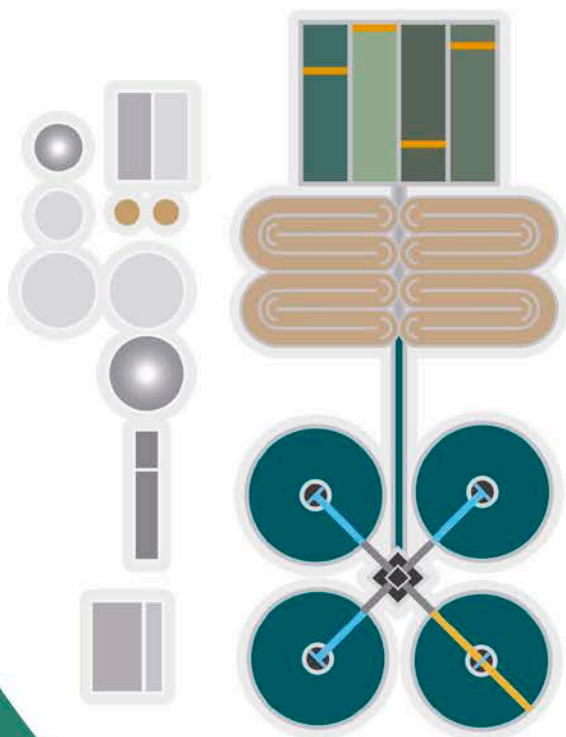


Tratamientos biológicos de aguas residuales

4ª edición

José Ferrer Polo | Aurora Seco Torrecillas
Ángel Robles Martínez | Enrique Javier Asensi Dasí
Joaquín Serralta Sevilla



José Ferrer Polo
Aurora Seco Torrecillas
Ángel Robles Martínez
Enrique Javier Asensi Dasí
Joaquín Serralta Sevilla

Tratamientos biológicos de aguas residuales

4^a edición

Colección *Académica*

Para referenciar esta publicación utilice la siguiente cita:

Ferrer Polo, José; Seco Torrecillas, Aurora; Robles Martínez, Ángel; Asensi Dasi, Enrique Javier; Serralta Sevilla, Joaquín. (2022). *Tratamientos biológicos de aguas residuales (4ª ed.)*.

Valencia: edUPV

© José Ferrer Polo
Aurora Seco Torrecillas
Ángel Robles Martínez
Enrique Javier Asensi Dasi
Joaquín Serralta Sevilla

© 2022, edUPV

Venta: www.lalibreria.upv.es / Ref.: 0358_03_04_01

ISBN: 978-84-1396-015-9

Impreso bajo demanda

edUPV se compromete con la ecoimpresión y utiliza papeles de proveedores que cumplen con los estándares de sostenibilidad medioambiental

Imprime: Byprint Percom, S. L.

Si el lector detecta algún error en el libro o bien quiere contactar con los autores, puede enviar un correo a edicion@editorial.upv.es

La Editorial UPV autoriza la reproducción, traducción y difusión parcial de la presente publicación con fines científicos, educativos y de investigación que no sean comerciales ni de lucro, siempre que se identifique y se reconozca debidamente a la Editorial UPV, la publicación y los autores. La autorización para reproducir, difundir o traducir el presente estudio, o compilar o crear obras derivadas del mismo en cualquier forma, con fines comerciales/lucrativos o sin ánimo de lucro, deberá solicitarse por escrito al correo edicion@editorial.upv.es

Impreso en España

Contenidos

Capítulo 1 Métodos biológicos de tratamiento de aguas residuales	1
1.1. Introducción	1
1.2. Organismos más importantes que intervienen en los sistemas de tratamiento biológico.....	2
1.2.1. Clasificación de los microorganismos	2
1.2.2. Composición de los microorganismos	5
1.2.3. Bacterias	6
1.2.4. Protozoos	7
1.2.5. Hongos.....	9
1.2.6. Algas.....	9
1.2.7. Rotíferos	9
1.2.8. Nemátodos	10
1.3. Procesos que tienen lugar en los tratamientos biológicos	10
1.3.1. Metabolismo de los organismos heterótrofos	13
1.3.2. Metabolismo de los organismos autótrofos	14
1.4. Modelación matemática de los procesos biológicos	15
1.4.1. Nomenclatura de los componentes del modelo utilizado.....	15
1.4.2. Estequiometría de las reacciones	20
1.4.3. Ecuaciones cinéticas	21
1.4.4. Valores medios de los parámetros estequiométricos y cinéticos	26
1.4.5. Efecto de la temperatura	27
Capítulo 2 Procesos biológicos de cultivo en suspensión.....	29
2.1. Introducción	29
2.2. Tipos de reactores en los procesos biológicos de cultivo en suspensión.....	30
2.3. Fangos activados	31
2.3.1. Factores y parámetros fundamentales del proceso de fangos activados	33

