

5ª Edició

1ª Edició
en Català

Conceptes de

Enginyeria Ambiental

Rafael Mujeriego
Catedràtic d'Enginyeria Ambiental

amb la col·laboració de
Carlos Abril
alumne del curs 2010-11



ETS d'Enginyers de Camins, Canals i Ports
Universitat Politècnica de Catalunya
Barcelona, desembre de 2011

PRÒLEG

Aquesta publicació recull una sèrie de preguntes plantejades en els exàmens teòrics de l'assignatura Enginyeria Ambiental, de les titulacions d'Enginyeria de Camins i d'Enginyeria Tècnica d'Obres Públiques, de l'ETS d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona, des del curs 2000-2001 fins el curs 2010-11.

Aquestes preguntes i respostes recullen l'experiència pedagògica obtinguda durant els 32 anys en què hem vingut impartint aquesta assignatura en els diversos plans d'estudis d'ambdues titulacions.

Les respostes que s'ofereixen tracten de desenvolupar la capacitat d'anàlisi i de síntesi dels alumnes, al mateix temps que promouen la seva capacitat per presentar els seus coneixements de forma lògica, sintètica i ordenada. L'extensió d'aquestes respostes excedeix amb freqüència la que els alumnes han d'adoptar als exàmens, per tal d'il·lustrar les diverses possibilitats i matisacions amb què es poden formular les respostes.

La vocació d'aquesta cinquena edició de Conceptes d'Enginyeria Ambiental és familiaritzar els alumnes amb el contingut i la forma dels exercicis que hauran de resoldre als seus exàmens. La valoració de les respostes els ha de permetre confirmar els coneixements adquirits a classe i durant les seves hores d'estudi personal, així com aclarir els dubtes que puguin sorgir durant la seva aplicació.

L'elaboració d'aquesta col·lecció ha estat possible gràcies a la col·laboració dels professors i els alumnes que han participat en el desenvolupament i la docència de les assignatures. Qualsevol comentari, suggeriment o errada que pugui sorgir de la lectura d'aquestes respostes serà benvinguda i considerada per a les edicions futures.

La redacció d'aquesta edició en català ha estat possible gràcies a la iniciativa personal, a l'interès i a la dedicació de l'alumne Carlos Abril, del curs 2010-11 d'Enginyeria Ambiental. Ha estat una gran satisfacció editar el text traduït per Carlos Abril i per això vull deixar constància del meu agraïment i la meva estima per la seva valuosa aportació a la divulgació d'aquest material educatiu en llengua catalana.

Barcelona, desembre de 2011.

Rafael Mujeriego
Catedràtic d'Enginyeria Ambiental
rafael.mujeriego@upc.edu





1. BIOLOGIA

- 1.1 Com es defineix ecologia? Quina és la unitat mínima d'un estudi ecològic? Com es defineix el medi ambient d'un ésser viu? Com es defineix un sistema, quins elements l'integren i quins factors requereix per al seu funcionament? Quin paper fonamental realitzen els productors primaris en un ecosistema?

Estudi científic de les interaccions dels éssers vius complets, a tres nivells d'organització (individu, població, comunitat), amb el seu medi ambient en el context d'un sistema. La unitat mínima és un ésser viu. Absolutament tot el que envolta a un ésser viu i que pot interaccionar amb ell. Un conjunt d'elements (vius o inanimats) relacionats entre sí que davant un estímul (input) produeixen un resultat (output) i que requereixen un flux d'energia per al seu funcionament. El paper fonamental dels productors primaris consisteix a sintetitzar matèria orgànica a partir d'elements minerals (matèria inorgànica), utilitzant per a això energia solar o química.

- 1.2 Com es defineix ecologia? Quina és la unitat mínima d'un estudi ecològic? Com es defineix el medi ambient d'un ésser viu? Com es defineix un sistema, quins elements bàsics l'integren i quins factors requereix per al seu funcionament? Quina connotació específica té un ecosistema?

La branca de les ciències de la vida que estudia les interaccions dels éssers vius complets, a tres nivells d'organització (individu, població, comunitat), amb el seu medi ambient en el context d'un sistema, que es denomina ecosistema. La unitat mínima és un ésser viu complet. Un conjunt d'elements interrelacionats que davant un estímul produeix un efecte, i que necessita una aportació d'energia per a funcionar. Els éssers vius, la matèria inanimada, les interaccions, el contorn i l'energia necessària per a fer-lo funcionar. Un sistema en el qual hi ha almenys un ésser viu i en el qual es realitza un estudi ecològic sobre aquest ésser viu.

- 1.3 Com es defineix ecologia? Quina és la unitat mínima d'un estudi ecològic i com es defineix el medi ambient d'un ésser viu? Com es defineix un sistema, quins elements bàsics l'integren i quins factors requereix per al seu funcionament? Quina connotació específica té un ecosistema? Quin element integral d'un ecosistema ofereix el major repte i la major possibilitat per entendre el seu funcionament i poder anticipar canvis futurs?

L'estudi científic de les interaccions dels éssers vius complets, a tres nivells de complexitat (individu, població i comunitat) amb el seu medi ambient, en el context d'un sistema, que s'anomena ecosistema. La unitat mínima és un ésser viu complet, el medi ambient d'un ésser viu és tot allò que l'envolta (tant de naturalesa viva com inanimada) i amb el que pot interaccionar. Un sistema és un conjunt d'elements relacionats entre si que davant un estímul (input) genera un producte o reacció (output) i que necessita energia per funcionar, l'integren els éssers vius i la matèria inanimada que envolta l'ésser viu i amb el qual poden interactuar; requereix un flux d'energia: si aquest flux s'interromp, l'ecosistema es col·lapsa (deixa de funcionar, els éssers vius i les interaccions es paralitzen). Un ecosistema requereix l'existència d'un ésser viu, com a mínim, i d'un sistema on aquest ésser viu realitza la seva activitat. El major repte consisteix a conèixer amb suficient precisió les possibles interaccions entre els elements de l'ecosistema, el coneixement d'aquestes interaccions permet realitzar



models amb els quals es poden anticipar / simular els resultats (outputs) que es derivarien de possibles combinacions d'accions (inputs).

- 1.4 Quins quatre elements componen l'estudi d'una reacció biològica? Com es classifiquen els reactors biològics en funció del seu règim hidràulic? Quins quatre tipus de reactors (ideals i reals) poden considerar-se en la pràctica? Quina característica essencial té cadascun d'aquests reactors ideals? Quin reactor de flux continu té una similitud cinètica amb un reactor de flux discontinu? Raonar la resposta.

El substrat (sobre el qual es realitza la reacció), l'agent actiu (que porta a terme la reacció), el reactor (on s'efectua la reacció) i les condicions ambientals (en les quals es realitza la reacció). Flux hidràulic continu (fluid afluent i fluid efluent) i flux discontinu (sense flux de fluid). Reactors reals de flux discontinu, reactors reals de flux continu, i reactors ideals de flux continu: de mescla completa i de flux en pistó. El reactor ideal de mescla completa es caracteritza perquè el seu contingut és uniforme, igual en qualsevol punt del reactor, inclòs el punt de sortida del fluid del reactor. El reactor ideal de flux en pistó es caracteritza perquè el contingut d'una secció transversal es desplaça al llarg del reactor sense mesclar-se amb la secció precedent o amb la posterior. El reactor de flux discontinu té un comportament cinètic idèntic al d'un reactor ideal de flux en pistó, ja que els seus continguts no es barregen amb cap altre durant el temps que dura la reacció.

- 1.5 Quins són els tres indicadors de contaminació fecal més freqüentment utilitzats en anàlisi d'aigües? Quines tres propietats principals ha de posseir un indicador? Quins dos mètodes d'anàlisi s'utilitzen per a valorar la presència d'aquests indicadors en una aigua? Quines unitats s'utilitzen per a expressar els resultats en cadascun d'aquests mètodes d'anàlisi?

Els coliformes totals (CT), els coliformes fecals (CF), en particular *Escherichia coli* (*E. coli*), i els estreptococs fecals (EF). Estar presents sempre que ho estiguin els patògens, ser més nombrosos que els patògens, ser molt més senzills, ràpids i econòmics (mitjans materials i personals) de determinar que els patògens i tenir un comportament similar al dels patògens davant de les condicions ambientals (naturals o artificials). Els tubs múltiples juntament amb el NMP, i la filtració amb membrana. NMP/100 mL i ufc/100 mL (unitats formadores de colònies per 100 mL); en alguns casos es fa servir també l'expressió CT/100 mL, per exemple.

- 1.6 Quines dues tècniques analítiques integren el mètode del nombre més probable? Quins tipus de resultats proporciona cadascuna d'aquestes dues tècniques? Quines distribucions estadístiques s'utilitzen en aquestes tècniques d'anàlisi? Quines són les tres hipòtesis sobre les quals es basa la capacitat de detecció del mètode de filtració amb membrana? Quin criteri determina el recompte mínim i el recompte màxim de colònies a respectar en una membrana de filtració?

La determinació dels tubs múltiples i una estimació estadística basada en els resultats anteriors. La primera proporciona resultats qualitius (tubs positius o negatius) i la segona resultats quantitius (concentracions més probables). La distribució de Poisson i la distribució binomial. Les hipòtesis són: 1) que tots els microorganismes queden retinguts en la membrana, 2) que tots els microorganismes retinguts creixen i desenvolupen una colònia visible i 3) que cada colònia correspon a un microorganisme individual. El recompte mínim tracta de reduir l'error de mesura a un valor acceptable (de l'ordre del 5%: una colònia d'entre 20 mínimes) i el recompte màxim tracta d'evitar



que la interferència entre colònies dificulti el seu creixement i recompte (entre 60 i 100 colònies, depenent del tipus de microorganisme, CF o EF, respectivament).

- 1.7 Quan es diu que una variable aleatòria segueix una distribució log-normal? Per què les concentracions microbianes ambientals segueixen distribucions d'aquest tipus? Quin estimador es pot utilitzar per a calcular la $F(x)$? Quins percentils de la $F(x)$ s'utilitzen per a calcular la desviació estàndard de la distribució? Com es defineix el coeficient de variació d'una mostra d'una variable? Quina interpretació té un valor elevat del coeficient de variació?

Quan el logaritme de la variable és una nova variable que s'ajusta a una distribució normal. Perquè les concentracions microbianes registren una gran variabilitat entre mostres successives: es poden observar unes concentracions molt altes i unes altres molt baixes. Els estimadors més freqüentment utilitzats són $F(x) = i/(n+1)$ y $F(x) = (i - 0,5)/n$. El càlcul de la desviació típica o desviació estàndard es realitza amb la fórmula: $s = X_{50} - X_{16}$, o bé $s = X_{84} - X_{50}$. El coeficient de variació s'obté mitjançant l'expressió $(CV) = \text{desviació típica}/\text{mitjana}$. Reflecteix una gran dispersió relativa de les dades experimentals avaluats.

- 1.8 Quins dos paràmetres determinen una distribució de probabilitat normal? Com es designen aquests paràmetres en el cas de la població completa de la variable i en el d'una mostra restringida d'aquesta població? Quina forma té la distribució de freqüències acumulades d'una distribució normal? Quin avantatge ofereix la utilització de paper de probabilitat normal per a estimar els paràmetres d'una distribució? Quin estimador s'utilitza per a obtenir el valor de $F(x)$ del valor d'una variable?

La mitjana i la desviació típica. En el cas de la població completa són " μ " i " σ " mentre que en el cas d'una mostra parcial de la població són " \bar{x} " i " s ". La distribució acumulada té la forma d'una corba sigmoide en uns eixos variable independent - $F(x)$. La utilització d'un paper de probabilitat normal (amb una escala no lineal) permet transformar aquesta corba sigmoide en una línia recta, el que facilita enormement l'obtenció de la distribució acumulada, mitjançant la interpolació d'una línia recta entre els valors experimentals. L'estimador comunament utilitzat és $F(x) = [i/(n+1)] 100$.

- 1.9 En què consisteix el procés de nitrificació? Quin tipus de reacció química és? Quines espècies microbianes el realitzen? Com es denominen aquests microorganismes en funció de la seva font d'energia i del seu acceptor d'electrons? Quina és la mobilitat relativa, en un sòl natural, del compost inicial i del compost final d'aquest procés? Quin procés físico-químic és responsable d'això? Quin d'aquests compostos tindrà tendència a contaminar les aigües subterrànies?

La conversió del nitrogen amoniacal en nitrats. És una oxidació química, en la qual el nitrogen passa de valència -3 a valència +5. L'oxidació la realitzen els bacteris nitrificants o nitrificadores: el gènere nitrosomonas oxida el nitrogen amoniacal a nitrits i el gènere nitrobacter oxida els nitrits a nitrats. Aquests microorganismes obtenen energia d'aquesta reacció química i es denominen quimiosintètics o litòtrofs; l'acceptor d'electrons és l'oxigen i es denominen aerobis. El nitrogen amoniacal, en particular l'ió amoni, té tendència a quedar adsorbit en les partícules del sòl (especialment les argilenques), el que alenteix o impedeix la seva percolació a través del sòl; l'ió nitrats no experimenta una retenció similar i per tant és fàcilment arrossegat per l'aigua (de pluja o de reg) quan aquesta percola pel sòl. En conseqüència, el nitrogen amoniacal



difícilment contaminarà les aigües freàtiques, mentre que els nitrats arribaran fàcilment les aigües freàtiques, contaminant els aqüífers.

- 1.10 En què consisteix el procés de nitrificació? Quin tipus de reacció química és? Quines espècies microbianes el realitzen? Com es denominen aquests microorganismes en funció de la seva font d'energia i del seu acceptor d'electrons? Quina és la mobilitat relativa, en un sòl natural, del compost inicial i del compost final d'aquest procés? Quin procés físico-químic és responsable d'això? Quin d'aquests compostos tindrà tendència a contaminar les aigües subterrànies?

La nitrificació és el procés (químic i biològic) de conversió progressiva del nitrogen amoniacal (amb valència -3) en nitrits (valència +3) i en nitrats (valència +5), és una oxidació química en tant que el nitrogen perd electrons des de la valència (-3) a la valència (+3) i la valència (+5). El procés biològic el realitzen els bacteris nitrificants o nitrificadors, integrats pels gèneres nitrosomonas (d'amoniac a nitrits) i nitrobacter (de nitrits a nitrats). Aquests microorganismes obtenen la seva energia vital a partir d'aquesta reacció química i són per tant quimiosintètics o litòtrofs (energia de compostos químics minerals) i utilitzen l'oxigen com a acceptor d'electrons i són, per tant, aerobis. Tant l'amoniac com l'ió amoni tenen tendència a quedar retinguts sobre la superfície de les partícules del sòl, especialment si aquestes tenen caràcter argilós, per contra, l'ió nitrat no té aquesta tendència a quedar retingut i percola fàcilment entre les partícules del sòl, sent arrossegat pels fluxos d'aigua. El procés responsable és de tipus físico-químic, mitjançant l'intercanvi d'electrons entre l'amoniac i l'amoni i els radicals lliures de les partícules del sòl, com a conseqüència d'això, les aigües subterrànies difícilment seran contaminades per la presència d'amoniac i amoni, mentre que els nitrats percolen fàcilment cap a les capes profundes del sòl, arrossegats per l'aigua de pluja o de reg, i pot arribar a contaminar de forma significativa els aqüífers (aigües subterrànies).

- 1.11 En què consisteix el procés de desnitrificació? Quin tipus de reacció química és? Quines espècies microbianes el realitzen? Com es denominen aquests microorganismes en funció de la seva font d'energia i del seu acceptor d'electrons? Quines tècniques utilitzen els agricultors per a evitar la desnitrificació dels fertilitzants aportats als cultius?

L'eliminació dels nitrats d'una aigua, mitjançant la utilització d'aquests com acceptors d'electrons durant la degradació de la MO realitzada pels microorganismes anaerobis; el nitrogen s'allibera a l'atmosfera en forma de nitrogen gas. És una reducció química, ja que el nitrogen passa de valència (+5) a valència (0). Els bacteris desnitrificants, que són quimiosintètics (utilitzen l'energia de la matèria orgànica oxidada) i anaerobis (utilitzen el nitrogen, i no l'oxigen, com a acceptor d'electrons). L'arada controlada dels camps és una forma de promoure i assegurar l'aireig (oxigenació) del sòl.

