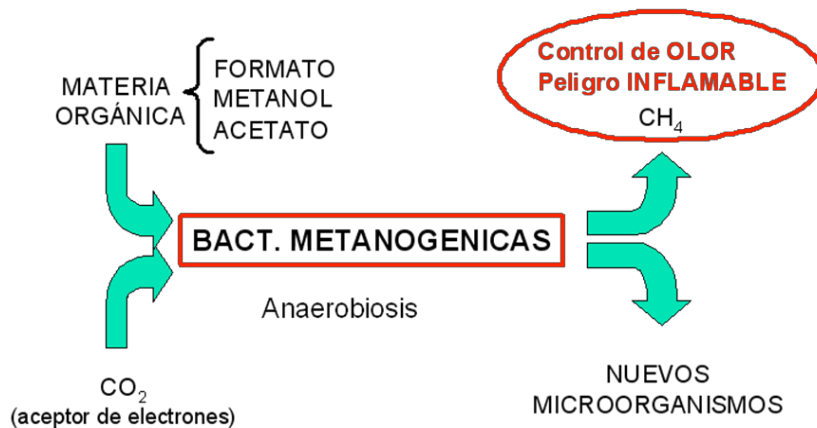
Menor rendimiento



Microorganismos reductores de nitrato son anaerobios facultativos



Microorganismos reductores de sulfato son anaerobios estrictos

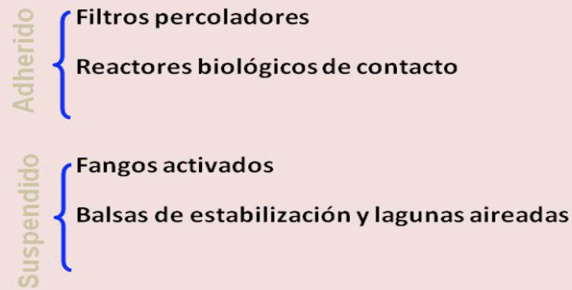


La posibilidad de llevar a cabo los procesos de oxidación biológica para estabilizar la materia orgánica reduciendo la DBO de las aguas residuales depende de la estructura química de las moléculas orgánicas, de su biodegradabilidad.

Diseño de Tratamiento secundario

Crear un hábitat ideal que apoye la comunidad apropiada de microorganismos responsables de la purificación del agua

Procesos **aerobios (más eficaces) o anaerobios**



Dependiendo del diseño de la planta depuradora, estos procesos se materializan mediante diversos sistemas. Los más frecuentes son: balsas de estabilización y lagunas aireadas, fangos activados, filtros percoladores, reactores biológicos de contacto.

Balsas de estabilización

Se construyen en el terreno con una profundidad de 1 a 2 metros. Se requieren grandes extensiones de terreno para lograr reducciones importantes de DBO, las cargas deben de ser, entre 25 y 200 kg de DBO por hectárea y día. El oxígeno esta suministrado por la aireación natural a través de la superficie y por las algas. Se clasifican según la naturaleza de la actividad biológica que tenga lugar, en aerobios, aerobio-anaerobios y anaerobios. El tipo de proceso biológico es, en general, función de la profundidad; los aerobios tienen profundidades de 15 a 45 cm, los facultativos de 90 a 240 cm y los anaerobios pueden llegar a tener hasta 5 m.

Lagunas aireadas

Similares a las balsas de estabilización excepto en lo referente al suministro de oxígeno, que se realiza mediante aireadores mecánicos superficiales o por difusores de burbujas de aire.

Filtros percoladores

Consiste en un lecho formado por un medio sumamente permeable al que se adhieren los microorganismos y a través del cual se filtra el agua residual. El medio filtrante consiste, generalmente, en piedras cuyo tamaño oscila de 2,5 a 10 cm de diámetro. La profundidad de las piedras varían con cada diseño particular, generalmente de 0,9 a 2,4 m con una profundidad media de 1,8 m. El lecho del filtro es generalmente circular y el líquido a tratar se rocía por encima del lecho mediante un distribuidor giratorio. Cada filtro posee un sistema de desagüe inferior para recoger el líquido tratado y los sólidos biológicos que se hayan separado del medio. Este sistema permite la circulación de aire por la parte inferior del filtro. La materia orgánica presente en el agua residual es degradada por una población de microorganismos adherida y que forma una capa o película mucosa sobre el material del lecho.