2.3.2. Estructura y dinámica de las poblaciones en los sistemas de fangos activados.....	38
2.3.3. Estequiometría y cinética de los procesos de las bacterias heterótrofas	44
2.3.4. Estequiometría y cinética de los procesos de las bacterias autótrofas.....	46
2.4. Cálculo del proceso conjunto de eliminación de materia orgánica y nitrificación.....	50
2.4.1. Reactores de mezcla completa	50
2.4.2. Reactores de flujo de pistón (RFP)	66
2.5. Variantes del proceso de fangos activados	69
2.5.1. Oxidación total.....	69
2.5.2. Canales de oxidación	69
2.5.3. Valores medios de los parámetros de operación en procesos de fangos activados.....	70
2.5.4. Sistema Adsorción-Bioxidación (A+B).....	70
2.5.5. Reactores de membranas.....	71
2.5.6. Lagunas aireadas.....	75
2.6. Desnitrificación en cultivos en suspensión.....	77
2.6.1. Reacciones de la desnitrificación.....	78
2.6.2. Análisis del proceso de desnitrificación.....	79
2.6.3. Nitrificación y desnitrificación simultáneas.....	81
2.7. Eliminación de nitrógeno en corrientes con elevadas concentraciones de nitrógeno amoniacal	81
2.7.1. Proceso BABE (Bio-augmentation batch enhanced)	81
2.7.2. Proceso SHARON (Single reactor High activity Ammonia Removal Over Nitrite)	83
2.7.3. Proceso SHARON-ANAMMOX.....	84
2.8. Eliminación biológica de fósforo	84
2.8.1. Reacciones de la eliminación biológica de fósforo.....	86
2.8.2. Ecuaciones cinéticas del proceso de eliminación biológica de fósforo.....	87
2.8.3. Influencia de los nitratos	89
2.8.4. Capacidad de almacenamiento de fósforo.....	89

2.9. Plantas de tratamiento de aguas residuales para la eliminación biológica de nutrientes	90
2.9.1. Eliminación biológica de nitrógeno	90
2.9.2. Eliminación de fósforo	94
2.9.3. Eliminación del fósforo por precipitación química.....	94
2.9.4. Eliminación biológica de fósforo.....	95
2.9.5. Eliminación conjunta de nitrógeno y fósforo.....	95
2.10. Digestión aerobia de fangos	97
2.10.1. Criterios de diseño	98
2.10.2. Espesamiento	98
2.10.3. Diseño del tratamiento	98
2.10.4. Temperatura y alcalinidad	101
2.10.5. Métodos operativos.....	101
2.10.6. Calidad del sobrenadante.....	102
2.10.7. Características del tanque de digestión.....	103
2.10.8. Sistemas de aireación.....	103
2.11. Tratamientos anaerobios de cultivo en suspensión	103
2.11.1. Reacciones básicas de los procesos anaerobios.....	104
2.11.2. Análisis de los procesos anaerobios de cultivo en suspensión	105
2.11.3. Coeficientes de producción de biomasa en los procesos anaerobios	108
2.11.4. Coeficientes cinéticos en los procesos anaerobios.....	108
2.11.5. Necesidades de nutrientes y alcalinidad en los procesos anaerobios.....	109
2.11.6. Influencia de distintas variables ambientales sobre los procesos anaerobios	109
2.11.7. Tipos de reactores anaerobios.....	110
2.11.8. Sistemas de membranas en el tratamiento anaerobio de aguas residuales.....	113
2.12. Digestión anaerobia de fangos	116
2.12.1. Espesado previo	117
2.12.2. Diseño del tratamiento	117
2.12.3. Temperatura.....	122

