

1. INTRODUCCIÓ

1. INTRODUCCIÓ

L'home sempre ha emprat el sòl i l'aigua com a sistemes de dispersió i eliminació dels seus residus. La presència d'episodis de contaminació i el coneixement de la relació entre contaminació i malalties per sobrecàrrega del medi (desenvolupada a la segona meitat del segle XIX) va impulsar l'estudi dels primers sistemes de tractament de les aigües residuals.

El tractament sistemàtic de l'aigua residual s'inicia a finals del segle XIX i principis del XX. L'any 1914 al Regne Unit els enginyers Arden i Lockett desenvolupen les bases del sistema de fangs activats i, a partir d'aquí, es comencen a construir instal·lacions similars a moltes de les actuals. Com a alternativa a la depuració biològica, als anys 1930 es van començar a utilitzar els processos de tractament fisicoquímic, els quals es basen en l'addició de diferents reactius amb la funció de coagular i flocular els contaminants presents a l'aigua.

Amb el tractament de les aigües residuals s'espera evitar i reduir la degradació ambiental i el perjudici de la salut. El factor que més influeix sobre el procés de depuració de l'aigua residual és, sense dubtes, la seva pròpia composició. Un altre factor és la seva procedència, que és un aspecte determinant de gran part de les seves característiques físiques, químiques i biològiques.

Les aigües residuals municipals transporten una varietat de residus que consisteixen normalment en un 99,9% d'aigua (on es troben els contaminants solubles) i un 0,1% de sòlids. La matèria sòlida està constituïda en un 70% per substàncies orgàniques com proteïnes, greixos i carbohidrats, mentre que el 30% restant és matèria mineral insoluble (substàncies inorgàniques) com la sorra, l'argila i les graves (Knobelsdorf, 2005).

La major font de contaminació que flueix pel clavegueram domèstic té el seu origen en els excrements humans i animals i en menor proporció en les aigües resultants de la neteja de roba, preparació d'aliments i dutxes. Per altra banda, les aigües pluvials o de neteja de carrers que són transportades des de les zones urbanes aporten també una càrrega important de contaminació (arrossegament de matèria sòlida inorgànica en suspensió i matèria orgànica soluble i insoluble).

Vist això és evident la necessitat de construir Estacions Depuradores d'Aigües Residuals (EDARs) amb l'objectiu bàsic de minimitzar l'impacte dels contaminants al medi receptor. Els diferents tractaments que s'hi duen a terme es poden dividir en línia d'aigües, corresponent a la part del procés destinada a tractar l'aigua entrant a la planta, i línia de fangs, tractaments dels residus sòlids derivats del tractament de les aigües.

La línia d'aigües està dividida en una sèrie de tractaments que es classifiquen de manera general en pretractament, tractament primari, secundari i terciari o avançat.

- El **pretractament** de l'aigua residual es troba a l'inici de qualsevol EDAR amb l'objectiu d'eliminar materials que podrien malmetre la maquinària de la planta i/o desestabilitzar el procés. Les substàncies que normalment s'eliminen en aquest tractament són restes vegetals, plàstics, pedres, greixos, escumes, tòxics i similars. L'equipament i mètodes utilitzats consisteixen en pous de gruixuts, reixes de gruixuts i de fins, addició química, preaeració, tancs de desaeració i similars (Fiter, 2006).
- A continuació del pretractament, el **tractament primari** s'encarrega d'eliminar gran part de les partícules en suspensió i flotants. Normalment consisteix en un sistema físic de separació basat en el fenomen de la sedimentació-clarificació. Si està ben dissenyat, es pot arribar a eliminar d'un 60 a un 75% dels Sòlids en Suspensió (SS) de l'aigua d'entrada i fins a un 35% de la Demanda Biològica d'Oxigen (DBO₅). No obstant, els sòlids dissolts i la major part de DBO₅ soluble no poden ser eliminats, de manera que és necessària la figura d'un tractament suplementari, el tractament secundari (WEF, 1998).

En molts casos part de la matèria en suspensió pot estar formada per partícules molt petites, la qual cosa comporta una suspensió col·loïdal. Aquestes suspensions col·loïdals solen ser molt estables, en moltes ocasions degut a interaccions elèctriques entre les partícules. Per tant, tenen una velocitat de sedimentació extremadament lenta, pel que faria inviable un tractament mecànic clàssic. Una forma de millorar l'eficàcia de tots els sistemes d'eliminació de matèria en suspensió és l'addició de reactius químics que, en primer lloc, desestabilitzen la suspensió col·loïdal (coagulació) i a continuació afavoreixen la floculació de les mateixes per a obtenir partícules fàcilment sedimentables. Els coagulants solen ser productes químics que en solució aporten càrrega elèctrica contrària a la del

col·loide. Habitualment s'utilitzen sals amb cations d'alta relació càrrega/massa (Fe^{3+} , Al^{3+}) juntament amb polielectrolits orgànics, l'objectiu dels quals també ha de ser afavorir la floculació (Rodríguez *et al.*, 2005).