Filtro percolador

Lecho de material poroso al que se adhieren los microorganismos

Piedras ó material plástico

- Inerte (sustancias del agua natural)
- No inhibir crecimiento bacteriano
- Soportar peso (propio y el de las películas)
- Homogéneo

Denominación

- **Filtro de goteo** (trickling filter)
- **Filtro percolador** (percolating filter)
- **Lecho bacteriano** (bacterial bed)

Filtro percolador

Empaquetamiento no compacto:

➔ **Espacios intersticiales**

➔ **Paso del aire (aerobiosis)**

– Sumamente permeable: **Paso del agua**

- Gotear agua residual mediante aspersores y se recoge en la parte inferior

Esencia: **actividad bacteriana** no filtración

Tratamiento sencillo y relativamente barato

Microbiología de la película. El género bacteriano predominante en la película es *Zoogloea ramigera* seguido por *Sphaerotillus natans*, *Beggiatoa*, *Flavobacterium*, *Achromobacter*, *Pseudomonas* y *Alcaligenes*. Con menor frecuencia se encuentran *Myxobacteria*, *Cytophaga*, *Bacillus* y *Nocardia*. Siempre presentes debido a su alta concentración en las aguas residuales los coliformes, enterococos fecales y clostridios. En las capas inferiores del lecho filtrante se desarrollan bacterias quimiolitotrofas representadas mayoritariamente por *Nitrosomonas*, *Nitrobacter* y *Thiobacillus*. Entre las cianobacterias predominan *Chroococcales* como *Micricystis*, *Pleurocapsalean* y *Oscillatoriales* como *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Anabaena* y *Amphitrix*. Entre los hongos predominan *Sepedonium*, *Subbaromyces splendens*, *Ascoidea rubescens*, *Fucusarium aqueductum*, *Geotrichum candidum*, etc. Las algas son abundantes y se desarrollan en la zona superficial donde hay disponibilidad de luz. Los protozoos en los filtros percoladores presentan una gran diversidad, donde se han descrito hasta 218 especies, siendo los ciliados los más abundantes. Además de los microorganismos, hay también animales superiores, gusanos, caracoles y larvas de insectos.

Bacterias

– más frecuentes:

- *Zooglea ramigera*, *Sphaerotilus natans*, *Beggiatoa*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Achromobacter*,...
- **Cianobacterias**: Chroococcales, oscillatorias
- **Hongos**: *Fusarium*, *Geotrichum*
- **Algas**: *Chlorophyta*, *Euglenophyta* y *Chrysophyta*

– menos frecuentes:

- *Myxobacteria*, *Cytophaga*, *Bacillus*, *Nocardia*, Bacterias fecales, quimiolitotrofos (*Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, *Thiobacillus*)

Predadores: Protozoos

Fangos o lodos activados

Este proceso fue desarrollado en Inglaterra en 1914 por Andern y Lockett y llamado así porque suponía la producción de una masa activa de microorganismos capaz de estabilizar un residuo por vía aerobia.

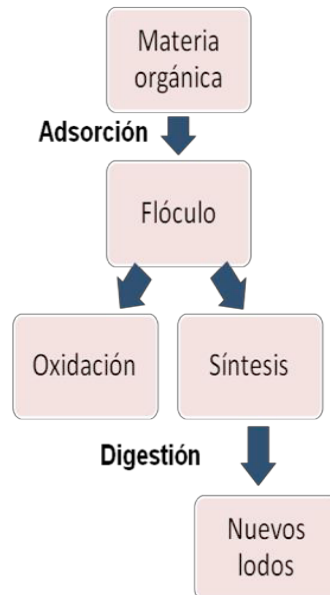
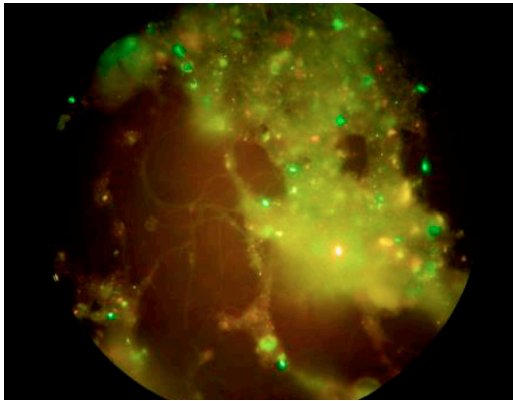
Una vigorosa aireación del agua residual produce la formación de flóculos. Las partículas del flóculo contienen un gran número de bacterias fundamentalmente. Hay además algunas levaduras y hongos. El efluente con los flóculos pasa a un tanque de sedimentación, donde los flóculos sedimentan formando los llamados *lodos* este proceso de separación se denomina *clarificación*, *asentamiento* o *sedimentación*. El sobrenadante constituye el efluente de la planta y de los lodos; una parte se purga y otra se vuelve al tanque aireador para servir como inóculo en la formación de los nuevos flóculos.