- 1.12 Quines espècies químiques participen en el cicle del nitrogen i quin estat de valència té el nitrogen en cadascuna d'elles? Com es denomina el procés de conversió del nitrogen gas en nitrogen orgànic? Quin tipus de reacció química és i quins són els principals microorganismes que la realitzen? Quin tipus de simbiosi estableixen amb les plantes en les quals viuen i com s'explica l'alt contingut proteínic dels fruits d'aquestes plantes?

Nitrogen amoniacal (-3), nitrogen gas (0), nitrits (+3) i nitrats (+5). Fixació del nitrogen. És una reducció química: el nitrogen guanya electrons, passant de valència (0) a



valència (-3). Els bacteris rizobium i les algues cianofícies (algues verdes i blaves). Els bacteris del gènere rizobium aporten nitrogen orgànic a les plantes i les plantes aporten matèria orgànica sintetitzada als bacteris. La planta i els seus fruits s'enriqueixen de proteïnes, el que les fa especialment nutritives per a l'alimentació humana i animal; entre elles figuren les lleguminoses.

- 1.13 Quins processos físics i microbiològics intervenen en l'efecte corona o de corrosió biogènica dels conductes de clavegueram? Quins dos àcids inorgànics són responsables de la corrosió dels conductes i quins són els microorganismes que generen cadascun d'aquests? Quines condicions d'aireig requereixen cadascun d'aquests tipus de microorganismes? Quina mesura preventiva (projecte) i quina mesura operativa (explotació) poden adoptar-se per a minimitzar aquest procés?

El procés s'inicia amb l'oxidació de la matèria orgànica continguda en l'aigua i en els sediments de l'embornal. Quan l'oxigen s'esgota, s'inicia el metabolisme de diversos bacteris anaerobis, que utilitzen els nitrats (desnitrificants) i els sulfats (sulfatoreductors) com a acceptor d'electrons. L'àcid sulfhídric (gas) generat per aquest últim procés ascendeix cap a la superfície de l'aigua i emigra cap a la volta de l'embornal, podent ser prèviament oxidat per l'aire present en l'embornal. El sulfhídric condensat en la volta de l'embornal és oxidat per microorganismes del gènere tiobacillus, que el converteixen en àcid sulfúric. Aquests dos àcids, forts i corrosius, ataquen els materials de l'embornal per sobre del nivell de l'aigua, deixant una petjada similar a una corona gravada sobre el material. Els primers (sulfatoreductors) necessiten condicions anaeròbies, mentre que els segons (tiobacillus) són aerobis. Les possibles mesures preventives són: utilitzar materials resistents (gres, plàstic), un pendent adequat, una ventilació adequada, una menor secció mullada que propiciï velocitats altes de l'aigua. Les possibles mesures operatives són: neteja periòdica dels sediments, mitjançant l'extracció dels mateixos, o l'arrossegament periòdic dels sediments amb descàrregues d'aigua puntuals (mànegues) o sistemàtiques (dipòsits de descàrrega).

- 1.14 Com s'inicia i com progressa el procés de corrosió biogènica dels conductes de clavegueram? Quines substàncies són responsables d'aquesta corrosió, quins microorganismes són responsables de la generació d'aquestes substàncies i quines substàncies actuen com acceptors d'electrons del seu metabolisme? Quins dos criteris s'adopten per a evitar la causa inicial d'aquest procés? Quins dos criteris s'adopten per a mitigar la incidència d'aquest procés, quan no pot evitar-se la seva presència?

El procés s'inicia amb la mineralització anaeròbia de la matèria orgànica present en l'aigua i els sediments de l'embornal, utilitzant els sulfats com a acceptor d'electrons. Aquest procés genera àcid sulfhídric que ascendeix fins a la volta de l'embornal on es condensa. En condicions aeròbies, l'àcid sulfhídric és oxidat a àcid sulfúric pels microorganismes del gènere tiobacillus, i discorre per la superfície interna de l'embornal. Les substàncies són l'àcid sulfhídric i l'àcid sulfúric, el primer és generat pels bacteris sulfatoreductors i el segon pels bacteris del gènere tiobacillus; els primers utilitzen els sulfats com a acceptor d'electrons (anaerobis) i els segons l'oxigen (aerobis). Dotar de més pendent a l'embornal (major velocitat d'arrossegament dels sediments) i la utilització de materials resistents a la corrosió biogènica (gres, plàstic). La neteja periòdica dels sediments, la ventilació intensa de l'embornal per a oxidar i evacuar l'àcid sulfhídric, l'aportació d'altres acceptors d'electrons (nitrats), l'addició de sals de ferro per a promoure que aquest segregi els sulfurs.



- 1.15 Quins processos físics i microbiològics provoquen la corrosió biogènica dels claveguerams? Quins dos compostos químics són responsables de la corrosió dels conductes i quines són les espècies de microorganismes que generen cada un d'aquests? Quin és l'acceptor d'electrons de cadascun d'aquests microorganismes i com es denominen per això? Quines dues mesures preventives (projecte) es poden adoptar per evitar o minimitzar aquest procés? Quines dues mesures operatives (explotació) es poden adoptar per evitar o minimitzar aquest procés?

El procés s'inicia amb l'oxidació química i biològica de la matèria orgànica dissolta i en suspensió de les aigües residuals que circulen per la claveguera, quan l'oxigen dissolt disponible en l'aigua circulant disminueix o desapareix, els microorganismes aerobis interrompen la seva activitat i els anaerobis la s'intensifiquen, utilitzant altres acceptors d'electrons, com són els nitrats (desnitrificadors) i els sulfats (sulfato-reductors); aquest últim procés genera gas sulfhídric que després de pujar per la làmina d'aigua emigra (la seva temperatura és superior a la de l'aire) cap a la volta de la claveguera, on es condensa i és oxidat per microorganismes del gènere thiobacillus, que el converteixen en àcid sulfúric. L'àcid sulfhídric i l'àcid sulfúric són els dos compostos químics responsables de la intensa corrosió dels conductes i dels materials dels claveguerams, deixant una marca per sobre de la superfície de l'aigua semblant a una corona (donant lloc a l'anomenat efecte corona o de corrosió biogènica). Els sulfato-reductors generen l'àcid sulfhídric i els thiobacillus generen l'àcid sulfúric. L'acceptor d'electrons dels primers és l'ió sulfat i són, per tant, anaerobis i l'acceptor dels segons és l'oxigen i són, per tant, aerobis. Les dues mesures de projecte: evitar l'acumulació de matèria orgànica sedimentable a la claveguera, mitjançant pendants marcades i seccions transversals reduïdes, i la utilització de materials resistents a l'acció d'aquests dos àcids, com els materials plàstic o l'argila vitrificada (gres) . Dues mesures operatives: promoure la ventilació i l'extracció / neteja de materials orgànics sedimentables i la utilització d'acceptors d'electrons (nitrats) o segrestants de sulfurs (ió ferrós).

- 1.16 Com es denominen els éssers vius que sintetitzen matèria orgànica a partir de matèria inorgànica? Quins residus gasosos i energètics es generen a mesura que la matèria així sintetitzada avança per la cadena tròfica en condicions aeròbies? Com es denominen els éssers vius responsables de la tornada d'aquesta matèria orgànica a l'estat mineral? Quines dues espècies microbianes són les majoritàriament integrants d'aquest grup? En què consisteix la bioacumulació? Com s'explica l'efecte potenciador que una substància bioacumulable pot tenir en la cadena tròfica?

Productors primaris. Es genera diòxid de carboni, vapor d'aigua i calor. Descomponedors. Els fongs i els bacteris. Acumulació en l'interior del protoplasma cel·lular de substàncies (sintètiques) que els éssers vius no són capaços de mineralitzar parcial o totalment. Quan un predador consumeix una presa, es potencia l'efecte acumulador progressiu, fent augmentar la massa total de substància retinguda en els predadors superiors (els últims de la cadena tròfica), fins a arribar a una quantitat perillosa per a ells o per als consumidors humans.

- 1.17 Quins quatre factors bàsics permeten controlar el desenvolupament d'un cultiu microbià? Com es denominen aquests quatre factors en el cas de l'assaig de filtració amb membrana? Quins dos criteris visuals s'utilitzen per a identificar i confirmar les colònies d'un tipus concret de microorganismes que creixen en una d'aquestes membranes? Quins criteris s'utilitzen per a limitar el nombre mínim i màxim de colònies crescudes sobre una membrana? Quina unitat s'utilitza per a expressar el resultat?



El reactor on té lloc la reacció, l'inòcul microbià necessari per a iniciar el procés el substrat utilitzat perquè es desenvolupi el cultiu, i les condicions ambientals adequades per al desenvolupament del cultiu. El reactor és la placa de Petri amb la membrana filtrant, l'inòcul són els microorganismes retinguts en la membrana durant la filtració de la mostra d'aigua, el substrat és el mitjà de cultiu dipositat en el fons de la placa de Petri, les condicions de cultiu les proporciona bàsicament l'estufa de cultiu i el temps de cultiu. Els criteris són la grandària de les colònies i el color de les mateixes. Un nombre mínim per a mantenir el possible error de mesura per sota d'un cert valor (5%, 20 colònies), i el valor màxim (60-100) per a assegurar que les colònies no s'interfereixen entre si durant el procés de creixement i permeten un recompte senzill. El resultat s'expressa en unitats formadores de colònies per 100 mL (ufc/100 mL).

- 1.18 Com s'anomenen els quatre factors operatius que controlen el creixement microbià durant l'assaig de filtració amb membrana? Quines són les tres hipòtesis operatives del mètode analític de filtració amb membrana? Quins dos criteris visuals s'utilitzen per a identificar i confirmar les colònies d'un tipus concret de microorganismes que creixen en una d'aquestes membranes? Quins criteris s'utilitzen per a limitar el nombre mínim i màxim de colònies crescudes sobre una membrana? Quina unitat s'utilitza per a expressar els resultats?

Inòcul: el volum d'aigua utilitzat per a l'assaig; el substrat: el mitjà de cultiu adoptat perquè es desenvolupin els microorganismes analitzats; el reactor: la placa de Petri que s'allotja el mitjà de cultiu i la membrana portadora dels microorganismes; les condicions ambientals: les condicions d'incubació (temperatura, temps) apropiades per al desenvolupament dels microorganismes analitzats. Tots els microorganismes queden retinguts en la membrana durant la filtració; tots els retinguts creixen durant la seva incubació en la placa de Petri; cada microorganisme retingut genera una colònia de microorganismes. S'utilitzen el color i la grandària de la colònia (mm). Es requereix un nombre mínim de colònies (20 colònies) per a limitar l'error possible a un 5%, i es limita un nombre màxim per a evitar que les colònies es solapen i el creixement quedi interferit, a més de dificultar la lectura/recompte de les colònies (oscilla entre 60 colònies per als CF i les 100 colònies per als EF, en funció de la grandària de les colònies de cada microorganisme). La unitat de mesura és "unitats formadores de colònies/100 mL"; ufc/100 mL.

- 1.19 Com s'anomenen els quatre factors operatius que controlen el creixement microbià d'un assaig de filtració amb membrana? Quines són les tres hipòtesis operatives del mètode analític de filtració amb membrana? Quins dos criteris visuals s'utilitzen per identificar i confirmar les colònies d'un determinat tipus de microorganismes que creixen sobre una membrana? Quins criteris es fan servir per limitar el nombre mínim i el nombre màxim de colònies desenvolupades sobre una membrana? Quina unitat s'utilitza per expressar els resultats?

L'inòcul, integrat pels microorganismes inicials retinguts sobre la superfície de la membrana, el substrat, integrat pel medi de cultiu col·locat al fons de la placa de Petri i gràcies al qual els microorganismes poden créixer i desenvolupar colònies visibles, el reactor, integrat per la placa de Petri on es posa la membrana amb els microorganismes retinguts, i les condicions ambientals del cultiu, expressades mitjançant la temperatura, el temps i les condicions d'incubació de les plaques de Petri perquè els microorganismes es desenvolupin en forma de colònies. Les tres hipòtesis: que tots els microorganismes presents a la mostra d'aigua filtrada queden retinguts a la membrana, que tots els microorganismes retinguts creixen durant el procés d'incubació i que cada microorganisme genera una colònia individual (el que equival a dir que cada colònia



és generada per un únic microorganisme). Els criteris visibles són: la mida de les colònies, en mm, i el color característic dels microorganismes determinat pel medi de cultiu (amb colorants) utilitzat en cada cas. El recompte mínim ve fixat per l'objectiu de limitar un error màxim del 5%, per a això s'estableix un recompte mínim de 20 colònies (un error de lectura de 1 colònia representa un error del 5% respecte a un total de 20 colònies), el recompte màxim està fixat amb l'objectiu d'evitar la superposició de colònies sobre la membrana, és a dir, assegurar que creixen de forma separada uns dels altres, fent fiable un recompte visual; aquesta xifra oscil·la entre 60 i 100 colònies, segons la mida característica de les colònies dels diferents microorganismes analitzats. Les unitats són ufc/100 mL (unitats formadores de colònies per 100 mL).

- 1.20 Quines tres propietats principals ha de tenir un indicador microbiològic de contaminació? Quines dues tècniques analítiques integren el mètode del Nombre Més Probable i quines distribucions estadístiques s'utilitzen per interpretar els resultats de l'anàlisi? Quines són les tres hipòtesis sobre les quals es basa la capacitat de detecció del mètode de filtració amb membrana? Quin criteri determina el recompte mínim i el recompte màxim de colònies a respectar en una membrana de filtració? Quines unitats s'utilitzen per expressar els resultats de cadascun d'aquests mètodes d'anàlisi?

Estar present sempre que ho estiguin els patògens, estar present en concentració superior a la dels patògens, tenir mètodes de detecció més senzills, econòmics i ràpids que els patògens i tenir un comportament similar al dels patògens davant les condicions ambientals. Les dues tècniques són: una qualitativa, anomenada dels tubs múltiples, que proporciona resultats positius o negatius, i una altra posterior quantitativa, anomenada del nombre més probable, que permet estimar estadísticament el contingut de microorganismes a partir de les valoracions qualitatives anteriors, la distribució de Poisson i després la distribució binomial. Les tres hipòtesis: que tots els microorganismes presents a la mostra d'aigua filtrada queden retinguts a la membrana, que tots els microorganismes retinguts creixen durant el procés d'incubació i que cada microorganisme genera una colònia individual (el que equival a dir que cada colònia és generada per un únic microorganisme). El recompte mínim ve fixat per l'objectiu de limitar un error màxim del 5%, per a això s'estableix un recompte mínim de 20 colònies (un error de lectura de 1 colònia representa un error del 5% respecte a un total de 20 colònies), el recompte màxim està fixat per l'objectiu d'evitar la superposició de colònies sobre la membrana, és a dir, assegurar que creixen de forma separada uns dels altres, fent fiable un recompte visual; aquesta xifra oscil·la entre 60 i 100 colònies, segons la mida característic de les colònies dels diferents microorganismes analitzats. Les unitats són NMP/100 mL per al nombre més probable i de ufc/100 mL per a la filtració amb membrana.

- 1.21 Quina és la font principal de carboni inorgànic disponible biològicament en la troposfera? En quines formes químiques es troba en aquest medi natural? Quins processos aerobis són responsables de la síntesi de carboni orgànic i de la mineralització d'aquest carboni orgànic, citant un exemple concret de cadascun d'aquests processos? Quina exigència ha d'aplicar-se a les activitats agrícola i forestal per a assegurar que actuen com formes permanents de retenció de carboni? Com es justifica el caràcter de renovable que es concedeix als recursos energètics obtinguts dels boscos?

El diòxid de carboni a les masses d'aigua dels oceans. Com a diòxid de carboni dissolt en l'aigua i en les espècies químiques de l'àcid carbònic resultant de la reacció de diòxid de carboni amb l'aigua, bicarbonats i carbonats. La fotosíntesi sintetitza carboni orgànic



(ex. el cultiu agrícola i forestal) i la respiració/combustió aeròbia de la matèria orgànica sintetitzada (l'alimentació dels animals, la combustió de fusta o petroli) torna a generar diòxid de carboni. Que la matèria orgànica sintetitzada (la biomassa) roman com a tal, retenint de forma permanent (terminis més o menys llargs) el diòxid de carboni en el seu protoplasma. Són recursos renovables en tant que poden ser generats de nou pels productors primaris a partir de la matèria mineral alliberada durant la mineralització portada a terme pels consumidors i els descomponedors. En definitiva és un cicle del carboni permanent impulsat bàsicament per l'energia lumínica del sol.