2.12.4. Calidad del sobrenadante	122
2.12.5. Diseño de los digestores.....	123
2.12.6. Gas producido	129
2.12.7. Recogida y almacenamiento del gas	129
2.12.8. El gas como fuente de energía	130
2.12.9. Control del pH y la alcalinidad	130
2.12.10. Sustancias tóxicas	131
2.13. Lagunaje	132
2.13.1. Tipos de lagunas	133
2.13.2. Mecanismos y factores que intervienen en el proceso de tratamiento	133
2.13.3. Tipos de asociaciones de lagunas de estabilización.....	137
2.13.4. Criterios de dimensionamiento de las lagunas de estabilización	137
2.13.5. Ventajas y desventajas del lagunaje.....	140
2.13.6. Consideraciones sobre el diseño	141
Capítulo 3 Procesos biológicos de soporte sólido.....	143
3.1. Introducción.....	143
3.2. Filtros percoladores	144
3.2.1. Factores que afectan al diseño y rendimiento	146
3.3. Contactores biológicos rotativos (RBC).....	152
3.3.1. Descripción del proceso	153
3.4. Modelo cinético del cultivo fijo aerobio.....	156
3.4.1. Contactores biológicos rotatorios (RBC).....	156
3.4.2. Filtros percoladores.....	162
3.5. Criterios de diseño.....	162
3.5.1. Filtros percoladores.....	162
3.5.2. Contactores biológicos rotatorios (RBC).....	163
3.6. Lechos de turbas	166
3.6.1. Consideraciones técnicas	167
3.6.2. Criterios de diseño	168
3.7. Filtros verdes	168

3.8. Procesos anaerobios de biomasa fija	169
3.8.1. El filtro anaerobio	169
3.8.2. Lecho de lodos o reactor UASB	170
3.8.3. Lecho fluidizado o reactor EGSB	171
3.8.4. Sistemas mixtos	172
Bibliografía	175

Capítulo 1

Métodos biológicos de

tratamiento de aguas

residuales

1.1. Introducción

Los tratamientos biológicos tuvieron en un principio como objeto la eliminación de la materia orgánica de las aguas residuales. Posteriormente se les ha ido dando otros usos como son: la oxidación del nitrógeno amoniacal (nitrificación), la eliminación del nitrógeno de las aguas residuales mediante la conversión de las formas oxidadas en N_2 (desnitrificación), la eliminación de fósforo y la estabilización de fangos.

En todo este tipo de procesos se utilizan reacciones asociadas a los organismos vivos. Los microorganismos crecen utilizando los contaminantes del agua como fuente de carbono y/o como fuente de energía, convirtiéndolos en nuevos microorganismos (biomasa), dióxido de carbono y otros compuestos inocuos. La fuente de carbono y/o energía se denomina sustrato, por lo que en estos tratamientos la eliminación de contaminantes se conoce como consumo de sustrato. Los procesos de crecimiento de biomasa y de consumo de sustrato están totalmente relacionados, denominándose rendimiento a la cantidad de biomasa generada por unidad de sustrato eliminado.

Los tratamientos biológicos se prestan a diversas clasificaciones. Cabe distinguir entre dos tipos claramente diferenciados en función de cómo se encuentran los microorganismos en el sistema:

1. Procesos biológicos de cultivo en suspensión o de medio líquido: En estos sistemas los microorganismos se encuentran en suspensión mezclados junto con el agua residual.

2. Procesos biológicos de cultivo fijo o de soporte sólido. En estos sistemas los microorganismos crecen adheridos a la superficie de un soporte sólido.

En todos estos procesos es preciso retener en el sistema la biomasa creada con objeto de que se produzca el proceso. En los de cultivo en suspensión se suele recurrir a una decantación y recirculación de la biomasa, mientras que en los de soporte sólido la retención de la misma queda asegurada por las características del propio proceso.

Los sistemas más característicos de los primeros son los fangos activados, las lagunas aireadas, y el lagunaje. Entre los segundos se encuentran los filtros percoladores, los biodiscos y los lechos de turba.

1.2. Organismos más importantes que intervienen en los sistemas de tratamiento biológico

1.2.1. Clasificación de los microorganismos

Los microorganismos se pueden clasificar según distintos criterios. El primero de ellos sería el taxonómico que trata de dividir y dar nombre a los distintos organismos en función de su filogenia, es decir, de su posición en la escala evolutiva. Lo que podemos llamar nombre propio de un organismo consta normalmente de dos palabras, la especie en cuestión y el género. A su vez el género forma parte de una familia, la familia de un orden, el orden de una clase, la clase de un *phylum* y por último el *phylum* forma parte de un reino.