Fangos activados



La materia en suspensión y la coloidal se eliminan rápidamente de las aguas residuales por adsorción y aglomeración con los flóculos bacterianos. Una vez formando, parte de la materia orgánica del flóculo se descompone por el metabolismo microbiano, oxidación y síntesis, conociéndose a este proceso como estabilización de los lodos.

La unidad ecológica de los fangos es el flóculo individual. Los flóculos están formados por millones de células bacterianas junto con algunos otros organismos y materias inertes, orgánicas e inorgánicas.



Microbiología de los fangos o lodos activados. Las bacterias son predominantemente heterótrofas y aeróbicas y se encuentran tanto dispersas como formando parte de los flóculos. Los géneros más representados son: *Pseudomonas*, *Nocardia*, *Nitrobacter*, *Zoogloea*, *Sphaerotilus*, *Beggiatoa*, *Achromobacter*, *Mycobacterium*, *Thiothrix*, *Flavobacterium*, *Nitrosomonas* y *Leucothrix*. Se han descrito 228 especies de protozoos. Los ciliados son dominantes en número y en biomasa y responsables directos de la eliminación por predación de la mayor parte, 90-99%, de las bacterias entéricas presentes en el afluente. Los enterovirus se reducen un 79-99% por adsorción a los flóculos. Además de los protozoos, están presentes también rotíferos que ingieren cualquier partícula biológica pequeña que no sedimente.

Microbiota flóculo

■ Bacterias

- *Zoogloea*
- *Pseudomonas*
- *Achromobacter*
- *Flavobacterium*
- *Nocardia*
- *Sphaerotilus*
- *Nitrosomonas*
- *Nitrosobacter*
- *Beggiatoa*
- *Thiothrix*
- Coliformes

■ Hongos y levaduras

■ Protozoos ($5 \cdot 10^4$ /ml)

- Ciliados pedunculados (predominan)
- Eliminan 90-99% bacterias

■ Rotíferos

■ Enterovirus:

- Adsorción a flóculos (Disminución 70-90%)

Problemas de los fangos activados

Calidad del agua residual variable

Nutrientes importantes C:N:P

Tratamiento posterior de los fangos

Crecimiento disperso (no flóculos): Efluente turbio

Floculos pequeños y densos: sedimentación rápida y efluentes turbios

Viscosidad (bulking viscoso): Sedimentación defectuosa

Mal asentamiento de lodos – Bulking filamentoso

Fangos ascendentes (desnitrificación)

Formación de espumas

Un fenómeno clásico es el denominado BULKING caracterizado porque el flóculo no sedimenta debido a la proliferación de bacterias filamentosas entre las que destaca *Sphaerotillus natans*, aunque también intervienen otras bacterias. El BULKING es clásico de situaciones de sobrecarga o exceso de DBO en el tanque de aireación.

El tratamiento de fangos activados reduce no sólo la DBO, sino también drásticamente el número de patógenos intestinales. El efecto combinado de la competición, la adsorción, la predación y la sedimentación está relacionado con este efecto. Típicamente, el número de *Salmonella*, *Shigella* y *E. coli* en el efluente es un 90-99% menor que en el afluente.

La eficacia y flexibilidad del tratamiento de fangos activados, así como su capacidad de adaptarse a diferentes tipos de agua hace que sea el tratamiento más ampliamente utilizado para depurar aguas residuales domésticas e industriales. Sin embargo, produce grandes cantidades de lodos que deben ser tratados.

Se han diseñado una serie de sistemas para minimizar la producción de excesos de lodos por combinación de estadios aerobios y anaerobios.