- 1.22 Quina és la font principal de carboni inorgànic disponible biològicament en la troposfera? En quines formes químiques es troba en aquest medi natural? Quins processos aerobis són responsables de la síntesi de carboni orgànic i de la mineralització d'aquest carboni orgànic, citant un exemple concret de cadascun d'aquests processos? Quina exigència ha d'aplicar-se a les activitats agrícola i forestal per a assegurar que actuen com formes permanents de retenció de carboni? Com es justifica el caràcter de renovable que es concedeix als recursos energètics obtinguts dels boscos?

El diòxid de carboni atmosfèric i les formes químiques resultants de la seva reacció amb l'aigua (carbonats i bicarbonats) dels rius, mars i oceans. En forma de gas (diòxid de carboni), en forma dissolta (carbonats i bicarbonats) i en forma sòlida (en forma de carbonats sòlids). La síntesi de carboni orgànic es realitza fonamentalment per mitjà de la fotosíntesi (la realitzen les plantes i les algues); la mineralització aeròbia es realitza mitjançant la respiració i la combustió en presència d'oxigen, com la realitzen les persones i els microorganismes descomponedors, així com mitjançant la combustió. Els productes han de romandre en aquesta forma: mobles, estructures de fusta, o bé arbres vius, de manera que el diòxid de carboni quedi permanentment retingut (segrestat) en la seva massa. Són recursos renovables perquè el diòxid de carboni alliberat en la seva mineralització (consum aliments, incineració de fusta) pot ser utilitzat pels productors primaris per a produir nova matèria orgànica mitjançant fotosíntesi (incorporant energia solar), fent que el diòxid de carboni passi a formar part integral de la seva massa biològica (segrestat físicament). El qualificatiu de renovable no s'aplica als recursos fòssils com el carbó i el petroli, perquè la seva regeneració comporta períodes de temps molt més llargs (temps geològics).

- 1.23 Quines espècies químiques constitueixen la font principal de fòsfor mineral? Com s'explica la concentració tan petita que aquestes espècies registren en les aigües naturals? En quines tres formes físiques naturals o sintètiques se sol trobar el fòsfor en el medi ambient? Quina adaptació evolutiva han desenvolupat els éssers aquàtics per a desenvolupar-se en un mitjà amb tan baixa concentració de fòsfor? Com s'explica la gran importància de l'erosió dels sòls (naturals i agrícoles) en l'aportació de fòsfor a les masses d'aigua superficials?

Les formes de l'àcid ortofosfòric (dissoltes en aigua i conegudes sota el nom genèric d'ortofosfat), els polifosfats dissolts i els fosfats sòlids en formacions geològiques. Els ortofosfats són molt insolubles, de manera que en presència de cations, especialment polivalents (calci, magnesi, ferro, alumini) precipita i decanta cap al fons de les masses d'aigua, fent que la seva concentració disponible sigui molt baixa. L'ortofosfat i les seves formes ionitzades associades, els polifosfats, i els fosfats continguts en la matèria orgànica en forma de partícules (restes de matèria orgànica que conté fòsfor). S'han adaptat a reciclar-lo de forma molt efectiva, com forma de compensar la seva escassa presència en el mitjà aquàtic. Aquesta mateixa tendència a precipitar en presència de cations fa que els fosfats afegits a un sòl es concentrin fonamentalment en les capes



superiors del sòl (precipiten tan aviat troben els cations polivalents presents en el sòl); l'erosió i arrossegament d'aquestes capes superiors representa una gran aportació de fòsfor cap a les masses d'aigua on accedeixin, afavorint el desenvolupament de productors primaris, a causa de l'aportació de fosfats provocada per aquest procés.



2. QUÍMICA

- 2.1 Quins tres criteris bàsics han de complir els recipients utilitzats per al mostreig d'una aigua, amb la finalitat de no alterar la seva qualitat? Quins dos criteris bàsics de conservació solen adoptar-se per a preservar una mostra durant el seu transport al laboratori? Quina precaució sol adoptar-se amb el tap d'una ampolla de vidre esterilitzada i per què? Quin objectiu té i quin reactiu s'incorpora en una ampolla de mostreig per a anàlisi microbiològic, quan l'aigua conté clor com desinfectant? Quines són les fases inicials i final d'un procés d'avaluació de la qualitat d'una aigua i quina missió bàsica té cadascuna d'aquestes?

El recipient no ha d'aportar substàncies a la mostra, no ha de retenir substàncies de la mostra i no ha de permetre el pas de substàncies a la mostra, a través de les parets o la boca del recipient. Refrigerar-la en una nevera portàtil i mantenir-la en la foscor. Col·locar una tira de paper per a assegurar que l'aire de l'ampolla queda en equilibri amb l'exterior, i l'ampolla no queda amb una pressió negativa, en refredar-se després de la seva esterilització a més de 100 °C. S'afegeix un oxidant (tiosulfat sòdic) per a destruir el clor que pot contenir la mostra inicial, evitant així que el desinfectant segueixi actuant sobre els microorganismes que pugui haver en la mostra, durant el temps transcorregut des del mostreig fins a l'anàlisi. El procés s'inicia amb la presa de mostres en el medi ambient (l'objectiu és obtenir una porció representativa) i acaba amb un informe raonat (on s'interpreta la situació del medi en relació amb els objectius del procés d'avaluació que s'ha realitzat).

- 2.2 Com es defineix el residu sec d'una aigua i en quines unitats s'expressa? Quin procés operatiu concret s'utilitza per a diferenciar la matèria dissolta de la matèria en suspensió? I per a diferenciar entre la matèria orgànica i la inorgànica? Quin és l'expressió i el fonament de la llei de Beer-Lambert? Com s'elabora la corba patró d'una anàlisi colorimètric, i quants valors convé considerar per a assegurar la seva fiabilitat?

El material restant després de l'evaporació de l'aigua de la mostres a temperatures de 103 °C, 130 °C o 180 °C; s'expressa en mg/L. La filtració de la mostra mitjançant una membrana de 0,45 µm de diàmetre de porus permet diferenciar la matèria dissolta (filtrable) de la matèria en suspensió (no filtrable). La combustió en una mufla (forn a 550 °C) permet diferenciar la matèria orgànica (volàtil, en convertir-se en diòxid de carboni i vapor d'aigua) de la matèria inorgànica (no volàtil). La llei de Beer-Lambert s'expressa "Absorbància" = $k \cdot C \cdot L$, on k és una constant (aparell, mostra d'aigua i temperatura), C és la concentració de la substància que absorbeix llum d'una determinada longitud d'ona, i L és la longitud recorreguda pel raig lluminós l'absorció del qual es mesura. La corba patró es determina calibrant l'espectrofotòmetre (absorbància nul·la per a la mostra en blanc) i aplicant a diverses mostres de concentració coneguda (patrons) el mètode analític, de manera que es pot representar gràficament la concentració (abscisses) en relació amb l'absorbància (ordenades). Convé realitzar almenys tres patrons per a assegurar que la línia recta definida per dos valors queda confirmada per un tercer.

- 2.3 Com es defineix el residu sec d'una aigua i en quines unitats s'expressa? Quin procés operatiu concret s'utilitza per a diferenciar la matèria dissolta de la matèria en suspensió i quins tipus de filtres poden utilitzar-se per a això? Quin criteri operatiu s'utilitza per a diferenciar entre matèria orgànica i inorgànica? Quina



limitació pràctica té aquest procés i quines conseqüències té sobre els resultats numèrics obtinguts? Quins dos tipus de filtres s'utilitzen per a la determinació de matèria orgànica i quina característica específica té cadascun d'aquests?

La matèria que queda després d'evaporar l'aigua que estava dissolta utilitzant temperatures de 102 °C, 130 °C o 180 °C, i expressada en mg/L. La filtració a través d'un filtre amb una grandària mitjana de porus limitada: la matèria que passa pels porus es denomina matèria dissolta, i la matèria retinguda es denomina matèria en suspensió. Les grandàries mitjanes de porus utilitzats són 0,45 µm i 1,2 µm. La incineració en una mufla temperatura de 500 °C ± 50 °C: la matèria que roman es denomina matèria inorgànica, i la matèria que es converteix en diòxid de carboni i vapor d'aigua es denomina matèria volàtil o matèria orgànica. La limitació és que una part de la matèria inorgànica (per exemple, els carbonats) pot volatilitzar-se en part (l'aigua continguda en els carbonats, convertint-los en òxids) fent que l'estimació de la matèria orgànica sigui sobreestimada; la matèria inorgànica és, per tant, subestimada. Els tipus de filtre utilitzats quan se sotmet la mostra a la incineració en una mufla han d'ésser d'un d'aquests dos tipus: filtres sense cendra (es volatilitzen completament) o filtres de fibra de vidre (no es volatilitzen en absolut); d'aquesta manera s'evita qualsevol interferència incontrolada en la determinació del pes associat amb la presència del filtre.

- 2.4 Quin criteri operatiu s'utilitza per a determinar el residu sec d'una aigua? Quin criteri operatiu i quin mitjà tècnic s'utilitza per a diferenciar la matèria en suspensió i la matèria dissolta d'una aigua? Quin criteri operatiu i quin mitjà tècnic s'utilitza per a diferenciar la matèria orgànica de la matèria inorgànica? Quin objectiu té preservar una mostra en el dessecador? Quina precisió tenen les balances analítiques utilitzades en els mètodes gravimètrics?

Evaporar l'aigua a una temperatura superior a 100 °C, pot ser 102 °C, 130 °C o bé 180 °C. El criteri operatiu és filtrar l'aigua, de manera que les substàncies dissoltes passin i la matèria en suspensió quedi retinguda; s'utilitza un filtre de 0,45 µm o de 1,2 µm, juntament amb un embut de filtració. La incineració en una mufla de la mostra dessecada, de manera que la matèria orgànica es volatilitzi en forma de diòxid de carboni i vapor d'aigua, i la matèria inorgànica romangui en el recipient utilitzat; s'utilitza una mufla 550 °C ± 50 °C. El dessecador permet assegurar que la mostra es refreda en una atmosfera lliure d'humitat, de manera que el seu pes es manté inalterat quan s'extreu per a col·locar-la a la balança. Una balança analítica té una precisió de ± 0,1 mg.

- 2.5 Com es defineix l'absorbància i la transmitància d'una aigua a la llum d'una certa longitud d'ona? Quina relació numèrica hi ha entre aquestes? Com es defineix la llei de Beer-Lambert, indicant el significat dels seus factors? Quins tres tipus de mostres s'utilitzen per a realitzar un assaig colorimètric que obeeixi aquesta llei? Quin procés metodològic se segueix per a la lectura i la interpretació d'aquestes mostres?

Transmitància és el quocient entre la intensitat de llum transmesa i la intensitat de llum incident, usualment en tant per cent. Absorbància és una mesura de la llum que queda absorbida per les substàncies dissoltes en l'aigua, per unitat de longitud de trajectòria recorreguda pel raig lluminós. L'absorbància es defineix com el logaritme canviat de signe de la transmitància en tant per un. La llei de Beer-Lambert estableix que l'absorbància d'una dissolució sobre la llum d'una determinada longitud d'ona és igual a una constant (dependent de l'aparell i la temperatura) multiplicada per la



concentració de la substància que absorbeix la llum i per la longitud del recorregut del raig lluminós dins la dissolució aquosa. Mostra en blanc (amb tots els reactius, excepte la substància que origina la substància acolorida que absorbeix llum), mostres patró (amb un contingut conegut de la substància acolorida que absorbeix llum) i mostres desconegudes (que contenen concentracions desconegudes de la substància que absorbeix llum). La mostra en blanc s'utilitza per a calibrar l'espectrofotòmetre (100% de transmitància= absorbància nul·la), les mostres patró s'utilitzen per a definir la recta patró (absorbància - concentració), la mesura de la transmitància de les mostres desconegudes permet calcular la seva absorbància, que introduïda en la gràfica de la recta patró ens permet estimar la concentració de la substància que desitgem mesurar (genera la substància acolorida que absorbeix llum).

- 2.6 Com es defineix la terbolesa d'una aigua i quines unitats s'utilitzen per a mesurar-la? Quin nom tècnic i quines característiques bàsiques tenen els aparells utilitzats per a mesurar-la? Com i amb quin producte es calibren aquests aparells? Quines dues utilitzacions bàsiques té aquest paràmetre en la gestió de la qualitat d'una aigua? Quins valors de la terbolesa convé aconseguir per a satisfer els corresponents objectius de qualitat?

Una propietat òptica de l'aigua que es manifesta per la dispersió de la llum visible produïda per la presència de matèria en suspensió en la mostra d'aigua; unitats nefelomètriques de terbolesa, unt. Nefelòmetres o terbolímetres de dispersió, doncs mesuren la intensitat de llum dispersada en la direcció ortogonal (90°) de la llum incident. Es calibren amb una suspensió de la substància anomenada formacina; utilitzant dos punts de calibratge: s'ajusta l'aparell en buit (sense mostra de cap tipus) amb una terbolesa nul·la, i amb la lectura teòrica d'una mostra patró de formacina (400 UNT) diluïda fins a una concentració similar a la de les mesures que es volen realitzar. És un paràmetre de qualitat estètica o organolèptica (aspecte visual de l'aigua) i de qualitat sanitària (la presència de matèria en suspensió indica la possible presència de microorganismes o simplement de matèria en suspensió que pot protegir als microorganismes davant la desinfecció). Una terbolesa inferior a 10 UNT és suficient perquè la vista humana consideri l'aigua lliure de matèria en suspensió. Per a assegurar una excel·lent qualitat sanitària, convé rebaixar la terbolesa fins a valors iguals o inferiors a 0,2 UNT.

- 2.7 Com es defineix la terbolesa d'una aigua i quines unitats s'utilitzen per a mesurar-la? Quin nom tècnic reben i quin és el principi operatiu dels aparells utilitzats per a mesurar-la? Quin tipus de substància s'utilitza per a calibrar aquests aparells i quin criteri s'utilitza per a preparar els patrons en cada cas? Quins dos criteris de qualitat d'una aigua d'abastament solen ser avaluats mitjançant la terbolesa? Quins límits de la terbolesa convé respectar per a satisfer els objectius de qualitat de cada un d'aquests?

La terbolesa és una propietat òptica (visual, organolèptica) de l'aigua, deguda a la presència de matèria en suspensió (partícules) que es manifesta per la dispersió (canvi de direcció) de la llum blanca quan aquesta xoca amb les partícules en suspensió, les unitats són unitats nefelomètriques de terbolesa, UNT. Els aparells utilitzats per a mesurar la terbolesa s'anomenen terbolímetres, i molt especialment els terbolímetres de dispersió, o nefelòmetres, amb els quals es mesura la intensitat de llum dispersada a 90° de la llum incident. S'utilitza un patró de formacina, un polímer sintetitzat al laboratori, en condicions controlades, i al qual se li assigna una terbolesa de 400 UNT, el calibratge dels terbolímetres es realitza, primer, en una cambra tancada i sense mostra de cap tipus, a la qual se li assigna una terbolesa nul·la, i a continuació amb una mostra



de formacina, diluïda fins a nivells similars als de la mostra que es vol mesurar. Criteri de qualitat visual o organolèptica (qualitat estètica de l'aigua) i criteri de qualitat sanitària, ja que la terbolesa pot ser deguda a partícules en suspensió generades per la presència de microorganismes (individuals o aglomerats) o matèria en suspensió mineral que pot oferir protecció física als microorganismes davant els agents desinfectants: les partícules protegeixen els microorganismes davant l'efecte dels desinfectants. Mentre que per satisfer la qualitat organolèptica (visual, estètica) de l'aigua només cal respectar límits de 10 UNT (la vista humana no els detecta), la qualitat sanitària d'una aigua sol requerir nivells de terbolesa propers al nivell de detecció del terbolímetre, sempre inferior a 1 UNT.

