

## 4. Sistemas de tratamiento (II)

### Métodos biológicos

4.1 Introducción.

4.2 Reacciones de oxidación biológica y microorganismos empleados

4.3 Sistemas de tratamiento biológico específicos

4.3.1 Tratamiento convencional

4.3.1.1 Sistemas de biomasa en suspensión

4.3.1.2 Sistemas de biomasa fija

4.3.1.3 Sistemas de reactores discontinuos aerobios

4.3.1.4 Sistemas anaerobios

4.3.2 Tratamiento en fase de lechada

4.3.2.1 Factores a considerar

4.3.2.2 Aplicaciones

4.4 Avances tecnológicos

Tabla 4.1  
Tipos de microorganismos

Clasificación	Fuente de energía	Fuente de carbono (sustrato)
Autótrofos		
Fotoautótrofos	Luz	Dióxido de carbono
Quimioautótrofos	Reacciones de oxidación-reducción de compuestos inorgánicos	Dióxido de carbono
Heterótrofos	Reacciones de oxidación-reducción de compuestos orgánicos	Carbono orgánico

Velocidad de crecimiento

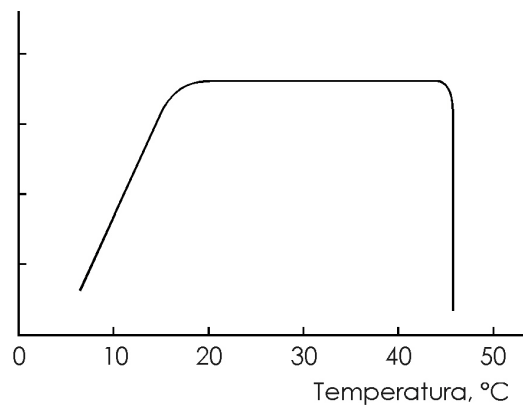


Fig. 4.1 Efecto de la temperatura sobre la velocidad de crecimiento

Tabla 4.2

Clasificación de las bacterias según la temperatura

Clasificación	Rango activo	Rango óptimo
Psicrófilas	-2 - 20°C	12 - 18°C
Mesófilas	20 - 45°C	25 - 40°C
Termófilas	45 - 75°C	55 - 65°C

Tabla 4.3  
Necesidades de nitrógeno y fósforo en las reacciones anabólicas

	Nº de átomos	Peso atómico	Peso en la fórmula empírica	Relación
Carbono orgánico total	60	12	720	100
Nitrógeno	12	14	168	23
Fósforo	1	31	31	4,3

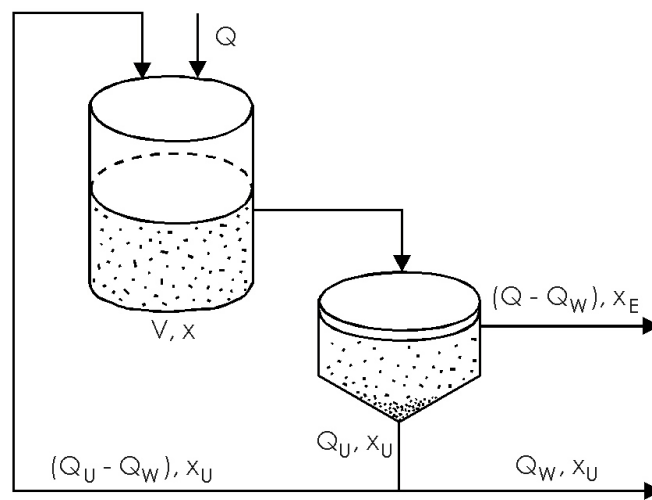


Figura 4.2 Diagrama de flujo de un sistema con recirculación.  
Las corrientes incluyen el caudal y la concentración