Esta clasificación es útil desde el punto de vista microbiológico, pero no tiene aplicación práctica en el estudio y diseño de los tratamientos biológicos. Desde el punto de vista de la depuración de las aguas las clasificaciones más importantes se realizan en función de los compuestos que los microorganismos necesitan para crecer y de las condiciones ambientales en las que pueden desarrollarse.

Los microorganismos para su crecimiento necesitan una fuente de carbono, nutrientes (nitrógeno, fósforo y otros elementos en menor medida) para la síntesis celular y energía. Las condiciones ambientales que más afectan al desarrollo de los microorganismos son la temperatura y el pH.

El **metabolismo** de los microorganismos se define como el conjunto de reacciones bioquímicas que tiene lugar en su interior. Dentro del metabolismo se distinguen dos conjuntos de procesos acoplados (**catabolismo** y **anabolismo**). Las reacciones que forman parte del catabolismo son aquellas en las que los microorganismos utilizan el sustrato para obtener energía. La energía generada en estos procesos es utilizada por los microorganismos para la síntesis de tejido celular en las reacciones que forman parte del anabolismo. Para la síntesis de tejido celular los microorganismos necesitan, además de la energía, una fuente de carbono y nutrientes.

Una primera clasificación de los microorganismos se realiza en función de cómo obtienen la energía. Según esta clasificación los microorganismos se pueden dividir en dos grupos:

- **Fotosintéticos:** estos organismos obtienen la energía a partir de la luz mediante el proceso de fotosíntesis.
- **Quimiosintéticos:** estos organismos obtienen la energía a partir de reacciones químicas de oxidación-reducción. En estas reacciones se produce la transferencia de electrones desde un compuesto al que llamaremos dador de electrones (se oxida) hasta otro compuesto al que llamaremos aceptor de electrones (se reduce).

En los organismos quimiosintéticos las reacciones de oxidación del sustrato, por una parte, suministran electrones a los “transportadores de electrones” transformando las formas oxidadas (NAD, nicotinamín-adenín-dinucleótido) en las correspondientes formas reducidas (NADH₂). Estas formas reducidas aportan los electrones necesarios en el proceso de síntesis celular. Por otra parte, cuando los electrones suministrados en las reacciones de oxidación del sustrato pasan, a través de la cadena de transporte de electrones, al aceptor final de electrones, se genera una gran cantidad de energía en forma de ATP (adenosín-trifosfato) que es utilizada en las reacciones de biosíntesis.

Los microorganismos también se pueden clasificar en función de la fuente de carbono utilizada para la síntesis celular. Atendiendo a este criterio se distinguen dos grupos de organismos:

- **Heterótrofos:** estos organismos utilizan compuestos orgánicos presentes en el medio como fuente de carbono. Estos compuestos orgánicos actúan a su vez como dadores de electrones para la obtención de energía.
- **Autótrofos:** estos organismos son capaces de transformar carbono inorgánico (CO₂, HCO₃⁻) en carbono orgánico para la síntesis de tejido celular. En este caso los compuestos que actúan como dadores de electrones son compuestos inorgánicos (NH₄⁺, NO₂⁻, H₂...)

Otra clasificación de los microorganismos se realiza en función del compuesto que utilizan como aceptor de electrones. Según este criterio los microorganismos se dividen en:

- **Aerobios:** sólo pueden utilizar oxígeno (O₂) como aceptor de electrones. Estos organismos no pueden crecer en ambientes con ausencia de oxígeno.
- **Facultativos:** también utilizan oxígeno (O₂) como aceptor de electrones, pero en su ausencia son capaces de adaptar su metabolismo utilizando otros compuestos como aceptor de electrones (NO₃⁻, NO₂⁻).
- **Anaerobios:** utilizan otros compuestos como aceptor de electrones distintos del oxígeno (CO₂, CH₃COOH, H⁺...) y, además, la presencia de oxígeno impide el desarrollo de estos organismos.