- 2.8 Com es defineix la conductivitat elèctrica (CE) d'una aigua? Com es denominen els aparells utilitzats per a mesurar-la i quin és el seu principi de funcionament? Quines unitats s'utilitzen per a expressar-la en l'àmbit de la potabilització d'aigües i en l'àmbit agronòmic? Quin és el factor de conversió entre aquestes? Quina conductivitat sol tenir una aigua potable i a quin nivell de conductivitat comencen les plantes a tenir dificultats per al seu creixement?

La capacitat d'una aigua per a transmetre el corrent elèctric quan s'introdueixen en aquesta dos elèctrodes carregats elèctricament (una diferència de potencial), a causa de la presència de sals dissoltes (cations i anions), i referida a la temperatura de 25 °C. Conductímetres o conductivímetres. El seu principi de funcionament és la mesura de la resistència que ofereix l'aigua o la intensitat de corrent que travessa el líquid sota una determinada diferència de potencial. Les unitats utilitzades en proveïment d'aigua són els $\mu\text{S}/\text{cm}$, mentre que en agronomia s'utilitzen els dS/m . El factor de conversió és $1.000 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{dS}/\text{m}$. Les aigües potables (superficials i subterrànies) solen tenir menys de $1.500 \mu\text{S}/\text{cm}$ i preferentment menys de $1.000 \mu\text{S}/\text{cm}$, mentre que el reg agrícola requereix unes formes de gestió especials quan la conductivitat elèctrica (CE) excedeix els $3,0 \text{dS}/\text{m}$.

- 2.9 Quin és el principi operatiu d'una resina intercanviadora d'ions? Quins dos tipus de resines existeixen al mercat? Quines resines s'utilitzen per a l'ablaniment d'una aigua i quin procediment s'utilitza per a regenerar-les? Quina és la conseqüència ambiental de la utilització d'aquest mètode de millora de la qualitat de l'aigua? Quin avantatge ambiental comparatiu ofereix la utilització de membranes filtrants per a la separació física d'aquests ions?

La substitució dels ions retinguts en la resina per uns altres d'igual tipus de càrrega elèctrica i major valència (càrrega elèctrica): els de major càrrega elèctrica desplacen als de menor càrrega elèctrica, dins d'un interval de concentracions similar. Les resines catióniques, que intercanvien cations, i les resines aniòniques, que intercanvien anions. L'ablaniment d'una aigua consisteix a retenir cations polivalents i per tant requereix una resina intercanviadora catiónica. Per a això la resina es prepara amb tots els seus punts d'intercanvi ocupats per l'ió sodi, de manera que els ions calci i magnesi (principals causants de la duresa) quedin retinguts en la resina en canvi de l'alliberament de sodi. Una vegada que aquestes resines han esgotat tota la seva capacitat d'intercanvi en haver alliberat tots els ions sodi, és necessari regenerar-les: per a això és necessari sotmetre-les a un flux de salmorra (concentració elevada de clorur sòdic) de manera que el sodi desplaci als cations polivalents i els condueixi al desguàs de la instal·lació. En definitiva, la regeneració d'aquestes resines implica la utilització de quantitats apreciables de clorur sòdic (sal comuna) que acaben als desguassos de les instal·lacions, a les aigües residuals i als medis receptors d'aquestes aigües (la seva depuració convencional no afecta a la concentració de sals dissoltes). La utilització de membranes



filtrants com una forma de rebaixar o eliminar la duresa d'un aigua no requereix la utilització de salmorra: les sals se separen en la membrana, produint aigua ablanida d'una banda i un flux amb totes les sals retirades de l'aigua tova, per una altra; una vegada utilitzada l'aigua tova en les tasques domèstiques o industrials, s'aboca al desguàs on eventualment s'acabarà mesclant amb les aigües de rebuig, de manera que la massa de sals inicials es manté pràcticament inalterada. Aquests sistemes requereixen energia elèctrica per a realitzar la separació de les sals mitjançant la membrana.

- 2.10 Quins quatre tipus bàsics de membranes filtrants es poden utilitzar actualment i quina és la grandària màxima de molècules/partícules que poden retenir? Quin és el principi físic responsable de la separació que realitza cadascuna d'aquestes? Com es designen els fluxos d'entrada i de sortida d'aigua i el factor de producció de la membrana? Quina diferència existeix entre ablanir, desmineralitzar i purificar una aigua? Quin és el balanç net de sals dissoltes d'una membrana d'osmosi inversa en una aplicació domèstica?

Microfiltració, ultrafiltració, nanofiltració i osmosi inversa; les grandàries de retenció d'aquestes membranes són aproximadament de 0,1 μm , de 0,01 μm , de 1 nm i de 0,1 nm, respectivament. El mecanisme de retenció de partícules/molècules a les membranes de microfiltració i de ultrafiltració és fonamentalment el de garbellat: les partícules més grans queden retingudes i les menors passen pels porus de la membrana. El mecanisme de retenció de les membranes de nanofiltració i d'osmosi inversa és la difusió de les molècules a través del material de la membrana. L'aigua afluent o aigua d'alimentació, l'aigua efluent o aigua producte, i l'aigua de rebuig o salmorra. El factor de producció és el quocient entre el cabal d'aigua producte i el cabal d'aigua d'alimentació. Ablanir és disminuir el contingut de cations polivalents (calci i magnesi principalment), desmineralitzar és retirar substàncies minerals dissoltes (sals minerals), i purificar és retirar substàncies tant minerals com orgàniques, i tant dissoltes com en forma de partícules. Una membrana d'osmosi inversa separa les sals de l'aigua: l'aigua desmineralitzada s'utilitza a l'habitatge i s'aboca al desguàs, on s'uneix al flux d'aigua de rebuig o salmorres, de manera que no es produeix cap aportació de sals exterior.

- 2.11 Com es denominen els dos fluxos d'aigua efluents d'un dispositiu de filtració amb membranes d'osmosi inversa? Quins requisits energètics té l'osmosi inversa aplicada a una aigua marina? Quina inversió econòmica implica normalment un procés d'osmosi inversa amb aigua marina, en €/m³ de capacitat de producció anual? Quin és el període de temps aproximat per a substituir les membranes d'un d'aquests processos?

Aigua producte (aigua dolça, aigua osmotitzada, aigua desmineralitzada, aigua dessalada) i salmorra (aigua que conté les sals que hem retirat de l'aigua afluent al produir l'aigua desmineralitzada). La producció d'aigua dolça a partir d'aigua de mar requereix uns 4 kWh/m³ d'aigua produïda. La inversió econòmica necessària per a produir aigua marina a partir d'aigua de mar oscil·la entre 3 i 4 euros per m³ de capacitat de producció anual. El temps mitjà de renovació de les membranes actuals és de 5 anys aproximadament.

- 2.12 Quins quatre tipus bàsics de membranes sintètiques s'utilitzen per a la filtració d'un aigua i quina grandària aproximat de porus té cadascuna d'aquestes? Quin és el procés físic responsable de la separació de la matèria en cadascuna d'aquestes membranes? En què consisteix el procés d'osmosi inversa, quin és l'agent motor del procés de separació i de quina característica principal de l'aigua



depèn la intensitat d'aquest agent motor? Com es denominen els fluxos d'entrada i de sortida d'un procés d'osmosi inversa, i com es defineix el rendiment del procés? Quina inversió unitària i quin consum energètic unitari comporta l'osmosi inversa amb aigua de mar?

Membranes de microfiltració (grandària de porus efectiu de $0,1 \mu\text{m}$), d'ultrafiltració ($0,01 \mu\text{m}$), de nanofiltració (1 nm) i d'osmosi inversa ($<1 \text{ nm}$). El procés responsable de la separació en les dues primeres és el garbellat físic, mentre que en les dues últimes és la difusió molecular/iònica a través del material de la membrana. En extreure l'aigua d'una solució salina, vencent la pressió osmòtica que aquesta dissolució exerceix (tendència termodinàmica a diluir-se amb aigua exterior), per a la qual cosa és necessari exercir una pressió superior a la pressió osmòtica; la pressió osmòtica depèn fonamentalment del contingut de sals d'una aigua: com més gran és la salinitat d'una aigua, més gran és la seva pressió osmòtica. Aigua d'alimentació, aigua producte i aigua de rebuig (concentrat o salmorra); el rendiment es defineix pel quocient entre l'aigua produïda i l'aigua d'alimentació, en tant per cent. La inversió unitària oscil·la entorn de $4,0 \text{ euros per m}^3$ de capacitat anual, i el consum energètic entre $3,5$ i $4,5 \text{ kWh/m}^3$.

2.13 Com es defineix la duresa d'una aigua? Quins elements químics principals la integren i com s'explica que els altres tinguin escassa significació pràctica? Quins dos tipus d'unitats s'utilitzen per a mesurar-la i quin és el factor de conversió entre aquestes? Quins dos efectes principals té la presència de duresa en els conductes utilitzats per a transport d'aigua i els dispositius de producció de vapor? Quin mètode analític s'utilitza per a determinar la duresa d'una aigua, com es denomina la substància utilitzada per a això i quin és el procés de funcionament de l'indicador del final de la valoració?

La propietat físico-química d'una aigua que es manifesta per la dificultat per a fer escuma amb el sabó; també es defineix operativament com la suma de cations polivalents presents en una aigua. Principalment el calci i el magnesi, ja que els cations trivalents (ferro, alumini) i de major càrrega solen arribar a concentracions molt petites a les aigües superficials, degut al fet que les seves sals són molt insolubles, precipiten i decanten cap als fons de les masses d'aigua. Es mesura en eq/L i en $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$; el factor de conversió és $1 \text{ eq/L} = 50.000 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$. La precipitació de carbonats de calci, de magnesi, de ferro (principalment) i fins i tot de sílice resulta en una disminució progressiva de la secció (augmenta l'espessor de precipitat) i també en una disminució de la capacitat de transmissió de calor dels conductes (els carbonats dificulten el pas de la calor); aquest últim efecte resulta en el sobreescalfament del conducte metàl·lic i en el seu trencament eventual (amb producció o d'explosió en cas de caldera de vapor, o de curt circuit, en cas de resistències elèctriques). Un mètode volumètric, mitjançant l'addició d'una substància quelant (segrestant) anomenada EDTA (àcid etil-diamida-tetraacètic). L'addició d'un indicador que reacciona amb el magnesi present en l'aigua confereix un color a la mostres abans de l'inici de la valoració. L'addició de EDTA resulta en el segrest de tot el calci i el magnesi (fins i tot l'associat amb l'indicador); quan l'indicador perd el magnesi, canvia de color, assenyalant el final del procés de valoració volumètrica.

2.14 Com es defineix la duresa d'una aigua? Quins elements químics principals la integren i com s'explica que els altres tinguin escassa significació pràctica? Quins dos tipus d'unitats s'utilitzen per a mesurar-la i quin és el factor de conversió entre aquestes? Quins dos efectes principals té la presència de duresa en els conductes utilitzats per a transport d'aigua i els dispositius de producció de vapor? Quin



mètode analític s'utilitza per a determinar la duresa d'una aigua, com es denomina la substància utilitzada per a això i quin és el procés de funcionament de l'indicador del final de la valoració?

La duresa d'una aigua és una propietat fisicoquímica que es manifesta per la dificultat per fer escuma amb el sabó natural, deguda a la presència de cations polivalents a l'aigua; es defineix algebraicament com la suma de cations polivalents continguts en una aigua. Els principals elements químics determinants de la duresa són els cations calci i magnesi, pel fet que els cations trivalents i de major valència són molt insolubles (formen sals molt insolubles amb els anions de l'aigua) i solen precipitar i sedimentar a les zones inferiors de les masses d'aigua. Les unitats de mesura són equivalents químics per litre (eq/L) i mg CaCO₃/L, amb una equivalència de 1 eq/L = 100 mg CaCO₃/L. La duresa de l'aigua que circula per un conducte genera un precipitat progressiu de carbonats, de calci i altres cations, la conseqüència més notable és la reducció de la secció disponible (pèrdua de capacitat i majors pèrdues per fregament o pèrdues de càrrega), la deposició de CaCO₃ a les calderes de vapor es tradueix en una menor conductància tèrmica de les parets (el carbonat de calci i d'altres cations condueix molt malament la calor), la conseqüència més notable és el sobreescalfament de les mateixes i la seva eventual ruptura (explosió) per efecte de la pressió del vapor produïda al seu interior. El mètode més bàsic és una volumetria, mitjançant l'addició d'una substància segrestant o quelant, l'àcid EDTA (etil-diamida-tetraacètic-àcid) que segresta els cations polivalents de l'aigua; el punt final es determina mitjançant un indicador acolorit: en presència de petites quantitats de magnesi (incorporades amb el propi indicador) l'indicador té un determinat color i quan l'EDTA va segrestant els cations polivalents, inclòs el magnesi que venia amb l'indicador, l'indicador canvia de color.

- 2.15 Com es defineix l'alcalinitat d'una aigua? Quines espècies químiques determinen l'alcalinitat de les aigües continentals? Quines són les dues expressions algebraiques (equivalents) de l'alcalinitat d'una aigua? Quin és el procés natural mitjançant el qual una aigua adquireix la seva alcalinitat? Quines dues unitats s'utilitzen per a expressar-la i quin és el factor de conversió entre aquestes? Quines conseqüències té l'addició d'àcid carbònic i d'àcid clorhídric sobre l'alcalinitat i el pH d'una aigua? Com s'explica la variació diürna del pH d'un aigua natural que conté productors primaris i quins beneficis ambientals té?

La capacitat d'una aigua per a mantenir un pH estable davant les aportacions d'àcids o bases. Les espècies fonamentals són l'ió bicarbonat (HCO₃⁻) i l'ió carbonat. Les expressions són:

$$\begin{aligned} \sum cat \times [Cat^{+cat}] - \sum an \times [Ani^{+ani}] &= \\ = [HCO_3^-] + 2 \times [CO_3^{2-}] + [OH^-] - [H^+] \end{aligned}$$

L'aigua adquireix la seva alcalinitat a partir del diòxid de carboni atmosfèric que es dissol de forma natural en l'aigua. L'àcid promou la dissolució dels substrats minerals sobre els quals discorre l'aigua, afavorint la seva dissolució i l'enriquiment conseqüent dels minerals de l'aigua (mineralització); l'àcid carbònic neutralitzat durant aquest procés és renovat de forma natural per noves quantitats de diòxid de carboni atmosfèric que s'incorporen a l'aigua. Les unitats de mesura són equivalents per litre (eq/L) i mg CaCO₃/L; el factor de conversió és 1 eq/L = 50.000 mg CaCO₃/L. L'àcid carbònic no altera l'alcalinitat (no introdueix ni cations ni anions), però disminueix el pH. L'àcid clorhídric disminueix l'alcalinitat (introdueix l'anió clorur) i disminueix el pH.



La realització de la funció clorofil·lica durant les hores de sol fa que les plantes assimilïn diòxid de carboni, que extreuen de l'aigua, fent que la seva pH ascendeixi fins a valors que poden arribar a 8,5 o 9,0; durant la nit, la falta de funció de funció clorofil·lica i la presència de respiració de les algues (amb la consegüent producció de diòxid de carboni) fa que la concentració de diòxid de carboni de l'aigua augmenti, i el seu pH disminueixi fins a arribar a valors inferiors a 7,0. Aquesta oscil·lació diürna i nocturna del pH té un notable efecte desinfectant sobre l'aigua, causat per aquest procés natural.

- 2.16 Com es defineix algebraicament l'alcalinitat d'una aigua i quin significat físic té aquesta propietat d'una aigua? Quines espècies químiques determinen l'alcalinitat de les aigües continentals i quin és el procés natural mitjançant el qual les adquireixen? Quines dues unitats s'utilitzen per expressar i quin és el factor de conversió entre aquestes? Quines conseqüències té l'addició d'àcid carbònic i d'hidròxid sòdic sobre l'alcalinitat i el pH d'una aigua? Quina substància s'utilitza per valorar volumètricament l'alcalinitat d'una aigua i quines condicions físiques i químiques determinen el punt final de la valoració?

L'alcalinitat d'una aigua es defineix mitjançant els dos termes de l'expressió algebraica.