Tabla 4.4  
Sistemas de clasificación del tratamiento biológico

Sistema	Forma del residuo	Aspectos generales
Fase líquida convencional	Líquido	Crecimiento fijo o en suspensión, con o sin recirculación de biomasa y flujo continuo o discontinuo; principalmente aerobio, pero el anaerobio puede desempeñar un papel clave
In situ	Líquido y suelos contaminados	Tratamiento del agua subterránea en su estado natural por debajo de la superficie y tratamiento de las fuentes subterráneas de contaminación del agua
Fase de lechada	Fangos o sólidos (por ejemplo suelos contaminados)	Similar al sistema convencional para el tratamiento líquido excepto que el contenido de sólidos no volátiles en el reactor puede oscilar de un 5 a un 50 por ciento
Fase sólida	Fangos o sólidos (por ejemplo suelos contaminados)	Condiciones insaturadas o mínimo contenido en agua libre; los principales ejemplos son el tratamiento sobre el terreno, el compostaje y el amontonamiento

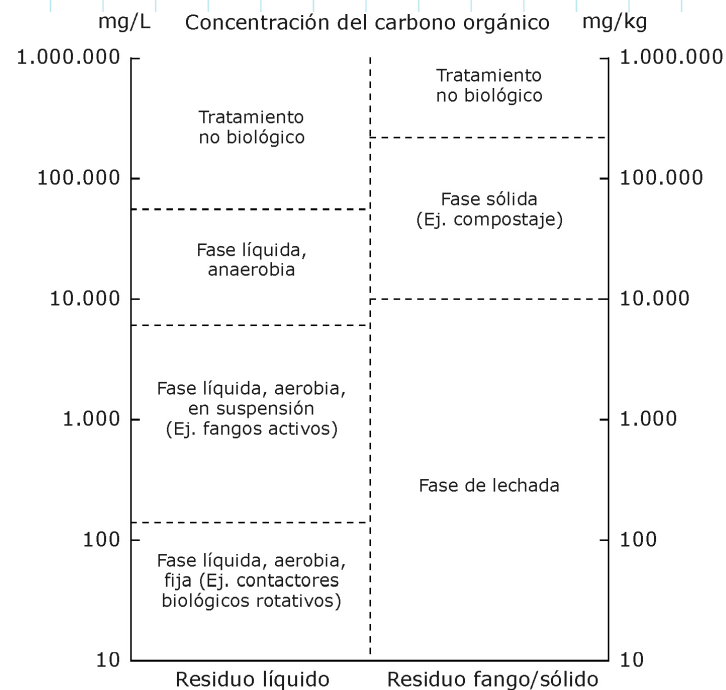


Figura 4.3 Sistemas de tratamiento apropiados en función de la concentración y forma del residuo