Se han diseñado dos variantes para tratar aguas residuales industriales con elevadas DBO. El proceso UNOX (Union Carbide) utiliza oxígeno en lugar de aire y el proceso ICI utiliza inyección de aire y obtiene elevadas disoluciones de oxígeno incrementando la presión hidrostática mediante un sistema de circulación especial.

4. TRATAMIENTO TERCIARIO

Tratamiento terciario

■ Objetivo:

- Eliminar compuestos orgánicos no biodegradables
- Eliminar nutrientes minerales
- Eliminar microorganismos

El tratamiento terciario (o avanzado) se utiliza para mejorar la calidad de los efluentes buenos. Trata de eliminar del agua compuestos orgánicos no biodegradables y nutrientes minerales.

El paso final de un tratamiento de aguas residuales es la desinfección y está orientado a eliminar bacterias y virus patógenos que no se han eliminado durante los procesos de tratamiento previos. La desinfección se suele realizar mediante tratamientos químicos o físicos. Los agentes desinfectantes más corrientes son los oxidantes y el cloro es universalmente utilizado, si bien se está intentando sustituir por ozono y otros. Entre los agentes físicos se utilizan el calor y las radiaciones luminosas, fundamentalmente UV-C, pero son costosos y presentan requerimientos de instalaciones muy especializadas.

5. TRATAMIENTO DE FANGOS

Los fangos recogidos en los distintos procesos de tratamiento deben tratarse, no pueden depositarse o verterse directamente. El principal objetivo de una línea de tratamiento de fangos es reducir el contenido orgánico y de agua de los fangos. Así, hay tratamientos orientados a eliminar la materia orgánica (digestión, incineración y oxidación por vía húmeda) y tratamientos encaminados a eliminar el agua (concentración, acondicionamiento y deshidratación).

La procedencia de los fangos varía en función del tipo de planta y de los tratamientos que se apliquen al agua residual. En cuanto a la cantidad de fangos que se producen en las plantas depuradoras, ésta es muy variable. Las características de los fangos varían según su origen, el envejecimiento de los mismos, y el tratamiento que hayan sufrido. Los fangos de los tanque de sedimentación primaria generalmente son de color grisáceo, viscosos y desprenden mal olor. Los fangos procedentes de tanques de coagulación (precipitación química) suelen ser de color negro, con olor ligeramente desagradable, y algo viscosos debido a las características de los coagulantes empleados. También son fácilmente tratables. Los fangos activados generalmente son de color marrón con aspecto floculento. Normalmente no tienen un olor molesto, pero tienden a descomponerse rápidamente originando malos olores. El humus de los filtros percoladores es algo marrón, floculento y si son recientes el olor no es molesto. Se descomponen, por lo general, de manera mas lenta que otros fangos. Los fangos digeridos son marrones oscuros y contienen grandes cantidades de gas. El fango de las fosas sépticas es negro y generalmente con un olor desagradable.

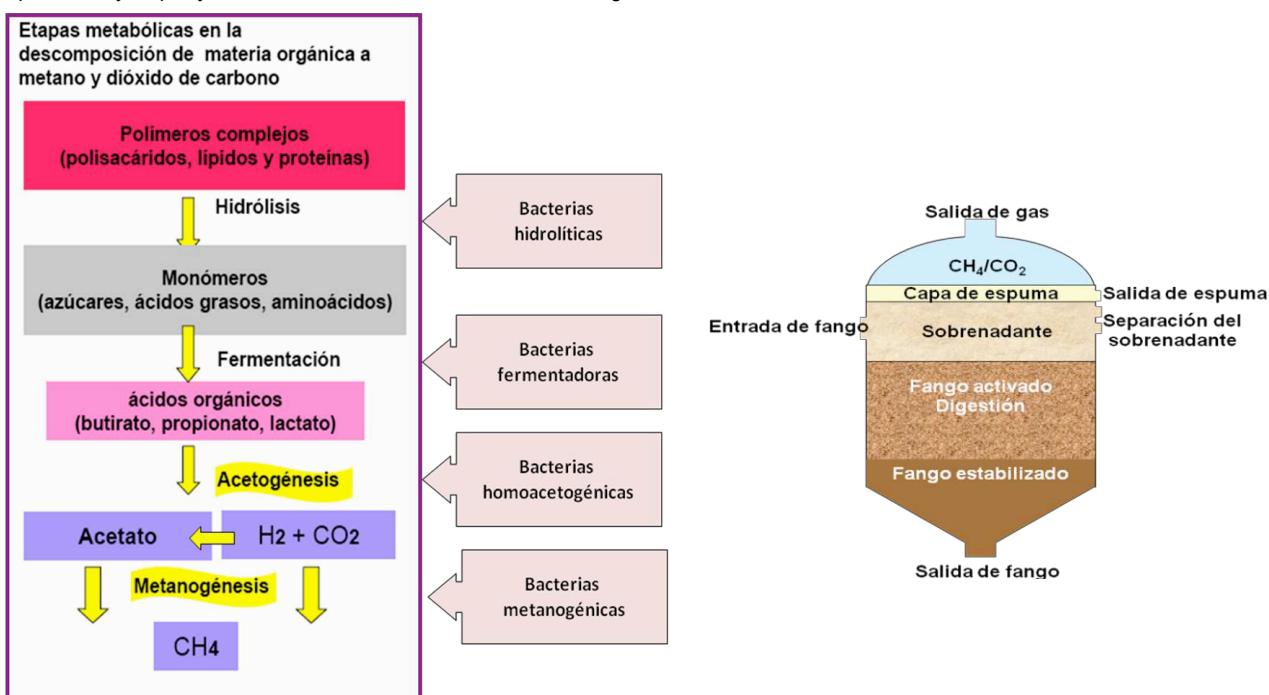
Concentración o espesamiento: la concentración se utiliza para espesar el fango activado sobrante o mezclas de fangos