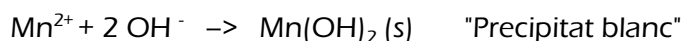
$$\sum cat \times [Cat^{+cat}] - \sum an \times [Ani^{+ani}] = \\ = [HCO_3^-] + 2 \times [CO_3^{=}] + [OH^-] - [H^+]$$

L'alcalinitat d'una aigua és una mesura de la seva capacitat per esmorteir (tamponar) les possibles variacions del seu pH quan s'hi afegeixen àcids o bases. Les dues espècies principals són l'ió bicarbonat (HCO_3^-) i l'ió carbonat ($CO_3^{=}$); el procés d'incorporació i d'acumulació d'aquestes espècies químiques en una aigua superficial s'inicia amb la dissolució del diòxid de carboni en l'aigua de pluja i la formació d'àcid carbònic; l'aigua així acidificada discorre per la superfície dels sòls i les roques, atacant i dissolent els seus components iònics; aquest procés resulta en la producció de bicarbonats i carbonats i en el consum d'àcid carbònic; no obstant, el diòxid de carboni de l'atmosfera es continua dissolent en l'aigua, per acció de la llei de Henry, i propiciant la continuació del procés de mineralització progressiva de l'aigua: és per això que les aigües pròximes a les desembocadures dels rius tenen un contingut mineral molt més gran que el de les aigües properes al seu naixement. Les unitats de mesura són equivalents químics per litre (eq/L) i mg $CaCO_3/L$, amb una equivalència de $1 \text{ eq/L} = 100 \text{ mg } CaCO_3/L$. L'addició d'àcid carbònic no altera l'alcalinitat (no aporta cations o anions del primer terme de l'expressió), però disminueix el pH per l'aportació d'ions H^+ ; l'addició d'hidròxid sòdic augmenta l'alcalinitat (aporta cations en el primer terme de l'expressió) i puja el pH de l'aigua (aporta ions OH^-). L'alcalinitat es valora amb un àcid (aporta anions del primer terme de l'expressió); el punt final de la valoració (alcalinitat nul·la) ve fixat per un pH de 5,65, que és el que té una aigua sense alcalinitat en equilibri amb l'atmosfera circumdant (assegurat mitjançant una agitació intensa de la mostra durant el procés de valoració).

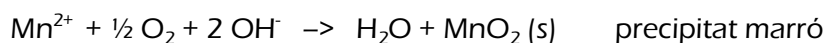
- 2.17 Quines reaccions d'oxidació-reducció regeixen la fixació de l'oxigen dissolt en una aigua mitjançant el mètode de Winkler? Quin efecte té sobre el resultat de l'anàlisi deixar l'ampolla de Winkler oberta després d'afegir-li la solució bàsica? Quin efecte té sobre el resultat de l'anàlisi deixar l'ampolla de Winkler oberta després d'afegir-li l'àcid sulfúric? Quina interferència es tracta d'eliminar mitjançant la incorporació de l'azida sòdica? Quin indicador es fa servir en la valoració final i quin canvi de color experimenta? De quins paràmetres de qualitat de l'aigua depèn la seva concentració d'oxigen dissolt?



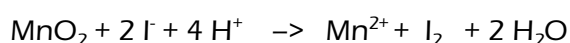
En absència d'oxigen dissolt, l'ió manganès afegit reacciona amb l'excés d'hidròxid present en l'aigua formant hidròxid de manganès que té color blanc:



En presència d'oxigen dissolt, l'ió manganès reacciona amb aquest, formant òxid de manganès, que és un precipitat de color marró:



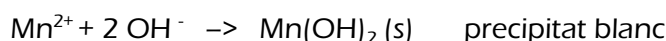
L'addició d'àcid fa que el diòxid de manganès reaccioni amb el iodur, formant iode molecular:



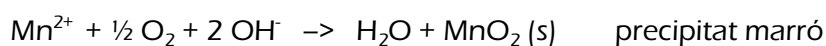
L'oxigen atmosfèric tindria tendència a entrar en l'ampolla i, en condicions bàsiques, reaccionaria amb l'ió manganès present a l'excés, generant un excés de diòxid de manganès i produint una interferència. L'oxigen atmosfèric tindria tendència a entrar en l'ampolla, però en condicions àcides no reaccionaria amb l'ió manganès ni tampoc amb l'ió iodur, pel que no es produiria cap interferència. Això justifica que, en aquestes últimes condicions, el contingut de l'ampolla pugui manipular sense preocupar-se per l'aireig del seu contingut. L'azida sòdica tracta de suprimir la interferència dels nitrats. La valoració final es realitza utilitzant midó com indicador; el midó passa de color blau intens, en presència de iode, a incolor en absència de iode. La concentració d'oxigen dissolt depèn de la temperatura i de la salinitat de l'aigua: quan aquestes augmenten aquella disminueix.

- 2.18 Quines reaccions d'oxidació-reducció intervenen en la fixació de l'oxigen dissolt en una aigua mitjançant el mètode de Winkler? Com s'explica que la manipulació del contingut de l'ampolla de Winkler en contacte amb l'atmosfera, després de l'addició de l'àcid sulfúric, no produeixi una interferència en el procés d'anàlisi? Quin indicador s'utilitza en la valoració final i quin mecanisme determina el canvi de color experimentat per la mostra durant el procés? Quins dos paràmetres de la qualitat d'una aigua determinen la concentració d'oxigen dissolt d'una aigua i a quin interval de valors aproximats arriba aquest en aigües continentals? Quin objectiu té el disseny de cada un dels següent elements de l'ampolla de Winkler: la forma, el tap i la seva boca?

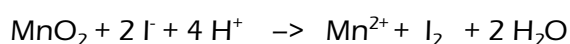
En absència d'oxigen dissolt, l'ió manganès afegit reacciona amb l'excés d'hidròxid present en l'aigua formant hidròxid de manganès que té color blanc:



En presència d'oxigen dissolt, l'ió manganès reacciona amb aquest, formant òxid de manganès, que és un precipitat de color marró:



L'addició d'àcid fa que el diòxid de manganès reaccioni amb el iodur, formant iode molecular:





El contacte del contingut de l'ampolla amb l'atmosfera propicia l'entrada i dissolució d'oxigen a l'ampolla, ja que el seu contingut és nul en aquests moments; tot i això, les condicions àcides del contingut impedeixen que l'oxigen reaccioni amb el manganès o el iodur i, per tant, no genera cap interferència en el procés de mesura. L'indicador és el midó: en presència de iode la mostra adquireix un color blau marí intens; després de l'addició de tiosulfat i la reducció de tot el iode en iodur, el midó canvia de color, passant a ser totalment incolor. La concentració d'oxigen dissolt d'una aigua ve determinada principalment per la seva temperatura i la seva salinitat; en condicions pròpies de les aigües superficials de rius i embassaments de les nostres latituds, la concentració d'oxigen dissolt oscil·la entre 8 i 10 mg O₂/L. La forma de l'ampolla de Winkler (les espatlles arrodonides) tracta de promoure l'expulsió de les bombolles d'aire quan s'omple amb aigua; el tap bisellat tracta de promoure l'expulsió de les bombolles de la superfície de l'aigua, la boca en forma de con invertit té com a missió oferir un tancament hidràulic de la mostra, evitant l'entrada o sortida d'oxigen de la mostra continguda en l'ampolla.

- 2.19 Com es defineix la DBO d'una aigua? Quin és l'agent oxidant i quines són les condicions ambientals que es realitza l'assaig? Quins límits d'oxigen dissolt en l'ampolla d'incubació han de respectar-se perquè l'assaig sigui acceptable? Quines dues substàncies s'utilitzen per a preparar la mostra patró d'aquest assaig? Per què és necessari afegir inòcul a una mostra patró?

És un assaig i un paràmetre de qualitat de l'aigua que mesura el grau i la velocitat a la que es pot oxidar biològicament la matèria orgànica continguda en una aigua, expressats en termes dels mil·ligrams d'oxigen per unitat de volum emprats pels microorganismes per a realitzar aquesta oxidació. L'agent oxidant el constitueixen els microorganismes presents en l'aigua o afegits amb l'inòcul. Les condicions ambientals són: un volum d'aigua de 250-300 mL en una ampolla de Winkler, 5 o 7 dies d'incubació, 20 °C de temperatura i incubació en la foscor. Un assaig es considera acceptable quan l'oxigen consumit per a oxidar la mostra (en l'ampolla de Winkler) ha estat igual o superior a 2 mg/L, i quan l'oxigen residual és igual o superior a 1 mg/L. Les substàncies normalment utilitzades són la glucosa i l'àcid glutàmic. És imprescindible afegir inòcul a la dissolució patró, ja que aporta els microorganismes necessaris per a realitzar l'oxidació dels substrats afegits a la dissolució, que es prepara de forma asèptica en el laboratori (desproveïda de microorganismes).

- 2.20 A què corresponen les sigles DBO i com es defineix la DBO d'una aigua? Quin és l'agent oxidant, les condicions de l'assaig (temperatura, lluminositat) i la seva durada temporal? Quines dues durades de l'assaig s'utilitzen actualment i quines circumstàncies les han determinat? Quin mitjà s'utilitza per a aportar l'oxigen necessari per a la realització de l'assaig? Quina informació específica de la mostra d'aigua aporta el valor numèric de la constant k que apareix en l'expressió cinètica de la DBO?

Demanda Bioquímica d'Oxigen, que es defineix com el contingut de matèria orgànica biodegradable continguda en una aigua, mesurada en termes de l'oxigen dissolt (mg O₂/L) que necessitaran els microorganismes per a portar a terme la seva oxidació en unes determinades condicions ambientals. L'agent oxidant són els microorganismes (bacteris i fongs) presents en el medi aquàtic, la temperatura és de 20 °C, a la foscor (per a evitar interferències amb l'oxigen que poden produir les algues contingudes en la mostra analitzada), durant un temps de 5 o de 7 dies, i utilitzant preferentment una ampolla de Winkler o similar. Les dues durades comunament utilitzades són: 5 dies, sobre la base de les estimacions del segle XX sobre el temps de recorregut de l'aigua



en el curs del riu Tàmesi, i el de 7 dies, utilitzat principalment en els països nòrdics, a causa de les limitacions d'horaris laborals, que permeten iniciar una anàlisi qualsevol dia de la setmana i completar-lo el mateix dia de la setmana següent. L'oxigen necessari s'aporta mitjançant l'aigua de dilució. La constant cinètica k indica el contingut relatiu de substàncies ràpida i fàcilment biodegradables presents en la mostra d'aigua analitzada: com més gran sigui el valor de k més gran serà la proporció de matèria orgànica degradada en un període de temps determinat; això significa que la demanda d'oxigen que comporta l'oxidació de la matèria orgànica d'una mostra s'exercirà més ràpidament quant menor sigui el valor de k .

- 2.21 A què corresponen les sigles DBO i com es defineix la DBO d'una aigua? Quin és l'agent oxidant, les condicions de l'assaig (temperatura, lluminositat) i la seva durada temporal? Quins límits de l'oxigen dissolt en l'ampolla d'incubació han de respectar-se perquè un assaig es pugui considerar acceptable? Com s'aporta l'oxigen necessari per a la realització de l'assaig? Quin criteri se segueix per a la preparació de l'inòcul utilitzat en un assaig i quina tasca analítica addicional comporta la utilització de inòcul?

Demanda Bioquímica d'Oxigen: és un procés per a determinar la quantitat de matèria degradable-oxidable-mineralitzable el grau que aquesta serà degradada oxidada-mineralitzada per acció dels microorganismes en condicions normalitzades, expressada en termes de l'oxigen dissolt necessari per a realitzar tal procés, en unitats de $\text{mg O}_2/\text{L}$. L'agent oxidant són els microorganismes (l'inòcul) que es troben a l'aigua (inicialment o afegits abans de l'assaig), a temperatura de $20\text{ }^\circ\text{C}$, a la foscor, i al cap de 5 dies. L'assaig normalitzat requereix que el consum mínim d'oxigen sigui de 2 mg/L i que l'oxigen dissolt final sigui superior a 1 mg/L . L'oxigen necessari s'aporta mitjançant l'aigua de dilució, que s'afegeix a l'ampolla d'incubació (ampolla de Winkler) juntament amb un petit volum de mostra i, si és necessari, de inòcul extern. L'inòcul extern s'ha de preparar a partir d'una mostra d'aigua presa aigües a baix del punt que normalment s'aboca el cabal del que hem pres les mostres per a analitzar; la utilització d'un inòcul extern requereix realitzar un assaig de DBO paral·lel al de la mostres, però utilitzant l'inòcul com mostra desconeguda, per a determinar el seu contingut de matèria orgànica i així poder aplicar la correcció corresponent de la mostra que es tracta d'analitzar.

- 2.22 A què corresponen les sigles DBO i com es defineix la DBO d'una aigua? Quin és l'agent oxidant, les condicions de l'assaig (temperatura, lluminositat) i la seva durada temporal? Quins límits de l'oxigen dissolt a l'ampolla d'incubació s'han de respectar perquè un assaig es pugui considerar acceptable? Com s'aporta l'oxigen necessari per a la realització de l'assaig? Quina informació específica del contingut de la mostra d'aigua aporta el valor numèric de la constant k que apareix a l'expressió cinètica de la DBO?

Les sigles corresponen a la Demanda Bioquímica d'Oxigen, que es defineix com el contingut i la velocitat d'oxidació de la matèria orgànica oxidable biològicament, en condicions normalitzades de temperatura, llum i temps, expressada en termes de l'oxigen consumit en aquest procés, en unitats de $\text{mg O}_2/\text{L}$. L'agent oxidant són els microorganismes introduïts amb l'inòcul o els presents inicialment a la mateixa mostra d'aigua, les condicions controlades són: a $20\text{ }^\circ\text{C}$, en la foscor (per evitar la interferència de l'oxigen produït per les algues) i durant 5 dies (període normalitzat) o 7 dies (als països nòrdics). Un assaig acceptable requereix un consum d'oxigen igual o superior a $2\text{ mg O}_2/\text{L}$ i una concentració residual d'oxigen igual o superior a $1\text{ mg O}_2/\text{L}$. L'oxigen necessari s'aporta mitjançant l'aigua de dilució que s'afegeix a l'ampolla d'incubació. La



constant k és una mesura del caràcter fàcilment biodegradable de la matèria orgànica continguda en la mostra: com més gran és el valor de k , més gran és la fracció de matèria orgànica fàcilment biodegradable de la mostra i més ràpidament s'exercirà el consum d'oxigen (més ràpidament s'ha d'aportar l'oxigen en una instal·lació de depuració real).

- 2.23 Com es defineix la DQO d'una aigua? Quin és l'agent oxidant, les condicions ambientals de l'assaig i la durada del mateix? Quina missió concreta té l'addició de sulfat de mercuri, de l'ió plata i de les boletes de vidre o de pedra tosca? Com es defineix l'índex de biodegradabilitat d'una aigua? En quin interval oscil·len funció de la seva expressió numèrica i del tipus de paràmetre biològic utilitzat?

El contingut de matèria orgànica que pot ser oxidat químicament per un oxidant fort, en condicions extremes de temperatura i de pH, expressat en termes de l'oxigen dissolt equivalent, en $\text{mg O}_2/\text{L}$. El dicromat potàssic, a pH àcid (50% d'àcid sulfúric), en presència de catalitzadors (ió plata), amb segrestant de clorurs (ió mercuri), a temperatura d'ebullició i durant 2 hores. El mercuri segresta els clorurs, l'ió plata és un catalitzador de l'oxidació orgànica, les boletes i/o la pedra tosca afavoreixen l'ebullició tranquil·la. El quocient entre la DBO i la DQO, o el quocient invers. La DBO pot ser la total (límit) o simplement la corresponent a 5 dies. El quocient DQO/ DBO oscil·la entre 1 i infinit, mentre que la DQO/ DBO₅ oscil·la entre 1,4 i infinit. Valors superiors a 4,0 aproximadament d'aquest últim quocient indiquen la presència d'un predomini d'aigües industrials.

- 2.24 A què corresponen les sigles DQO i com es defineix la DQO d'una aigua? Quins són l'agent oxidant, les condicions de l'assaig (temperatura, pH, catalitzadors) i la seva durada temporal? Com es defineix usualment l'índex de biodegradabilitat d'una aigua? Quin interval de valors pot tenir i quin valor sol utilitzar-se per a diferenciar les aigües residuals urbanes de les industrials? Com s'explica que la DQO d'una aigua pugui ser major que la seva DBO?