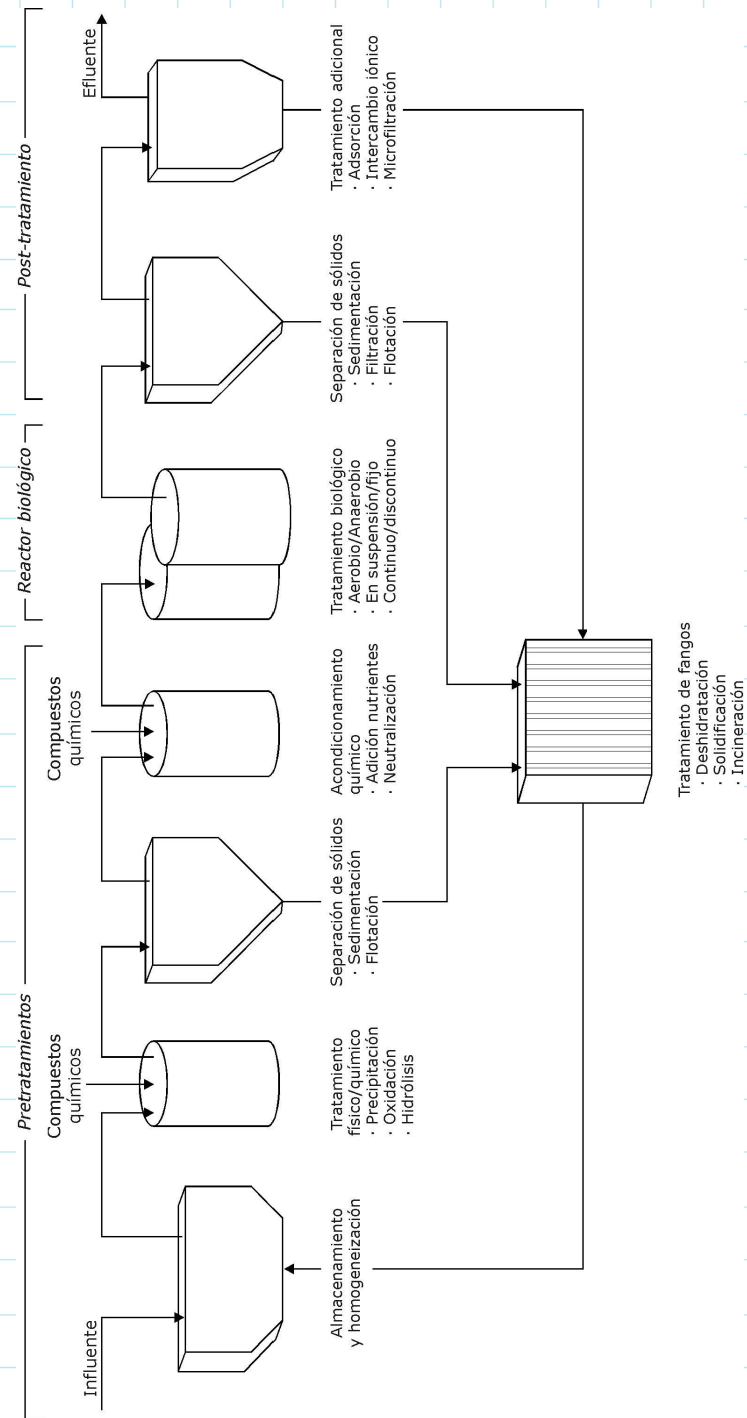


Figura 4.4 Diagrama de bloques de un sistema de tratamiento convencional en fase líquida

Tabla 4.5  
Impacto ambiental de los compuestos peligrosos  
en instalaciones convencionales de tratamiento

Sistema de eliminación	Impacto ambiental
Biodegradación	Ninguno, es el resultado deseado
Evaporación	Emisión a la atmósfera de compuestos volátiles; exposición de seres humanos a cancerígenos; contribuye a la degradación de la capa de ozono
Adsorción	Los compuestos tóxicos van al vertedero junto con los fangos; puede provocar la contaminación de aguas subterráneas, lo que podría amenazar los suministros de agua potable
Escape	Emisión de compuestos tóxicos a las aguas superficiales (ríos lagos, océanos); puede contaminar fuentes de agua potable y dañar el ecosistema local