Esta clasificación de los microorganismos no debe confundirse con la clasificación de los reactores biológicos en función del aceptor de electrones presente. En este caso se distinguen tres tipos de condiciones:

- **Aerobias:** reactores con presencia de oxígeno.
- **Anóxicas:** reactores con presencia de nitrato/nitrito y ausencia de oxígeno.
- **Anaerobias:** reactores con ausencia de oxígeno y nitrato/nitrito.

La **Tabla 1.1** muestra la relación entre las condiciones existentes en un reactor biológico y los microorganismos que pueden crecer.

Tabla 1.1. Relación entre las condiciones de un reactor biológico y los microorganismos que pueden crecer en el reactor

Condiciones reactor	Aceptor de electrones		Microorganismos que crecen
	Presente	Ausente	
Aerobias	O ₂		Aerobios y Facultativos
Anóxicas	NO ₃ ⁻ /NO ₂ ⁻	O ₂	Facultativos
Anaerobias		O ₂ , NO ₃ ⁻ /NO ₂ ⁻	Anaerobios

Finalmente, los microorganismos también se pueden clasificar en función del intervalo de temperatura en el que pueden crecer. Según este criterio los microorganismos se dividen en:

- **Psicrófilos:** se desarrollan entre -5 y 15 °C.
- **Mesófilos:** se desarrollan entre 15 y 40 °C.
- **Termófilos:** se desarrollan entre 40 y 70 °C.
- **Hipertermófilos:** se desarrollan entre 70 y 110 °C.

Dentro del intervalo de temperaturas en el que se pueden desarrollar los microorganismos, la velocidad de crecimiento aumenta conforme lo hace la temperatura. Este aumento se produce hasta que se alcanza una temperatura óptima a partir de la cual la velocidad de crecimiento disminuye muy bruscamente debido a la desnaturalización de las proteínas (ver Figura 1.1).

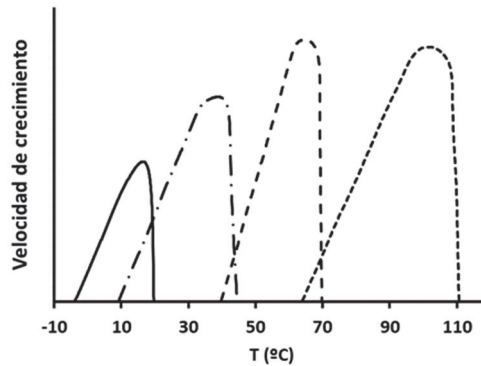
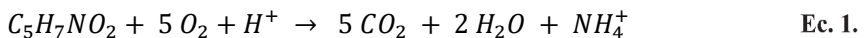


Figura 1.1. Clasificación de los microorganismos en función de la temperatura.
Adaptado de Henze et al. (2008)

1.2.2. Composición de los microorganismos

La concentración de microorganismos en un tratamiento biológico se mide habitualmente en unidades de DQO ($\text{mg O}_2/\text{L}$) siendo necesario conocer también la relación existente entre el contenido en materia orgánica y el resto de elementos tales como carbono, nitrógeno, fósforo y sólidos suspendidos. Debido a que en los tratamientos biológicos los microorganismos se encuentran formando flóculos se consideran como sólidos suspendidos. En diferentes estudios experimentales se ha analizado la composición elemental de los microorganismos. Una de las fórmulas empíricas más utilizadas para caracterizar dicha composición es $\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2$, siendo la reacción de oxidación de los microorganismos:



Teniendo en cuenta los pesos atómicos de los distintos elementos que componen la biomasa, se obtiene que 1 mol de microorganismos pesa 113 gramos y su oxidación consume 160 gramos de oxígeno. Se define el parámetro i_{SSTBM} como el contenido en sólidos suspendidos de 1 g de biomasa medida como DQO y se calcula de la siguiente manera:

$$i_{SSTBM} = \frac{113}{160} = 0.7 \frac{\text{g SST}}{\text{g DQO}} \quad \text{Ec. 2.}$$