Demanda Químic d'Oxigen; un assaig químic que permet determinar el contingut de matèria orgànica mineralitzable d'una aigua, mitjançant un oxidant en condicions extremes d'acidesa, temperatura i catalitzadors, al cap de 2 hores, i expressat en termes de l'oxigen dissolt equivalent, en $\text{mg O}_2/\text{L}$. L'agent oxidant és el dicromat potàssic (alguns països utilitzen el permanganat, que és menys intens), a temperatura d'ebullició, a pH baix (50% de contingut d'àcid sulfúric), i en presència d'ió plata com catalitzador, al cap de 2 hores d'ebullició. L'índex de biodegradabilitat és un quocient entre la Demanda Bioquímica d'Oxigen i la Demanda Químic d'Oxigen, en diferents formes. La més freqüent és la Demanda Químic d'Oxigen dividida per la Demanda Bioquímica d'Oxigen als 5 dies. En aquest cas, l'interval de valors és d'aproximadament 1,4 fins a infinit. Valors d'aquest índex superiors a 4,0 solen considerar-se associats a mostres d'aigua d'origen industrial (a diferència de valors més baixos per a les aigües urbanes i domèstiques). La presència de matèria orgànica no biodegradable fa que la DQO sigui superior a la DBO.



3. GESTIÓ AMBIENTAL

- 3.1 Quins tres criteris bàsics han de complir els recipients utilitzats per al mostreig d'una aigua, amb la finalitat de no alterar la seva qualitat? Quins dos criteris bàsics de conservació se solen adoptar per a preservar una mostra durant el seu transport al laboratori? Quina precaució sol adoptar-se amb el tap d'una ampolla de vidre esterilitzada i per què? Quin objectiu té i quin reactiu s'incorpora en una ampolla de mostreig per a anàlisi microbiològic, quan l'aigua conté clor com desinfectant? Quines són la fase inicial i la final d'un procés d'avaluació de la qualitat d'una aigua i quina missió bàsica té cadascuna d'aquestes?

El recipient no ha d'aportar substàncies a la mostra, no ha de retenir substàncies de la mostra i no ha de permetre el pas de substàncies a través de les parets o de la boca del recipient. Refrigerar-la en una nevera portàtil i mantenir-la en la foscor. Col·locar una tira de paper per a assegurar que l'aire de l'ampolla queda en equilibri amb l'exterior, i que l'ampolla no queda amb una pressió negativa, en refredar-se després de la seva esterilització a més de 100 °C. S'afegeix un oxidant (tiosulfat sòdic) per a destruir el clor que pot contenir la mostra, evitant així que el desinfectant segueixi actuant sobre els microorganismes que pugui haver a la mostra, durant el temps transcorregut des del mostreig fins a l'anàlisi. El procés s'inicia amb la presa de mostres en el medi ambient (l'objectiu és prendre una porció representativa) i acaba amb un informe raonat, on s'interpreta la situació del medi en relació amb els objectius del procés d'avaluació que s'ha realitzat.

- 3.2 Com es defineix un criteri de qualitat d'una aigua? Quins tres aspectes s'utilitzen per a classificar les normes de qualitat d'una aigua? Com es defineixen la velocitat d'emissió màssica la velocitat d'emissió màssica unitària d'un abocament? Quina de les anteriors té rellevància en la protecció ambiental i per què? Com estan relacionades numèricament entre sí? Com defineix la Directiva europea un habitant equivalent? Quin tipus de velocitat d'emissió màssica és?

Criteri de qualitat: relació o condició científica en què poder basar un judici sobre la idoneïtat de la qualitat d'una aigua per a un ús determinat. Norma de qualitat: valor establert per l'autoritat competent per a protegir/promoure la qualitat d'una aigua per a un ús determinat. Els aspectes: 1) l'àmbit d'aplicació de la norma (internacional, nacional, autonòmic, municipal), 2) la massa d'aigua a la qual fa referència (aigua efluent o aigua receptora) i 3) la unitat de mesura (concentració, velocitat d'emissió). Velocitat d'emissió màssica (VEM): massa abocada per unitat de temps. Velocitat d'emissió màssica unitària (VEMU): massa abocada per unitat de producte elaborat. La VEM és la que té significació ambiental, ja que valora la massa de substància que arribarà al medi receptor; d'altra banda, la VEMU és una mesura de la capacitat contaminant específica de l'activitat considerada. La VEM és igual a la VEMU multiplicada pel nombre de productes elaborats per unitat de temps (una mesura de la producció industrial o urbana considerada). La Directiva europea 91/271 estableix una equivalència de 1 hab-eq = 65 g de DBO₅/dia. El hab-eq és una velocitat d'emissió màssica: la massa de matèria orgànica abocada diàriament que correspon amb l'activitat d'una persona.

- 3.3 Com es defineix un criteri de qualitat d'una aigua? Com es defineix una norma de qualitat de l'aigua? Quins tres aspectes d'una norma s'utilitzen per a classificar les normes de qualitat d'una aigua? Com es defineixen la velocitat d'emissió



màssica i la velocitat d'emissió màssica unitària d'una substància? Quin tipus de velocitat d'emissió és i com es defineix habitant-equivalent? Quin valor li assigna la Directiva europea 91/271 relativa a la depuració d'aigües? Com es determina la població equivalent d'un abocament?

Criteri de qualitat: relació o condició científica en què poder basar un judici sobre la idoneïtat de la qualitat d'una aigua per a un ús determinat. Norma de qualitat: valor establert per l'autoritat competent per a protegir/promoure la qualitat d'una aigua per a un ús determinat. Els aspectes: 1) l'àmbit d'aplicació de la norma (internacional, nacional, autonòmic, municipal), 2) la massa d'aigua a la qual fa referència (límits d'abocament per a una aigua efluent o normes o objectius de qualitat ambiental per a una aigua receptora) i 3) la unitat de mesura (concentració, velocitat d'emissió). Velocitat d'emissió màssica (VEM): massa abocada per unitat de temps. Velocitat d'emissió màssica unitària (VEMU): massa abocada per unitat de producte elaborat. Un hab-eq és una velocitat d'emissió màssica, que es defineix com la massa de matèria orgànica (expressada com DBO₅) generada diàriament que equival a l'activitat d'una persona. La Directiva europea 91/271 estableix 1 hab-eq = 65 g de DBO₅/dia. Dividint la massa total de DBO₅ abocada diàriament pel valor d'un hab-eq.

- 3.4 Com es defineix una mostra puntual, una mostra composta i una mostra integrada? Com es defineixen la velocitat d'emissió màssica i la velocitat d'emissió màssica unitària d'una substància? Quin tipus de paràmetre és un hab-eq i quin és el valor numèric establert per la Directiva europea 91/271 en termes de DBO₅? Com es defineix un criteri de qualitat d'una aigua?

Una mostra puntual és la recollida en un punt determinat en un instant determinat. La mostra composta és l'obtinguda en un punt determinat al llarg d'un període de temps determinat, generalment hores o dies. La mostra integrada és l'obtinguda en un instant determinat però en diversos punts de mostreig. Velocitat d'emissió màssica (VEM) és la massa de substància abocada per unitat de temps. Velocitat d'emissió màssica unitària (VEMU) és la massa de substància abocada per unitat de producte elaborat. Un hab-eq és una velocitat d'emissió màssica. El seu valor a la Directiva europea 91/271 és de 65 g DBO₅/dia. Un criteri de qualitat és una relació o funció científica sobre la qual poder basar-se per a emetre un judici sobre la idoneïtat de la qualitat d'una aigua per a un ús determinat.

- 3.5 Com es defineixen acció ambiental, efecte ambiental i impacte ambiental? Quina és la restricció reglamentària més freqüent que s'aplica a la definició d'acció ambiental? Quina és l'acció considerada pels estudis clàssics com a acció de referència per a determinar l'impacte d'una actuació? Quins quatre objectius principals té un estudi d'impacte ambiental? De quines quatre metodologies es disposa actualment per a realitzar un estudi d'impacte ambiental?

Acció ambiental: qualsevol projecte constructiu o proposició legal o reglamentària que pot tenir conseqüències ambientals. Efecte ambiental: la conseqüència futura de la realització d'una acció, i també la conseqüència ambiental de la no aplicació d'aquesta mateixa acció. Impacte ambiental: diferència d'efectes ambientals futurs resultants de l'aplicació d'una acció i de l'omissió d'aquesta mateixa acció. La referència clàssica és la situació futura que s'arribaria en absència de l'acció ambiental proposada (no acció). Els objectius són: identificar i predir els possibles impactes, i interpretar i comunicar la informació relativa als mateixos. Les metodologies disponibles: 1) la matriu de Leopold, 2) el mètode de les superposicions, 3) el mètode de Batelle i 4) el model descriptiu del procés o sistema que s'estudia.



- 3.6 Quines són les dues propietats determinants de la densitat d'una aigua? Quin és el perfil de temperatura típic de l'estratificació tèrmica a les aigües costaneres i lacustres durant l'època estival a les nostres latituds? Quin gradient de temperatura determina l'existència d'una termoclina? Quin és el procés responsable de l'esgotament de l'oxigen dissolt a l'hipolímnion de les aigües eutròfiques durant l'estiu? Quin efecte té sobre els fosfats presents en el sediment i posteriorment en l'eutrofització de l'aigua superficial?

La seva temperatura i la seva salinitat (contingut de sals). La temperatura és uniforme i relativament elevada a les capes superiors (20 °C a 25 °C), a continuació experimenta un descens marcat amb la profunditat fins a valors inferiors (10 °C a 15 °C), en els quals es manté de forma relativament uniforme durant la resta de la profunditat. La termoclina o metalímnion és la franja de profunditat on el gradient supera un 1 °C de variació per metre de desplaçament vertical. La mineralització microbiana de la matèria orgànica acumulada en els sediments ocasiona un esgotament progressiu de l'oxigen a les masses d'aigua situades damunt dels sediments. El fet que el hipolímnion es trobi aïllat físicament de la part superior i superficial de la massa d'aigua (l'epilímnion), impedeix la recàrrega d'oxigen, el que provoca el seu total esgotament a les capes inferiors. La conseqüència és la creació de condicions anaeròbies, que propicien l'alliberament dels fosfats prèviament precipitats. Aquests fosfats re-dissolts seran recirculats fins a la superfície del llac durant la fase de barreja (trencament de l'estratificació), propiciant el creixement incontrolat i intens de productors primaris (eutrofització).

- 3.7 Quina és la temperatura a la qual l'aigua arriba a la seva màxima densitat? Quin és el perfil de temperatura típic de l'estratificació tèrmica en època estival a les nostres latituds? Quin és el gradient de temperatura mínim perquè existeixi una termoclina? Quin és el mecanisme responsable de l'esgotament de l'oxigen dissolt a l'hipolímnion de les aigües eutròfiques durant l'estiu? Per què no succeeix aquest mateix procés en les aigües oligotròfiques?

A 4°C. L'epilímnion tindrà una temperatura elevada, la termoclina registrarà una notable variació entre l'epilímnion i el hipolímnion, i aquest últim registrarà una temperatura inferior. La termoclina o metalímnion és la franja d'aigua on el gradient de temperatura és igual o superior a 1°C/m. La termoclina limita l'intercanvi d'oxigen entre l'epilímnion i l'hipolímnion, fent que la degradació bacteriana de la MO acumulada en el fons (les algues i restes de matèria orgànica que sedimenta progressivament) arribi a esgotar l'OD del hipolímnion. Perquè no contenen quantitats apreciables de MO (no hi ha quantitats apreciables d'algues que creixen, moren i sedimenten) i, per tant, el consum d'oxigen no arriba a esgotar els nivells d'OD de l'hipolímnion, que es mantenen estables; tot això es manifesta per un color clar del sediment, en contrast amb el color fosc típic dels sediments anòxics.

- 3.8 En què consisteix l'eutrofització d'una aigua? Quin és el principal nutrient implicat? Com es generen les males olors en una aigua eutròfica? Quin és el factor responsable de la resolubilització dels fosfats en els sediments de les aigües eutròfiques? Quina estratègia preventiva i quina estratègia correctora es poden adoptar per a controlar l'eutrofització?

Un augment progressiu/accelerat del contingut d'elements nutritius que es manifesta per un creixement desmesurat (incontrolat per altres predadors de la cadena tròfica) de productors primaris. Tant el fòsfor (el més limitant, quan no té fase gasosa) com el nitrogen (en les seves diverses formes dissoltes). La presència de quantitats importants



d'algues fan que la transparència de l'aigua disminueixi, impedit que la llum penetri més enllà dels 1-2 m superiors de l'aigua; els bacteris esgoten l'oxigen dissolt de les aigües profundes, propiciant el desenvolupament d'un metabolisme anaerobi que genera compostos pudents, com l'àcid sulfhídric; aquesta falta d'oxigen genera condicions reductores que propicien la conversió del ferro fèrric (precipitat amb l'ortofosfat) en ferro ferrós, amb la conseqüent redissolució de l'ortofosfat. La disminució dels abocaments, especialment dels nutrients limitants del creixement, com acostuma a ser el fòsfor, l'addició de coagulants, el trencament mecànic de la termoclina o l'aireig forçat de l'hipolímnion.

- 3.9 Quin mecanisme provoca l'estratificació d'una massa d'aigua? Com es denominen i quina és la posició relativa de les zones així establertes? Com es defineix numèricament la capa intermèdia? En què consisteix l'eutrofització d'una aigua i com es manifesta? Quin efecte sinèrgic té l'estratificació d'una aigua sobre el procés d'eutrofització? Quines opcions tècniques poden adoptar-se per a evitar l'estratificació d'una aigua?

La diferència de densitat de l'aigua, generalment provocada per les diferències de temperatura, però també per diferències de contingut salí de l'aigua. La capa superior: epilímnion, la intermèdia: termoclina, metalímnion, o capa de discontinuïtat, i la inferior: hipolímnion. La termoclina o metalímnion es defineix com aquella franja vertical de l'aigua on el gradient de temperatura és igual o superior a 1 °C/m. L'eutrofització és l'augment progressiu del contingut de nutrients d'una aigua, que es manifesta per un creixement intens de productors primaris. Quan aquesta eutrofització és ràpida (antropogènica, generalment) el creixement de productors primaris és de caràcter incontrolat. L'estratificació amplifica les conseqüències de l'eutrofització: durant l'estratificació, les aigües del hipolímnion s'enriqueixen de nutrients des dels sediments, especialment de fosfats; quan l'estratificació es trenca, aquestes aigües riques en nutrients pugen a la superfície, provocant episodis d'intensa eutrofització, amb florides, sobtades i intenses, d'algues. L'estratificació pot evitar-se mitjançant la barreja forçada de les capes d'aigua, de forma mecànica, amb agitadors submergits en la zona de la termoclina, o mitjançant la introducció de bombolles d'aire en el hipolímnion que, a més d'airejar les aigües profundes, contribueixin a trencar l'estratificació.

- 3.10 Com es defineix el procés d'eutrofització d'una aigua i com es manifesta usualment a la pràctica? Com es defineix l'estat inicial i l'estat final d'aquest procés? Quins dos elements nutritius solen ser els factors limitants del procés d'eutrofització i quines són les fonts principals de cadascun d'aquests? Quin d'aquests dos elements manca de formes en estat gasós i com és la forma gasosa de l'altre que pot ser utilitzada pels productors primaris? Com s'explica l'efecte de l'estratificació en l'aparició d'episodis d'eutrofització intensa d'un llac?

L'augment progressiu de nutrients (principalment nitrogen i fòsfor) que es manifesta per un creixement incontrolat de productors primaris (color verd de l'aigua, deterioració de l'equilibri d'oxigen dissolt). Estat oligotròfic, quan escassegen els nutrients, i estat eutròfic quan abunden els nutrients. El nitrogen i el fòsfor: el nitrogen en formes de nitrogen amoniacal (orgànic i inorgànic) i de nitrats, i el fòsfor en formes de fòsfor en partícules, polifosfats i ortofosfats. El fòsfor manca de formes gasoses, mentre que el nitrogen existeix en forma de nitrogen gas (79% en l'atmosfera): hi ha productors primaris que poden assimilar el nitrogen gas i, per tant, no depenen de les aportacions de nitrogen dissolt en forma reduïda (amoníac) o oxidada (nitrats). L'estratificació d'una massa d'aigua propicia el desenvolupament de condicions anaeròbies en el fons (especialment si hi ha acumulació de matèria orgànica); aquestes



condicions anaeròbies propicien la redissolució dels ortofosfats precipitats; quan es trenca l'estratificació, les masses d'aigua profundes, carregades d'ortofosfats, són arrossegades a la superfície, creant així condicions molt propícies per al desenvolupament ràpid i incontrolat de productors primaris (episodi d'eutrofització).