activados y primarios. En ocasiones se realiza por separado. Los fangos de los decantadores primarios se decantan por gravedad y se extraen por la parte inferior del tanque. Los fangos secundarios son más difíciles de sedimentar y, por tanto, en ocasiones, se insufla aire de manera que flotan y se concentran en la superficie. Una vez concentrados pasan a un proceso de digestión aerobia o anaerobia.

Los **espesadores mecánicos** se alimentan continuamente con fango a través de una tubería que alimenta el espesador por la zona central. El fango se remueve continua y suavemente de manera que se abren canales en él a través de los cuales escapa el agua favoreciendo la compactación. El sobrenadante que se produce se recircula a los tanques de sedimentación primaria. El fango espesado se recoge en el fondo y es bombeado para su posterior tratamiento. Los **espesadores por flotación** se utilizan fundamentalmente para fango activado. Se suelen emplear polielectrolitos como coadyudantes de la flotación. Dan una rápida separación y debe considerarse su utilización en lugar de los espesadores por gravedad.

Digestión aerobia del fango: los **digestores aerobios** se utilizan para digerir fangos orgánicos producidos en tratamiento de fangos activados, mezclas de fangos activados o de filtros percoladores con fangos primarios. Consiste en una aireación prolongada que permita el desarrollo de microorganismos que los oxiden y por tanto haya mineralización. Es semejante al proceso de fangos activados. La digestión aerobia reduce los sólidos tanto como la digestión anaerobia. Y presenta una serie de ventajas respecto a la anaerobia: menores DBO en el sobrenadante, producto final inodoro, biológicamente estable y fácilmente eliminable, el fango producido se puede deshidratar fácilmente, lo que supone menores problemas operativos, y suele ser mas económico. Las desventajas vienen dadas del coste energético que implica la aireación y la no formación de metano.

Digestión anaerobia del fango: la materia orgánica se transforma en metano y dióxido de carbono. Un primer grupo de bacterias transforma los compuestos orgánicos complejos en otros más simples, los cuales serán posteriormente utilizados por las bacterias metanogénicas. Como ya hemos visto, estas bacterias metanogénicas son muy sensibles a la temperatura y al pH y deben cuidarse las condiciones de digestión.



La digestión convencional del fango se efectúa mediante un proceso de una sola fase o de dos fases. Normalmente, se calienta el fango. En el **proceso en una sola fase**, la digestión, el espesamiento y la formación de sobrenadante se realizan simultáneamente. En este caso, el fango sin tratar se añade en la zona en la que el fango se esté digiriendo activamente y liberando gas. Cuando el gas sube hacia la superficie, arrastra consigo partículas de fango y de otras materias (grasas y aceites) dando lugar a la formación de una capa de espumas. El fango por efecto de la digestión está mas mineralizado y se espesa por acción de la gravedad. Esto implica la formación de una capa de sobrenadante por encima del fango digerido. En el **proceso en dos fases** el primer tanque se usa para la digestión, se realiza mezcla del fango en el interior. El segundo tanque se utiliza para concentración y almacenamiento del fango digerido, así como para la formación de un sobrenadante claro. En todo caso, el gas formado debe recogerse bien sea utilizando una cubierta de tipo gasómetro (cubierta flotante) o en un recipiente aparte o comprimirse y almacenarse bajo presión. El gas de la digestión de fangos contiene un 65-70% de CH_4 , un 25-30% de CO_2 , así como pequeñas cantidades de N_2 , H_2 y otros gases.