De forma análoga se definen los parámetros i_{NBM} (contenido en nitrógeno de 1 g de biomasa medida como DQO) y i_{CBM} (contenido en carbono de 1 g de biomasa medida como DQO) que se calculan de la siguiente forma:

$$i_{NBM} = \frac{14}{160} = 0.087 \frac{\text{g N}}{\text{g DQO}} \quad \text{Ec. 3.}$$

$$i_{CBM} = \frac{60}{160} = 0.375 \frac{g C}{g DQO} \quad \text{Ec. 4.}$$

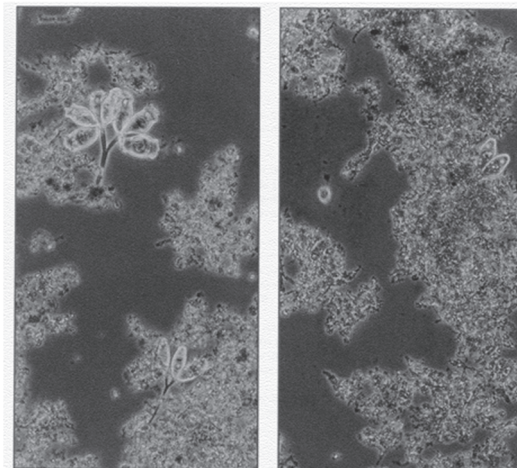
Como la fórmula empírica habitualmente utilizada para representar la composición de los microorganismos ($C_5H_7NO_2$) no contiene fósforo, se asume de acuerdo a evidencias experimentales que el contenido en fósforo es la quinta parte del contenido en nitrógeno. En consecuencia, el parámetro i_{PBM} (contenido en fósforo de 1 g de biomasa medida como DQO) se calcula como:

$$i_{PBM} = \frac{0.087}{5} = 0.017 \frac{g P}{g DQO} \quad \text{Ec. 5.}$$

1.2.3. Bacterias

En los sistemas de depuración biológicos se pueden encontrar tanto bacterias autótrofas como heterótrofas. Asimismo, dentro de cada uno de estos grupos existen bacterias aerobias, facultativas y anaerobias. En función de las condiciones de operación crecerán unas especies u otras.

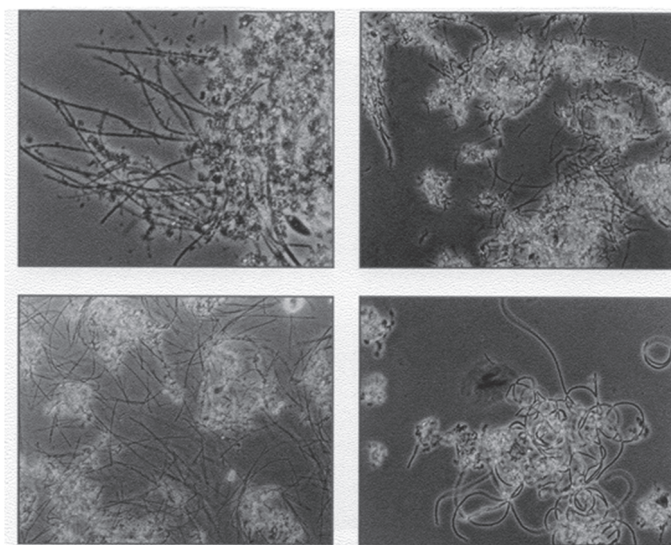
En los sistemas biológicos de depuración las bacterias intervienen en múltiples procesos. Entre ellos, el más importante es el de la eliminación de la materia orgánica por la vía aerobia (oxidación y síntesis de nuevos materiales orgánicos en forma de material celular). Pero también intervienen en los procesos de descomposición anaerobia, así como en los de desnitrificación, nitrificación y acumulación de fósforo en sistemas de eliminación de nutrientes en plantas de fangos activados.



Fuente: EGEVASA

Figura 1.2. Flóculos típicos de los fangos activados

En la Figura 1.2 se muestran ejemplos de flóculo tipo. Sin embargo, no todas las bacterias en los fangos activados son capaces de formar flóculos, pudiéndose desarrollar bacterias filamentosas que pueden dar lugar a problemas operacionales. Aunque en pequeñas proporciones estas bacterias contribuyen a dar fuerza al flóculo frente a los esfuerzos cortantes de los equipos de aireación, en grandes cantidades mantienen los flóculos alejados unos de otros, dificultando la sedimentación. Hay otro tipo de bacterias filamentosas problemáticas que provocan la aparición de grandes cantidades de espumas en el reactor biológico y en el decantador. Aproximadamente son 20 los organismos filamentosos diferentes que aparecen con frecuencia en los procesos de fangos activados. En la Figura 1.3 se muestran fotografías de la observación al microscopio de algunos de los tipos de bacterias filamentosas encontrados en las plantas de tratamiento de aguas residuales.