- 3.11 Quines dues limitacions interpretatives tenen les anàlisis químiques individuals i puntuals d'una aigua? Quin avantatge ofereix un sistema de vigilància basat en un índex de qualitat química? Quins paràmetres de qualitat intervenen en l'Índex Simplificat de la Qualitat de l'Aigua? Quines dues avantatges possibles ofereixen els sistemes de vigilància de la qualitat de l'aigua basats en la resposta d'éssers vius, com els macro-invertebrats o els peixos?

Les anàlisis químiques tenen la limitació de representar l'estat de l'aigua en un instant i en una massa d'aigua determinada (la que circula en aquell moment, per exemple) i no permeten valorar l'efecte acumulatiu d'altres substàncies i de tot el conjunt al llarg d'un cert període de temps. Un índex de qualitat permet millorar la valoració conjunta de diversos paràmetres de qualitat, permetent una interpretació més equilibrada que l'aportada per una llista de paràmetres independents. L'ISQA té una expressió aritmètica de $T(A+B+C+D)$ on cadascuna d'aquestes lletres representa una ponderació numèrica (mitjançant uns gràfics empírics) de la temperatura, la matèria orgànica (DBO, DQO, o COD), la matèria en suspensió, l'oxigen dissolt i la conductivitat elèctrica de l'aigua. La utilització d'éssers vius permet: 1) detectar en temps real els efectes de la qualitat sobre els éssers vius i 2) incorporar els possibles efectes produïts (acumulats en el temps) per un o diversos contaminants actuant simultàniament, així com l'efecte acumulatiu d'aquests contaminants al llarg del temps sobre els éssers vius utilitzats com indicadors.

- 3.12 Quin objectiu té elaborar un índex de qualitat a partir de valors independents de diversos paràmetres de qualitat d'una aigua? Quins tipus de paràmetres s'han vingut incloent fins ara i quins tipus de paràmetres han d'incloure's d'acord amb l'exigència de la Directiva Marc? Quina expressió utilitza la Directiva Marc per a designar l'objectiu final de la qualitat d'un ecosistema? Quins paràmetres de qualitat de l'aigua inclou l'ISQA utilitzat a Catalunya? Per quina raó es tendeix a utilitzar la diversitat biològica d'un ecosistema com a indicador del seu estat i quina tendència manifesta la diversitat a mesura que l'ecosistema evoluciona favorablement?

L'objectiu és sintetitzar en un únic valor tota la informació (diversa, heterogènia) aportada pels diferents paràmetres, de manera que sigui més senzill la interpretació absoluta i relativa de la qualitat que es tracta de valorar. Els paràmetres més utilitzats han estat de tipus físico-químics, i fins i tot de tipus microbiològic; la reglamentació actual exigeix la incorporació de paràmetres de qualitat biològica, especialment per a valorar l'abundància i la diversitat d'éssers vius macroscòpics. La Directiva Marc estableix l'objectiu del bon estat ecològic de les masses d'aigua. L'ISQA inclou la temperatura, el contingut de matèria orgànica, la matèria en suspensió, l'oxigen dissolt i la conductivitat elèctrica. La diversitat biològica és una manifestació de l'existència de condicions de vida favorables, sense restriccions (abundància excessiva de certes substàncies, presència de substàncies inhibidores o tòxiques) que solament poden ser superades per uns pocs tipus d'éssers vius (poca diversitat); l'evolució favorable d'un ecosistema es tradueix en un augment o manteniment de la diversitat; a més la diversitat aporta una major estabilitat a l'ecosistema, quan el fa més resistent a possibles impactes externs que puguin afectar a una part o a un grup d'éssers vius.



- 3.13 Com es defineixen contaminants primaris i contaminants secundaris de l'atmosfera? Quins dos tipus bàsics d'episodis de contaminació poden registrar-se en una atmosfera urbana? Quins són els dos contaminants primaris principals de cadascuna d'aquestes i quin factor ambiental catalitza en cada cas la seva transformació en altres substàncies? Quins són dos dels contaminants secundaris més característics d'aquests dos tipus d'episodis? Quin color adquireix l'atmosfera en ambdós casos i quin és element físic químic responsable?

Primaris: emesos directament a l'atmosfera des de les fonts de contaminació. Secundaris: formats per reaccions físico-químiques en l'atmosfera a partir dels primaris emesos prèviament. Smog sulfurós i smog fotoquímic. Els contaminants primaris del smog sulfurós són SO_2 , CO , CO_2 (la humitat i les partícules actuen de catalitzadors) i els del smog fotoquímic són NO i CH_4 (la radiació solar actua de catalitzador). Els contaminants secundaris del smog sulfurós són SO_3 i H_2SO_4 , i els del smog fotoquímic són NO_2 i O_3 . L'atmosfera adquireix un color negre a gris en el primer cas, a causa del sutge (partícules de la combustió) i marronós en el segon a causa del color marró dels òxids de nitrogen NO_x .

- 3.14 Com pot definir-se contaminació d'una massa d'aire i quina connotació especial implica la paraula anglesa pollution (pollució)? Com es defineixen contaminants primaris i contaminants secundaris? Quin origen etimològic té la paraula smog i quins dos factors principals contribueixen a la generació d'un episodi de smog atmosfèric? Com s'explica que el smog sulfurós promogui un ambient reductor i el smog fotoquímic promogui un ambient oxidant? Què és una inversió atmosfèrica i quins dos tipus principals d'inversió se solen registrar en zones urbanes?

La modificació significativa de la composició mitjana d'una massa d'aire, per causes naturals o antropogèniques; quan aquesta modificació es dona, té efectes desfavorables sobre la població o el medi ambient, es diu que existeix pollució; el fet de tinguir causes antropogèniques també contribueix que sigui considerada com pollució. Contaminants primaris són els emesos directament per les fonts de contaminació, i contaminants secundaris els produïts en l'atmosfera per modificació dels primaris (reaccions entre aquests, o amb altres elements de l'aire, sota l'efecte de l'energia solar o la humitat ambient). Smog és la juxtaposició de smoke que significa fum, i de fog que significa humitat; els episodis de contaminació es generen per una aportació excessiva de contaminants i per una estabilitat atmosfèrica que impedeix la seva dilució i afavoreix la seva acumulació per sobre d'uns límits que els fan perjudicials, desfavorables o amb característiques adverses. El smog sulfurós té caràcter reductor perquè l'anhídrid sulfurós té tendència a consumir oxigen per a convertir-se en anhídrid sulfúric, que posteriorment s'uneix a l'aigua per a formar àcid sulfúric. El smog fotoquímic genera ozó com a contaminant secundari, que és un compost de gran capacitat oxidant. Una inversió tèrmica és una modificació del perfil de temperatura atmosfèric, de manera que la temperatura augmenta amb l'altura, al contrari del que ocorre en condicions d'estabilitat adiabàtica. Les inversions atmosfèriques més freqüents en zones urbanes són la inversió radiacional (pèrdua de calor del sòl per radiació) i la inversió convectiva (arrossegament d'aire calent sobre una massa inferior d'aire fred, generalment propiciat per la presència d'elevacions topogràfiques).

- 3.15 Com es defineix el so? Com es defineix tècnicament el soroll? Cita tres dels cinc paràmetres característics del so. Quins valors tenen el llindar auditiu i el llindar de dolor humans? Quin és l'expressió del nivell de pressió L_p d'un so i en quines unitats es mesura? Quins nivells de pressió es registren en un dormitori i enmig



del tràfic urbà mitjà? Com s'explica que els nivells de pressió de dues fonts de soroll no puguin sumar-se directament i com es realitza aquesta addició?

El so és una variació de la pressió atmosfèrica que pot ser detectada per l'oïda humana. El soroll és una mescla de sons, amb freqüències diferents, que produeix una sensació auditiva molesta i que pot tenir efectes negatius per a les persones i els ecosistemes. Els paràmetres bàsics del so són: 1) l'amplitud, en unitats de pressió, 2) la longitud d'ona, en nanòmetres, 3) el període, en unitats de temps, 4) la freqüència, en unitats de cicles per unitat de temps i 5) la velocitat de transmissió, en m/s. L'expressió utilitzada és:

$$L_p = 20 \text{ Log}_{10} \frac{p}{p_0}$$

on L_p es mesura en decibels (dB), p és la pressió registrada en μPa , i p_0 és la pressió de referència, de $20 \mu\text{Pa}$, corresponent al llindar auditiu humà. El llindar de dolor humà se situa entorn dels $140 \mu\text{Pa}$. Els nivells de pressió de dues fonts diferents no poden sumar-se directament ja que són el resultat d'una transformació logarítmica prèvia. Per a tenir en compte aquesta circumstància, s'utilitza normalment una taula. A mesura que la diferència en dB augmenta, el valor de la pressió menor perd rellevància respecte a la major. Quan la diferència és igual o superior a 10 dB, la pressió menor no influeix en la suma del nivell de pressió resultant.

3-16 Quines són les quatre estratègiques bàsiques d'un sistema de gestió de residus i en què consisteix cadascuna d'aquestes? Quins dos beneficis bàsics té la recollida selectiva? Quines dues possibles estratègies poden aplicar-se per a implantar-la? Quins dos objectius bàsics té un abocador controlat? En què consisteix el compostatge d'un residu? Quins requisits i ingredients bàsics requereix el compostatge?

Reduir la incorporació de matèries primeres en els cicles productius (menys contingut i menys desapfitaments), 2) reutilitzar certs materials en diverses ocasions (com les ampolles o caixes per a transportar un determinat líquid o producte), 3) reciclar els materials constitutius del residu per a produir nous productes (el vidre trencat utilitzat per a fabricar noves ampolles) i 4) recuperar l'energia o substàncies contingudes en el residu final (mitjançant la combustió o el compostatge). La recollida selectiva permet recuperar matèries primeres i perllongar la vida útil dels abocadors controlats, evitant que siguin ocupats pels residus recuperats. La recollida centralitzada (estacions de separació) i descentralitzada (pels propis usuaris utilitzant els contenidors i les deixalleries). Compactar i confinar els residus, perquè puguin ser mineralitzats en condicions controlades, sense deteriorar el medi ambient. La mineralització aeròbia mitjançant bacteris i fongs utilitzant mitjans senzills: volteig/agitació, medi de suport (porositat), aireig i possible aportació de nutrients i humitat.

3.17 Quines són les quatre R de la gestió dels residus sòlids urbans i en què consisteix cadascuna d'aquestes estratègies? Quina és la taxa aproximada de residus sòlids urbans generada per habitant i dia a l'àrea metropolitana de Barcelona? Quins cinc tipus de residus solen recollir-se en els municipis de l'àrea metropolitana de Barcelona? Quines dues estratègies es poden adoptar per a implantar la recollida selectiva sobre un territori? Quin objectiu té i de quins elements consta una deixalleria, un punt verd o un centre ecològic?

Reducció de la producció de residus (també denominada minimització de residus en el procés de producció), Reutilització (utilització del producte per al mateix ús inicial), Reciclat (utilització de la matèria primera continguda en el residu per a fabricar un



producte similar a l'inicial) i Recuperació (obtenció de l'energia o la matèria primera del residu per a altres usos diferents de l'inicial). Entorn de 1,5 kg/hab-dia. Paper, plàstic i metalls, vidre, residus generals i matèria orgànica. La recollida selectiva per part del ciutadà/usuari individual, dipositant el material en contenidors diferents, i la separació de materials en centres especialitzats, mitjançant personal i equips tècnics. Una deixalleria és un recinte controlat on els ciutadans poden accedir per a dipositar els residus de forma separada i classificada, de manera que puguin ser posteriorment enviats per a la seva reciclat o recuperació en altres instal·lacions o processos industrials.

- 3.18 Quins tres objectius bàsics té un abocador controlat? Com es generen, com es recullen i què contenen els lixiviats d'un abocador controlat? Quins objectius té la recollida selectiva dels residus? Quines categories de residus es recullen selectivament en els nostres municipis? Quina missió té una estació de transferència i quina diferència substancial tenen els camions que aporten i els que retiren els residus d'una d'aquestes estacions?

Confinar, compactar i mineralitzar la matèria orgànica continguda en els residus. Es generen per l'acció de la pluja que cau sobre l'abocador, a més dels líquids que escorren després de la compactació dels residus dipositats en l'abocador; es recullen mitjançant una xarxa de drenatge que ha d'instal·lar-se en el fons de l'abocador; els lixiviats contenen tota l'aigua i la matèria dissolta extreta per compactació dels residus. La recollida selectiva permet recuperar les matèries primeres per a la seva reutilització posterior, a més de reduir la quantitat de matèria dipositada en l'abocador, perllongant així la seva vida útil. El paper, el plàstic, el vidre, les escombraries generals, la matèria orgànica i tot tipus de residus diversos que se centralitzen en la deixalleria (o punt verd). L'estació de transferència permet optimitzar el transport dels residus, des de la seva recollida als carrers de la ciutat fins a la seva col·locació en l'abocador: els camions que recullen els residus als carrers estan dotats de dispositius per a descarregar (per volteig) els contenidors urbans i comprimir els residus, mentre que els camions que surten de les estacions de transferència són simplement grans contenidors, on es col·loquen els residus per mitjans mecànics existents en les estacions de transferència, i que serveixen per a transportar els residus des de la central fins al següent punt de disposició: l'abocador, l'estació de compostatge, o la instal·lació de reciclat o reutilització.

- 3.19 Quins tres objectius principals té un abocador de residus sòlids? Quin tipus de reaccions biològiques tenen lloc en la matèria orgànica dipositada en un abocador i quins són els principals gasos generats per aquestes? Com s'han de recuperar aquests gasos i quin interès pràctic tenen? Què són els lixiviats d'un abocador i com s'assegura la seva recuperació i tractament adequat? En què consisteix la clausura d'un abocador i quines precaucions convé adoptar durant la gestió de la superfície així generada?

Confinar, compactar i mineralitzar els residus. Reaccions de digestió anaeròbia i de fermentació, que generen diòxid de carboni, nitrogen, metà i àcid sulfhídric. Aquests gasos s'han de recuperar mitjançant dispositius d'especial porositat que desemboquen en xemeneies de material granular implantades en el cos de l'abocador; l'aplicació d'una mínima succió permet recuperar aquests gasos, especialment el metà, per a ser utilitzats com a font d'energia. El metà pot utilitzar-se per a impulsar motors de combustió interna, que units a un generador elèctric produeixen electricitat; d'altra banda, la combustió del metà permet eliminar un gas d'efecte hivernacle que té un potencial d'escalfament gairebé 20 vegades superior al del diòxid de carboni. Els lixiviats són els líquids recollits en el fons d'un abocador, resultat de la mineralització i



compactació de la matèria orgànica dipositada en l'abocador; es recuperen mitjançant un sistema de drenatge col·locat en el fons de l'abocador, sobre una capa de material impermeable, que impedeix que els lixiviats puguin percolar per les capes inferiors del sòl. Els lixiviats així recollits es depuren en instal·lacions específiques. La clausura d'un abocador consisteix a interrompre l'aportació de residus, el recobriment amb diverses capes de terreny seleccionat, i la implantació d'una coberta vegetal o qualsevol altre tipus d'instal·lació, com camps de joc o jardins. És important impedir la implantació d'instal·lacions les fonamentacions de les quals puguin afectar les capes inferiors (on estan els residus acumulats) o que es puguin veure afectades per la compactació progressiva del terreny o l'emissió de gasos del propi abocador.

- 3.20 Quin tipus de procés biològic és el compostatge pel que fa a l'acceptor d'electrons? Quina és la font de carboni i d'energia del procés i quin és el resultat final del procés? Quin és el procés responsable de la desinfecció aconseguida durant el compostatge? Com s'aporta l'aire a la massa de residu i com s'assegura que l'aire circula i arriba a tots els punts de la massa de residu? Quines conseqüències té un aireig inadequat del procés de compostatge?