- El **tractament secundari** tracta la matèria orgànica biodegradable no eliminada anteriorment. La majoria de tractaments secundaris són processos biològics, classificats de manera general en biomassa en suspensió (fangs o llots activats) i biomassa fixada (filtres percoladors, biodiscs, etc.). El procés es basa en mantenir una població mixta de microorganismes que, en les condicions ambientals adequades (presència o absència d'oxigen, pH òptim, T i mescla), consumeixen la matèria orgànica biodegradable dissolta a l'aigua, amb l'objectiu de mantenir el seu cicle vital i produir nous microorganismes. La població de microorganismes no només ha d'assimilar la càrrega orgànica rebuda sinó que també ha de ser capaç de formar flocs per tal de poder ser fàcilment separats de l'aigua depurada (Fiter, 2006).

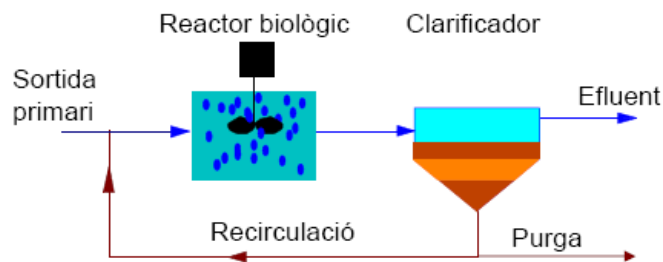


Figura 1. Esquema del procés de llots o fangs activats (Font: Apunts de l'optativa Tractament de residus)

El procés de fangs activats (Figura 1) és el tractament biològic d'aigües residuals més habitual i està format per la combinació d'un reactor biològic i un decantador secundari. Requereix un sistema d'aeració i agitació que subministri l'oxigen per als bacteris encarregats del procés, eviti la sedimentació dels flocs en el reactor i permeti l'homogeneïtzació dels fangs activats. Després d'un període de temps determinat, i una vegada la matèria orgànica està suficientment oxidada, el licor mescla s'envia al decantador secundari on es separa el fang biològic de l'aigua. Una part de la biomassa decantada es recircula al reactor per mantenir una concentració de microorganismes, i la resta del fang s'extreu del sistema per evitar una acumulació excessiva i controlar el temps mitjà de residència cel·lular.

- Amb el nom de **tractaments terciaris o avançats** es coneixen tant els tractaments emprats per a l'eliminació dels nutrients presents en l'aigua, com els d'afinament. L'eliminació dels nutrients (nitrogen i fòsfor) pot ser biològica o físico-química.

L'eliminació biològica de nitrogen es porta a terme via nitrificació-desnitrificació, que constitueix una opció àmpliament utilitzada per a l'eliminació d'amoni d'aigües residuals. La nitrificació és un procés aerobi, dut a terme per bacteris nitrificants autòtrofs, que consisteix en l'oxidació d'amoni a nitrit seguida de l'oxidació del nitrit al nitrat en presència d'oxigen dissolt. Posteriorment el nitrit i/o nitrat es redueixen a nitrogen gas, que s'allibera a l'atmosfera, en el procés anòxic de desnitrificació, portat a terme per bacteris heteròtrofs desnitrificants que utilitzen com a font d'electrons la matèria orgànica.

El procés d'eliminació de fòsfor en una EDAR, en canvi, es pot fer biològicament mitjançant organismes acumuladors de polifosfats (PAO, de l'anglès *Phosphorus Accumulator Organisms*) o físico-químicament, gràcies a l'addició de diferents reactius químics que, al formar precipitats juntament amb el fòsfor, provoquen la disminució d'aquest en l'efluent de sortida. Tradicionalment, els agents químics més emprats en el camp de la defosfatació han estat el sulfat d'alumini ($Al_2(SO_4)_3$), el clorur fèrric ($FeCl_3$) i el policlorur d'alumini (PAC) (Dapena-Mora *et al.*, 2006).

El procés d'eliminació biològica de fòsfor requereix l'alternança de condicions anaeròbies i aeròbies per afavorir el desenvolupament dels organismes acumuladors de fòsfor. Aquests organismes són capaços d'assimilar fòsfor en quantitats superiors als requisits nutricionals, el que permet obtenir efluent amb baixes concentracions de fòsfor.

Els bacteris PAO en condicions anaeròbies capten àcids grassos volàtils (AGV) especialment acetat (Marais *et al.*, 1983; Comeau *et al.*, 1986) i ho emmagatzemen intracel·lularment com poli-hidroxi-alcanoats (PHA). L'energia necessària per aquest procés l'obtenen de la degradació dels polifosfats intracel·lulars produint la descàrrega de fòsfor al medi.

En condicions aeròbies, els bacteris PAO utilitzen el substrat emmagatzemat (PHA) com a font d'energia i de carboni per al seu propi creixement i per a acumular fòsfor intracel·lularment en quantitats majors a les descàrregues en condicions

anaeròbies, recuperant d'aquesta forma les seves reserves de polifosfat i donant lloc a una eliminació neta (Dapena-Mora *et al.*, 2006).