Lagunas de fango: básicamente son grandes digestores de poca profundidad y sin calentar. No permiten la recuperación de gas metano o la separación continua del fango digerido. Presenta la ventaja de su sencillez.

Tanque de Imhoff: se pueden utilizar para la digestión de fango primario o mezclas de primarios mas fangos activados y por lo general no están calentados.

Proceso de contacto anaerobio: los residuos crudos se mezclan con los sólidos del fango reciclados y se digieren en una cámara de digestión mixta. Tras la digestión la mezcla es separada en un clarificador o por flotación y el sobrenadante es evacuado como efluente. El fango del sedimento es reciclado para reiniciar el proceso.

Filtro anaerobio: columna rellena de diversos tipos de medios sólidos (piedras de 5 cm). El residuo fluye hacia arriba a través de la columna, poniéndose en contacto con el soporte sólido donde las bacterias anaerobias son retenidas y se desarrollan. Los tiempos de retención son de aproximadamente 100 días.

Acondicionado del fango: el acondicionamiento del fango se realiza para mejorar sus características de deshidratación. Se pueden emplear métodos químicos (y en este caso a veces se requiere un tratamiento previo de elutriación -lavado y posterior sedimentación-) o bien métodos físicos (calor).

Desecación: una vez digerido un fango es conducido al último paso del tratamiento, su desecación. Puede realizarse sobre un **lecho de arena**, sobre el cual se extiende el fango. El agua que aún pueda contener se filtra y se evapora, quedando sobre el lecho de arena el fango desecado. Una vez seco el fango se recoge y se puede utilizar como material de relleno o fertilizante. Plantea grandes problemas, como costos, en ocasiones el fango se filtra, etc. También se puede **filtrar al vacío**, utilizando filtros de algodón, lana, mallas de acero, etc; o bien el **filtrado a presión**. Otra posibilidad es la **centrifugación**, introduciendo el fango en una cuba giratoria.

Incineración Se trata de producir una ceniza inerte. Si se incineran, puede suprimirse la digestión de los fangos. Se recomienda un secado previo a la incineración.

Por último debemos **evacuar los fangos y cenizas**. La evacuación se realiza al terreno o al mar. Si se **evacua al terreno**, lo más habitual es extenderlo en el suelo de manera que sirve de acondicionador de suelos mejorando la

capacidad de retener la humedad; también pueden servir para rellenar minas abandonadas o utilizarse vertederos controlados o como abono para parcelas cercanas. En caso de su **evacuación al mar** debe transportarse a mar abierto en barcasas o bombearse a aguas profundas mediante un emisario submarino y, en este último caso, debemos de tener cuidado en que el fango no se reflote.

Bibliografía

Bitton G. 2005. Wastewater Microbiology. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA.

Commission's DG Environment. European Commission. 2014 [consulta el 13 de Abril de 2014]. Disponible en: http://ec.europa.eu/environment/water/index_en.htm

Gerardi MH. 2006. Wastewater bacteria. John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA

Gray NF. 2004. Biology of Wastewater Treatment, Imperial College Press, Oxford, England.

Mara D. 2004. Domestic wastewater treatment in developing countries. Earthscan, London.

Mara D, Horan N. 2003. Handbook of water wastewater and microbiology.; Academic Press, Amsterdam.

Sociedad Española de Sanidad Ambiental, SESA. 2008-2014 [consulta el 13 de Abril de 2014]. Disponible en: <http://sanidadambiental.com/legislacion/aguas/>

Ur Agentzia – Agencia Vasca del Agua, URA. Gobierno Vasco. 2007. [consulta el 13 de Abril de 2015]. Disponible en:

http://www.uragentzia.euskadi.net/u81-0003/es/contenidos/normativa/legislacion_agua/es_12500/legislacion.html