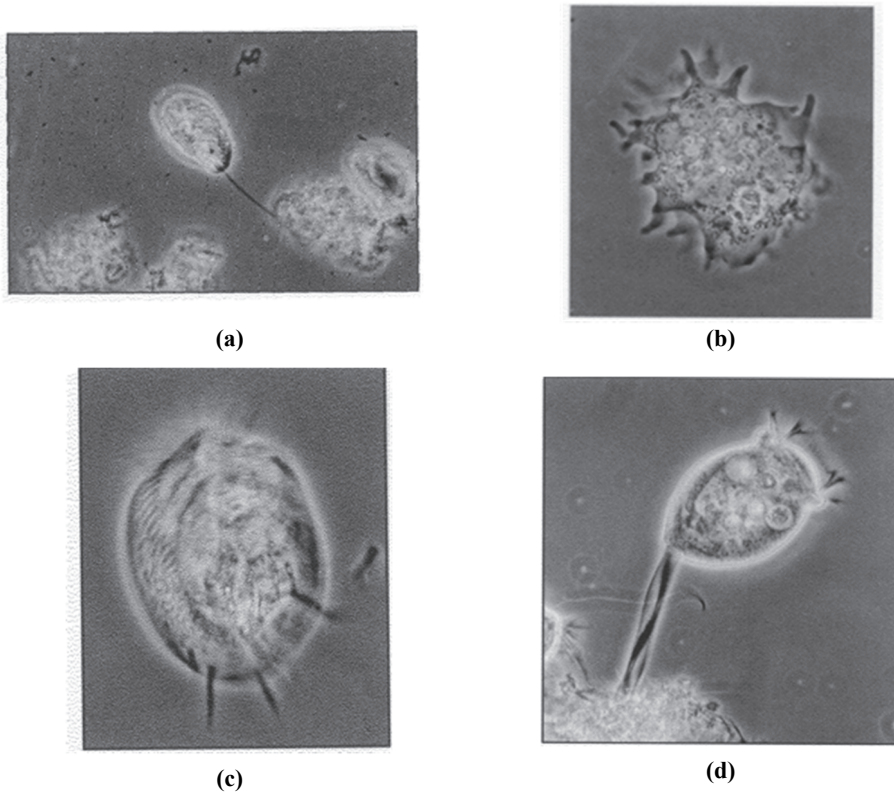
Fuente: EGEVASA

Figura 1.3. Organismos filamentosos observados en plantas de tratamiento de aguas residuales

1.2.4. Protozoos

Son microorganismos heterótrofos. La mayoría de los protozoos viven libremente en la naturaleza, aunque algunas especies son parásitas, viviendo en un organismo huésped, que puede variar desde algas hasta seres humanos. La mayoría son aerobios o facultativos, aunque se han encontrado algunos tipos anaerobios.

Pueden alimentarse de bacterias u otros microorganismos (holozoicos) o de materia orgánica disuelta (osmotrófos), aunque no se cree que compitan eficazmente con las bacterias por el sustrato soluble, pudiéndose asumir que la eliminación de la materia orgánica disuelta es llevada a cabo por las bacterias.



Fuente: EGEVASA

Figura 1.4. Protozoos observados en fangos activados. a) Flagelados; b) amebas; c) ciliados nadadores libres y d) ciliados fijos

Los protozoos constituyen aproximadamente el 5% de la biomasa de los fangos activados, habiéndose encontrado unas 200 especies. Estos organismos son un componente necesario de los fangos activados llevando a cabo por una parte una eliminación de coliformes y patógenos, clarificando el efluente, y contribuyendo, por otra, a la floculación de la biomasa aunque su contribución es menos importante que la de las bacterias formadoras de flóculos.

Los protozoos también juegan un papel importante en los sistemas de cultivo fijo, donde están presentes en mayor proporción. Su contribución al proceso es la misma que en los cultivos en suspensión.

Los cuatro grupos básicos de protozoos en los fangos activados son flagelados, amebas y formas nadadoras libres y fijas de ciliados (Figura 1.4).

1.2.5. Hongos

La mayoría son aerobios estrictos, toleran valores de pH relativamente bajos y tienen unos requisitos de nitrógeno mucho más bajos que las bacterias.