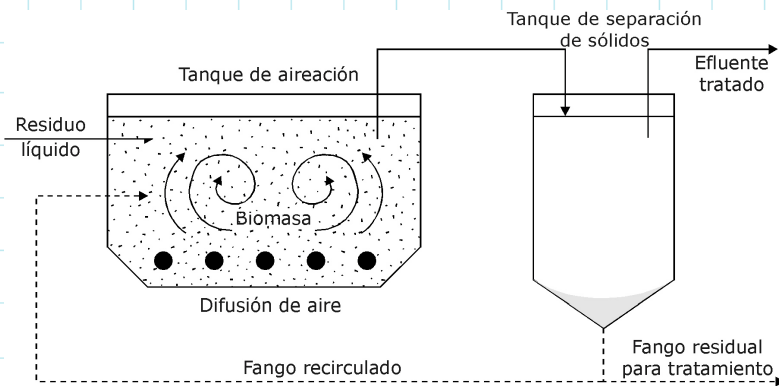


Figura 4.5 Sistema de tratamiento de biomasa en suspensión, mezcla completa

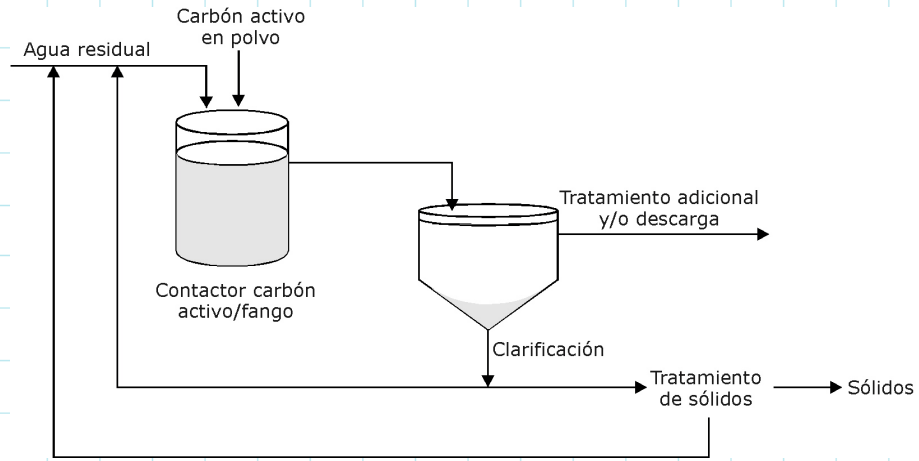


Figura 4.6 Esquema del proceso Zimpro PACT

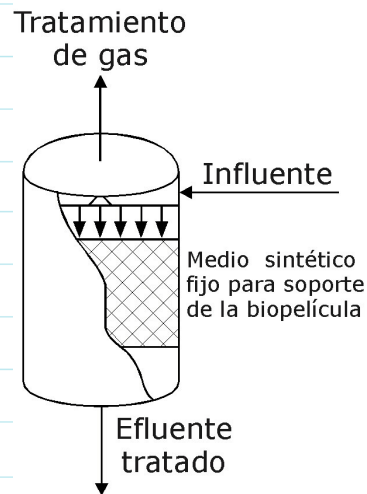


Figura 4.7 Reactor de flujo descendente y biomasa fija

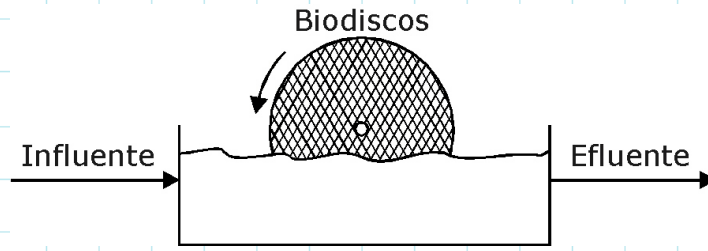


Figura 4.8 Esquema de contactores de discos

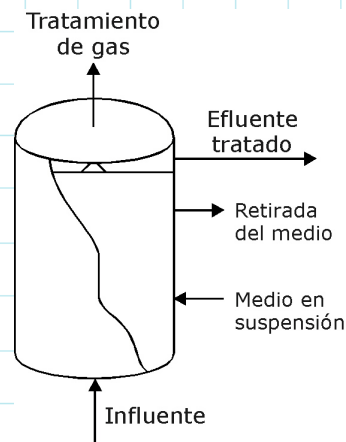


Figura 4.9 Reactor de lecho fluidizado