El fòsfor surt del sistema amb la purga del fang que es realitza després de l'etapa aeròbia. Aquest procés cíclic permet una eliminació de fòsfor superior a la deguda únicament a la síntesi cel·lular dels bacteris heteròtrofs no acumuladors.

Els tractaments terciaris, com ja s'ha comentat, també es refereixen als processos de desinfecció per a eliminar microorganismes patògens de l'aigua, o altres tractaments posteriors per a afavorir la reutilització de l'aigua depurada per a usos secundaris (agrícoles, de procés, etc.). Així, hi ha diversos tractaments segons l'objectiu, però el més habitual és el de la higienització destinada a eliminar la presència de virus i gèrmens de l'aigua (cloració, làmpades UV, etc.).

La línia de fangs no és present a totes les EDARs. N'hi ha que envien els seus fangs a altres EDARs o bé a instal·lacions destinades al seu tractament. Aquesta línia de tractament consta principalment d'una etapa d'espessiment de fangs, una altra d'estabilització, d'un condicionament i d'una deshidratació.

- El propòsit de l'**espessiment** és incrementar el contingut de sòlids del fang per l'eliminació de part de la fracció líquida. La reducció de volum de fangs que s'aconsegueix pot suposar una cinquena part del volum original. Aquesta reducció millora la gestió dels posteriors tractaments reduint la capacitat necessària dels tancs, els requeriments químics pel condicionament i el volum de fang a manipular, entre d'altres. Les operacions més utilitzades són la sedimentació, la flotació i la centrifugació, assolint concentracions de sòlids del 4 al 6% (Metcalf & Eddy, 1994).
- El procés d'**estabilització** permet reduir, inhibir o eliminar el potencial de putrefacció que tenen els fangs degut a la presència de matèria orgànica. Alhora es redueixen els nivells de patògens i s'eliminen les olors desagradables. Els processos utilitzats per a dur a terme l'estabilització poden ser químics (calç i oxidació amb clor), tèrmics (tractament tèrmic i incineració) i biològics (digestió aeròbia, anaeròbia i compostatge) (Serra, 2003). Els més utilitzats en EDARs d'aigües residuals urbanes o mixtes són els biològics:
 - L'estabilització per digestió aeròbia es produeix per la degradació biològica de la matèria orgànica que contenen els fangs reduint-ne el volum total de sòlids. És

un sistema similar al procés de fangs activats, amb la diferència que els microorganismes no tenen suficient matèria orgànica soluble disponible i consumeixen el seu propi protoplasma per obtenir l'energia necessària per les reaccions de manteniment de les cèl·lules. Mitjançant aquest tractament té lloc l'oxidació dels sòlids en suspensió volàtils procedents del tractament primari (fracció orgànica del fang primari) i la degradació de la biomassa procedent del tractament secundari.

- La digestió anaeròbia és un procés pel qual la matèria orgànica es descompon per l'activitat dels microorganismes en absència d'oxigen, produint-se un gas amb un alt contingut energètic (biogàs) i un fang residual que conserva tot el valor fertilitzant del material original. A més, s'eliminen les males olors, la majoria dels patògens i es disminueix la càrrega contaminant del substrat digerit.

- El compostatge és un procés pel qual la matèria orgànica es descomposa per l'activitat aeròbia dels microorganismes, donant un producte estable anomenat compost. El producte resultant no presenta problemes de caràcter sanitari, no emet males olors i té característiques similars al humus, el que permet ser utilitzat com a condicionant del sòl.

- El **condicionament** del fang té la finalitat de millorar les característiques del fang per a la seva deshidratació. El mètode més utilitzat és l'addició de productes químics, tot i que també es pot utilitzar un tractament tèrmic. El condicionament químic dona com a resultat la coagulació dels sòlids i l'alliberació de l'aigua absorbida pels fangs, millorant el tractament posterior de deshidratació. Els productes químics més utilitzats són clorur fèrric, calç, sulfat d'alumini i polímers inorgànics. Els tractaments tèrmics, en canvi, consisteixen en escalfar el fang durant curts períodes sotmès a pressió, donant com a resultat la coagulació dels sòlids, el trencament de l'estructura del gel i una reducció de l'afinitat del fang per l'aigua, facilitant així, la posterior deshidratació sense necessitat d'afegir productes químics (Serra, 2003).

- Mitjançant la **deshidratació** es redueix el contingut d'humitat dels fangs facilitant la manipulació i transport del fang i disminuint el seu cost. El nivell de deshidratació a assolir dependrà del destí final que tinguin aquests fangs. Els tractaments més

utilitzats són els mètodes mecànics com la centrifugació, la filtració al buit i la filtració a pressió; i els mètodes naturals com les eres d'assecat.

Els fangs, un cop han rebut els tractaments esmentats, són susceptibles de ser tractats com a residu sòlid urbà, incinerats o reutilitzats en l'agricultura com a fertilitzants o esmena; utilitzats en aplicació forestal i recuperació de terrenys marginals; o emprats com a matèria primera en la fabricació de materials de construcció.

Aquesta introducció serveix per explicar les nocions bàsiques sobre el tractament de les aigües residuals urbanes, fet necessari per poder entendre la base del projecte.