Aunque pueden utilizar la materia orgánica disuelta, rara vez compiten con las bacterias en los sistemas de cultivo en suspensión. Bajo determinadas condiciones (pH bajos, déficit de nitrógeno) pueden proliferar, produciendo unos fangos con pobres cualidades de sedimentación. Son más frecuentes en los sistemas de cultivo fijo constituyendo en estos sistemas una parte importante de la biomasa.

1.2.6. Algas

Son organismos fotosintéticos muchos de ellos unicelulares, y que cuando son pluricelulares no forman verdaderos tejidos.

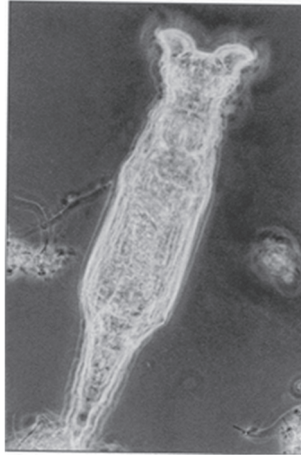
La mayor parte de los autores sitúan dentro de ellas a las algas azules (Cianofíceas), que son organismos fotosintéticos, pero sin diferenciación nuclear (procariotes), por lo que otros autores las sitúan dentro de las bacterias denominándolas Cianobacterias. Algunas de ellas son capaces de utilizar el nitrógeno atmosférico (N_2) como fuente de nitrógeno, proceso que recibe el nombre de fijación.

Desde el punto de vista del tratamiento de aguas cabe destacar los siguientes aspectos de las algas:

1. Su utilización en los sistemas de depuración no es tanto por su capacidad de depurar sino como fuente de oxígeno en los sistemas extensivos.
2. Al ser autótrofas su presencia en un sistema de depuración no disminuye el contenido en materia orgánica, sino que lo aumenta pues la sintetizan a partir de las fuentes minerales de carbono existentes. En el caso de las cianobacterias son capaces de generar cantidades de materia orgánica superiores a las presentes en las aguas de vertido, al suplir los déficits de nitrógeno existentes en las aguas residuales urbanas con nitrógeno atmosférico.

1.2.7. Rotíferos

Son organismos aerobios y multicelulares cuya extremidad anterior está modificada en un órgano ciliado, el aparato rotador, que utilizan para la captura de alimentos y el movimiento. En los sistemas de fangos activados constituyen normalmente, junto a los nemátodos, la cima de la pirámide trófica; ejerciendo una acción predatoria sobre el resto de los organismos que existen en el medio (Figura 1.5).



Fuente: EGEVASA

Figura 1.5. Rotífero (Contraste de fase 100x)

1.2.8. Nemátodos

En los sistemas de depuración actúan como predadores de los organismos inferiores, y, como ya se ha dicho antes, en los fangos activados constituyen la cima de la pirámide trófica.

1.3. Procesos que tienen lugar en los tratamientos biológicos

En los tratamientos biológicos tienen lugar una serie de transformaciones de vital importancia (Figura 1.6):

Crecimiento biológico. Los microorganismos presentes son capaces de utilizar moléculas pequeñas y simples para su crecimiento, tales como ácido acético, etanol, metanol, glucosa, amonio, nitrito, dióxido de carbono, etc.

A los compuestos orgánicos que pueden ser utilizados directamente por las bacterias heterótrofas para su proceso de crecimiento se les denomina materia orgánica fácilmente biodegradable (MOFB). Por el contrario, a los compuestos orgánicos de elevado peso molecular que no pueden atravesar la membrana celular para ser utilizados en el proceso de crecimiento se les denomina materia orgánica lentamente biodegradable (MOLB). Para que la MOLB pueda ser utilizada por los microorganismos se debe transformar previamente en MOFB mediante un proceso denominado hidrólisis.

Hidrólisis. Consiste en la transformación de moléculas orgánicas de gran tamaño (MOLB) en moléculas pequeñas, directamente degradables (MOFB), mediante la acción de enzimas extracelulares producidas por los microorganismos heterótrofos. Estos procesos son normalmente más lentos que los de crecimiento biológico, por lo que suelen convertirse en los limitantes.

**Para seguir leyendo, inicie el
proceso de compra, click aquí**