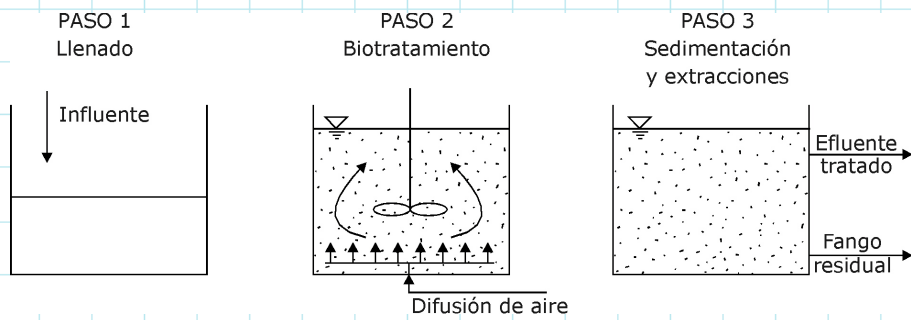
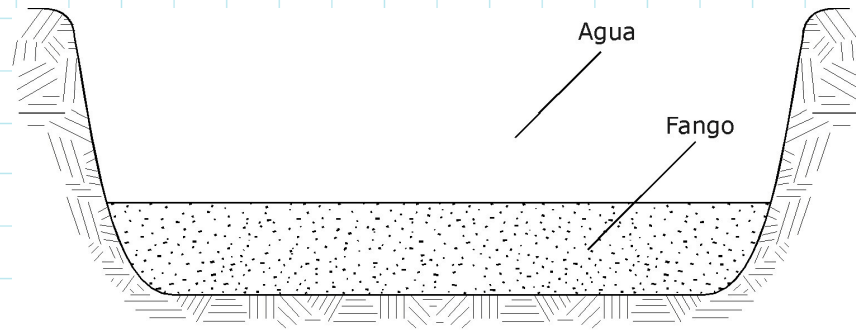
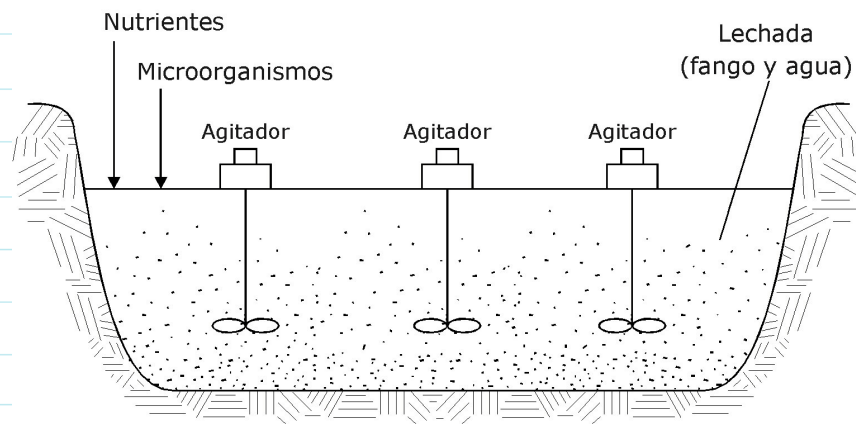


Figura 4.10 Funcionamiento de un reactor discontinuo secuencial





Laguna



Laguna modificada para el tratamiento en fase de lechada

Figura 4.11 Sistema de tratamiento fijo en fase de lechada

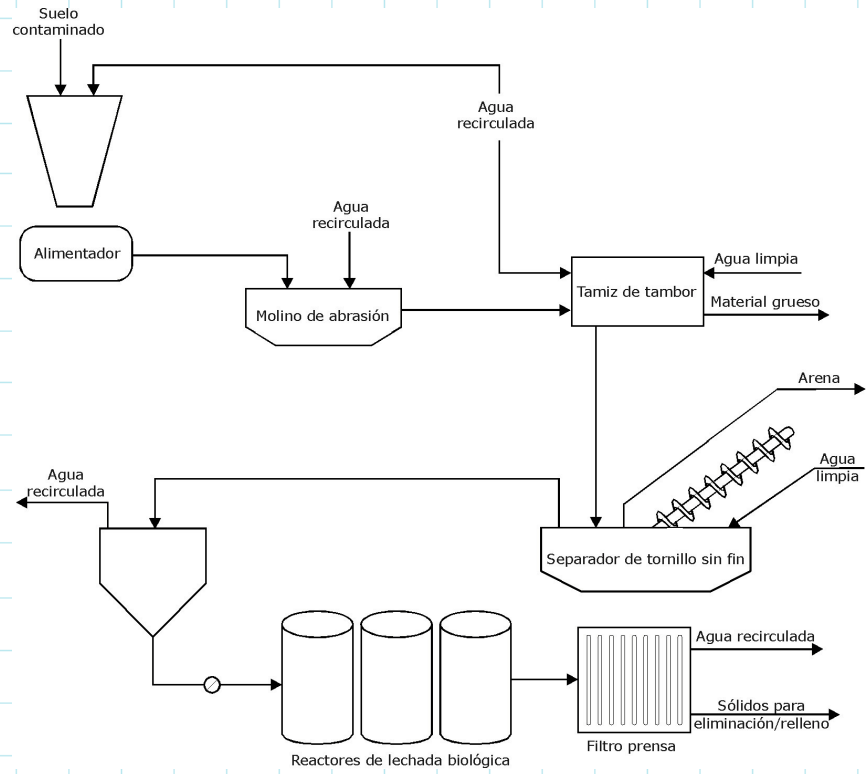


Figura 4.12 Diagrama de bloques de un sistema de tratamiento multietapa en fase de lechada

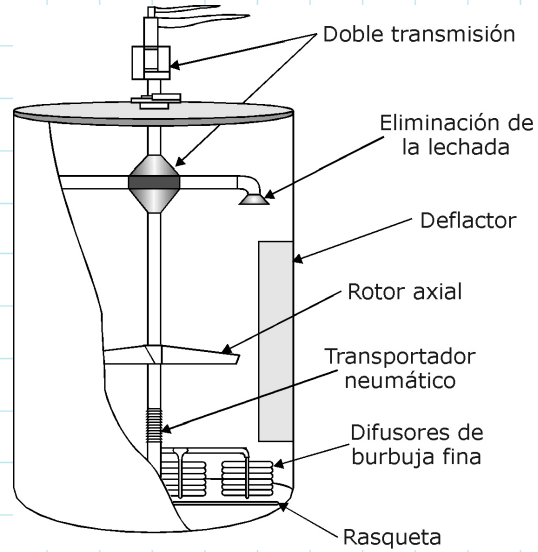


Figura 4.13 Esquema del reactor biológico Eimco Biolift® para fase de lechada

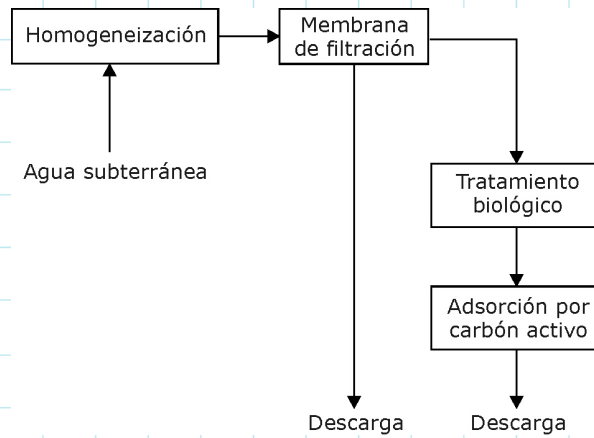
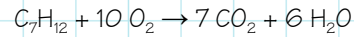


Figura 4.14 Esquema de un sistema de tratamiento integrado

**Problema 4.1**

La siguiente ecuación estequiométrica, para la mineralización teórica de un alqueno ramificado, omite las reacciones catabólicas intermedias de oxidación a un alcohol y luego a un ácido:



Calcular el oxígeno necesario para mineralizar completamente un miligramo de hepteno. Datos: los pesos atómicos del carbono, oxígeno e hidrógeno son 12, 16 y 1 respectivamente.

**Problema 4.2**

Calcular la proporción de nutrientes necesaria, por unidad de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), para el tratamiento aerobio de un hepteno donde toda la masa celular es físicamente eliminada sin respiración endógena.

Nota: utilizar los resultados del problema anterior.

**Problema 4.3**

Un reactor biológico de  $19 \text{ m}^3$  opera a una concentración de biomasa de  $2.000 \text{ mg/L}$ , medidos como sólidos en suspensión volátiles en el licor mezcla (SSVLM), y trata  $38 \text{ m}^3$  al día de residuo líquido con un contenido de  $1,0 \text{ g/L}$  de carbono orgánico total. Los sólidos en suspensión se separan en un clarificador continuo al reactor biológico con recirculación de fangos. El caudal de recirculación es de  $19 \text{ m}^3/\text{día}$  y cada día se elimina  $1 \text{ m}^3$  de recirculado. El efluente del clarificador contiene  $40 \text{ mg/L}$  de SSVLM. Calcular:

- el tiempo de retención de sólidos
- si el TRS fuese muy pequeño comparado con la regla empírica, ¿cómo podría aumentarse?