És un procés aerobi, en el qual l'oxigen actua d'acceptor d'electrons. La font de carboni i la font d'energia és la matèria orgànica continguda en el residu. El resultat final és un material mineralitzat en gran part, amb una petita proporció de matèria orgànica. Les reaccions de mineralització són exotèrmiques, el que genera un augment de la temperatura de la massa del residu, que pot arribar a superar els 40 °C i que assegura una desinfecció efectiva del compost. L'aire s'aporta generalment mitjançant tubs perforats o reixetes col·locades en la part inferior de la massa de compost. Per a afavorir la lliure circulació de l'aire per la massa del residu, el residu es barreja amb una certa quantitat de material de suport amb la finalitat d'augmentar la porositat de la mescla. A més, la mescla de residu i material de suport ha de voltejar-se periòdicament a fi d'assegurar-se la uniformitat de les condicions ambientals de tota la massa de residu. Un aireig inadequat afavoreix el desenvolupament de condicions anaeròbies, amb la consegüent producció d'àcid sulfhídric (males olors) i de metà (amb el risc d'incendi).

- 3.21 En què consisteix el procés de compostatge de la matèria orgànica, quins són els agents actius i quines condicions ambientals es requereixen? Quin material físic s'utilitza i quin procés físic s'aplica al conjunt per a promoure el compostatge de la matèria orgànica? Quins tres tipus bàsics de reactors s'utilitzen per a compostar i quin procés final s'utilitza per a separar el compost de la resta del material? Quins components físics d'un residu deterioren la qualitat del compost i com es pot promoure la seva absència en el residu que cal compostar?

El compostatge és la mineralització aeròbia de la matèria orgànica d'un residu, mitjançant l'acció dels descomponedors (bacteris i fongs) en condicions adequades d'aireig, temperatura, humitat i temps. S'utilitza un material de suport per a augmentar la porositat del residu (promovent així la circulació de l'aire) l'aireig forçat i l'agitació (volteig) periòdica de la mescla residu-material de suport amb la finalitat d'assegurar que tot el residu arriba a les condicions adequades per a la seva mineralització (aire, temperatura, humitat). Les piles, els canals i els reactors tancats (un reactor de mescla completa); el garbellat de la mescla per a recuperar el material de suport, per una banda, i les diferents granulometries del compost, per l'altra. La presència de material no biodegradable i persistent (com el vidre, el plàstic) deterioren la qualitat del compost (rebuig per part de l'usuari final); per a això s'ha de promoure la recollida selectiva de la matèria orgànica, assegurant que la seva arribada al centre de compostatge manca d'aquests materials indesitjables.





4. PROVEÏMENT I SANEJAMENT

- 4.1 Quins tres elements integren un sistema de proveïment d'aigua i quina missió té cadascun d'aquests? Quina exigència planteja la Directiva Marc de l'aigua en relació amb els costos del proveïment d'una aigua i quin nom rep la figura impositiva utilitzada a Catalunya per a portar-ho a terme? Quin és el consum bàsic d'aigua potable per habitant i dia que estableix la normativa catalana, quins trams progressius de consum estableix i com augmenta el factor impositiu en cadascun d'aquests? Quin és l'equilibri econòmic bàsic que s'ha de complir d'acord amb la Directiva Marc i quin nou tipus de costos és necessari incorporar en aquest balanç? Com s'explica la paradoxa que com més aigua estalvia l'usuari més gran ha de ser el preu unitari de l'aigua?

La captació-regulació (obtenir i emmagatzemar l'aigua), el tractament de potabilització (adequar la seva qualitat a l'ús previst) i la distribució mitjançant la xarxa de proveïment (el subministrament al consumidor). La Directiva Marc estableix la necessitat de recuperar tots els costos relatius al cicle de l'aigua a partir de les aportacions dels usuaris/consumidors; a Catalunya s'utilitza el cànon de l'aigua. La normativa catalana estableix 100 litres/hab-dia, equivalent a 9 m^3 d'aigua trimestrals (+ 1 m^3 addicional); el cànon es duplica per als consums superiors al doble del consum bàsic, i es multiplica per 5 per als consums que superen els $18 \text{ m}^3/\text{hab-trimestre}$. Els costos del sistema de proveïment i del sistema de sanejament han de ser iguals als ingressos aportats pels usuaris; la Directiva Marc estableix la necessitat d'incorporar a més els costos ambientals. Considerant que l'aigua per se no té cost, els costos del sistema de proveïment no fluctuen quan es registren disminucions moderades del consum; això fa que en dividir el cost de l'amortització i explotació del sistema pel nombre de metres cúbics subministrats, el cost unitari augmenti a mesura que es consumeix menys aigua.

- 4.2 Quins tres elements integren un sistema de proveïment d'aigua i quina missió té cadascun d'aquests? Quina exigència planteja la Directiva Marc de l'aigua en relació amb els costos del proveïment d'una aigua i quin nom rep la figura impositiva utilitzada a Catalunya per portar-ho a terme? Quin és el consum bàsic d'aigua potable per habitant i dia que estableix la normativa catalana, quins trams progressius de consum estableix i com augmenta el factor impositiu en cadascun d'aquests? Quin és l'equilibri econòmic bàsic que s'ha de complir d'acord amb la Directiva Marc i quin nou tipus de costos és necessari incorporar en aquest balanç? Com s'explica la paradoxa que com més aigua estalvia l'usuari més gran ha de ser el preu unitari de l'aigua?

La captació-regulació (obtenir i emmagatzemar l'aigua), el tractament de potabilització (adequar la seva qualitat a l'ús previst) i la distribució mitjançant la xarxa de proveïment (el subministrament al consumidor). La Directiva Marc estableix la necessitat de recuperar tots els costos relatius al cicle de l'aigua a partir de les aportacions dels usuaris/consumidors; a Catalunya s'utilitza el cànon de l'aigua. La normativa catalana estableix 100 litres/hab-dia, equivalent a 9 m^3 d'aigua trimestrals (+ 1 m^3 addicional) amb un cànon bàsic aproximat de $0,35 \text{ €/m}^3$; el cànon es duplica per als consums superiors al doble del bàsic, i es multiplica per 5 per als consums que superen els $18 \text{ m}^3/\text{hab-trimestre}$. Els costos del sistema de proveïment i del sistema de sanejament han de ser iguals als ingressos aportats pels usuaris; la Directiva Marc estableix la necessitat d'incorporar a més els costos ambientals. Considerant que l'aigua per se no té cost, els costos del sistema de proveïment no fluctuen davant moderades disminucions del



consum; això fa que al dividir el cost d'amortització i explotació del sistema pel nombre de metres cúbics subministrats, el cost unitari augmenti a mesura que es consumeix menys aigua.

- 4.3 Quins dos requisits operatius bàsics ha de satisfer una xarxa de proveïment d'aigua? Quines dues formes físiques adopten les xarxes de distribució i quines dues raons aconsellen l'adopció d'una forma concreta? Quins dos criteris s'utilitzen per a seleccionar el tipus i diàmetre dels conductes utilitzats en una xarxa de distribució? Com s'organitza una xarxa de distribució en una zona amb grans diferències topogràfiques? Cita tres avantatges de disposar d'un model informàtic de la xarxa de distribució.

Proporcionar els cabals mínims de projecte i mantenir la pressió mínima recomanada. Les xarxes poden ser ramificades o mallades; les xarxes mallades permeten subministrar aigua a un usuari des de dos orígens diferents, assegurant la fiabilitat del servei i evitant l'existència de zones d'aigua estancades en les conduccions. Els criteris són adoptar grandàries que assegurin unes velocitat pròximes a 1 m/s (amb la finalitat de mantenir unes pèrdues de càrrega raonables en els conductes) i adoptar tipus i grandàries de canonada similars als disponibles en altres zones de la xarxa (amb la finalitat de normalitzar els tubs i les vàlvules en el magatzem de peces de recanvi). Es distribueix en zones o estrats horitzontals, amb la finalitat de mantenir unes diferències de pressió raonables entre els punts més baixos i els més alts de cada estrat. Un model informàtic de la xarxa permet un control instantani dels cabals circulants, de manera que es poden detectar possibles fugides o consums inusuals, permet una planificació de la substitució o manteniment dels elements de la xarxa (peces o vàlvules) i facilita la informació als usuaris davant una possible interrupció temporal del servei de proveïment, així com un subministrament alternatiu en cas de necessitat.

- 4.4 En què consisteix el procés de coagulació de la MES d'una aigua? En què consisteix el procés de floculació de la MES d'una aigua? Quin paper juguen els polielectròlits i en quin punt del procés s'afegeixen a l'aigua? Com pot arribar a produir-se la inversió de la càrrega elèctrica de la MES? Quin tipus de reactor arriba al major rendiment de floculació i com s'explica aquest resultat?

Coagular és un procés destinat a neutralitzar, desestabilitzar, reduir la càrrega elèctrica superficial de les partícules, de manera que les forces de repulsió entre aquestes siguin el menys intenses possibles. La coagulació s'aconsegueix afegint a l'aigua una substància denominada coagulant que s'adhereix a la superfície de les partícules, neutralitzant la seva càrrega superficial. Flocular és un procés destinat a promoure la unió permanent de partícules primàries, de manera que formin una unitat de major grandària i major densitat. La floculació s'aconsegueix agitant les partícules prèviament coagulades perquè adquireixin energia cinètica, xoquin entre sí, venent les possibles forces elèctriques de repulsió, i quedin retingudes per acció de les forces d'atracció de les masses. El polielectròlit és una substància destinada a promoure la unió de floculs entre sí, de manera que les noves associacions de partícules tinguin major grandària, major densitat, i major resistència a l'abrasió que pot causar la turbulència de l'aigua. S'afegeixen en les últimes etapes de la floculació. L'addició d'un excés de coagulant fa que la seva aportació de càrrega (generalment positiva) sobrepassi la càrrega superficial negativa de la partícula, fent que aquesta adquireixi una nova càrrega superficial (positiva en aquestes condicions) deguda a l'excés de coagulant adherit. El reactor de flux en pistó arriba a sempre un major rendiment quan la velocitat de reacció del procés en qüestió és de primer ordre, com succeeix amb la velocitat de reacció de la floculació de partícules primàries. El balanç màssic d'un reactor de flux en



pistó resulta en una expressió exponencial, mentre que el balanç màssic d'un reactor de mescla completa resulta en una expressió additiva.

- 4.5 Com es defineix la coagulació de la MES d'una aigua i com es realitza en la pràctica? Com es defineix la floculació de la MES d'una aigua i com es realitza en la pràctica? Quin és el model cinètic normalment utilitzat per a estudiar la floculació de la MES d'una aigua i quines unitats té cadascun dels seus factors? Quin efecte real té un augment progressiu de la intensitat d'agitació en el rendiment de la floculació i quina interpretació es pot fer d'això en relació amb aquest model cinètic? Quin objectiu té l'addició d'un polielectròlit i en quin moment del procés s'afegeix a l'aigua?

La coagulació és la desestabilització/neutralització de la càrrega elèctrica superficial de les partícules en suspensió en una aigua; es realitza afegint un coagulant, que en adherir-se a la superfície de les partícules els aporta la seva càrrega elèctrica, generalment positiva. Flocular és aportar energia cinètica a l'aigua perquè les partícules que conté xoquin entre sí i puguin quedar agrupades en forma de flòculs; aquest fenomen de retenció és més efectiu quan la repulsió elèctrica de les partícules és més petita, és a dir, quan es troben millor coagulades; la floculació se sol realitzar agitant l'aigua mitjançant unes aspes, amb suavitat, per a afavorir els xocs i evitar el trencament dels flòculs, una vegada formats. El model cinètic és $dN/dt = -k G N$, on N és la concentració de partícules primàries (en mg/l, o en terbolesa), k és una constant que depèn de la temperatura, el coagulant i el tipus de partícules, i G és una mesura de l'aportació d'energia per unitat de volum, mesurat en s^{-1} o, de forma aproximada, en rpm. A mesura que la intensitat d'agitació augmenta (valors més grans de G) la floculació millora, fins que arriba un moment que la intensitat provoca un major nombre de separacions/trencaments de flòculs que de formació dels mateixos. A partir d'un valor suficientment alt de la intensitat de mescla la floculació és totalment ineficaç. Això significa que el model proposat només és aplicable a baixos valors de G ; per a valors de G elevats, el model ha d'introduir un factor addicional que reflecteixi la separació de flòculs (re-generació de partícules primàries) causada per la intensa agitació. El polielectròlit és una molècula, generalment orgànica, que té com objectiu unir flòculs entre sí; per això s'afegeix una vegada que els flòculs s'han format, en l'últim dels floculadors utilitzats en el procés.

- 4.6 Quin objectiu té l'assaig jar test o de floculació? Quines variables de l'assaig i quins valors d'aquestes variables s'adopten per a simular el procés de mescla inicial, el procés de floculació i el procés de decantació? Quina evolució segueix la terbolesa residual de l'aigua en funció de la dosi de coagulant i com s'explica aquest resultat? Com s'anomenen les possibles zones de floculació resultants?

Determinar experimentalment la dosi òptima del coagulant necessari per a flocular una aigua. Les variables són el temps d'agitació i la intensitat d'agitació emprades durant cadascuna de les etapes: 1) la coagulació, fins a un minut, amb velocitats d'agitació màxima, 2) la floculació, durant 10-20 minuts, i velocitats de gir entre 40-60 rpm, i 3) la decantació, amb repòs total i una durada mínima d'uns 30 minuts. La terbolesa disminueix a mesura que s'utilitzen dosis creixents de coagulant, fins a arribar a un valor mínim (dosi òptima) sobrepassat el qual, la terbolesa residual comença a augmentar per efecte de la inversió de la càrrega superficial de les partícules (l'excés de coagulant s'adhereix sobre les partícules, fent que ara es repelleixin per excés de càrrega positiva); fins que s'arriba a una dosi suficientment alta de coagulant, que provoca la formació d'un precipitat d'hidroxid de l'ió metàl·lic utilitzat com coagulant; aquest precipitat arrossega totes les partícules cap al fons (floculació per escombrat).



Les zones són: 1) dosi insuficient, 2) dosi òptima, 3) dosi excessiva, amb inversió de càrrega i 4) floculació per escombrat, amb dosis excessives.

- 4.7 Quines dues alternatives bàsiques es poden aplicar per a la separació dels floculs formats en una aigua? Quins additius es poden afegir a l'aigua per a potenciar cadascun d'aquests dos processos? Com s'explica la millora aconseguida per la instal·lació de lamelles en un decantador? Quina inclinació i separació acostumen a tenir a la pràctica? Quina característica de la MES pertorba el procés d'autoneteja que les caracteritza?

El principi bàsic és modificar la seva densitat: 1) augmentant-la per a afavorir que decantin, i 2) disminuint-la, per a afavorir que ascendeixin per flotació. Llastrant-la amb una substància de major densitat que l'aigua, com micro-grans de sorra silícia (120-130 μm), o bé afegint-li una micro-bombolla d'aire. La instal·lació de lamelles, paral·leles i molt pròximes entre sí, fa que augmenti la superfície de decantació i, per tant, disminueixi la càrrega hidràulica superficial, fent que el decantador tingui una major eficàcia de retenció de partícules. La trajectòria de les partícules (inclinada i ascendent) fa que aquestes xoquin ràpidament amb les superfícies de les lamelles afavorint la seva retenció. La inclinació sol ser de 60° , la seva separació és d'uns 10 cm i l'altura de 1-2 metres. La presència de matèria orgànica en les partícules retingudes fa que es desenvolupi una biopel·lícula sobre les lamelles, que engloba les partícules retingudes i dificulta que aquestes llisquin per efecte del seu pes, dificultant el procés d'autoneteja; aquesta complicació és característica de les lamelles que retenen matèria en suspensió inorgànica.

- 4.8 Com es defineix la càrrega hidràulica superficial d'un decantador i en quines unitats s'expressa? Quins efectes té sobre la distribució de velocitats de decantació dels floculs continguts en l'aigua? Com s'explica la millora obtinguda amb la instal·lació d'una placa a mitjana altura del decantador? Quina forma, inclinació, separació relativa, profunditat i mètode de neteja tenen les lamelles que s'instal·len en els decantadors?

El cabal que rep el decantador per unitat de superfície i unitat de temps. Té unitats de $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-dia}$. Totes les partícules la velocitat de les quals de decantació sigui igual o superior a la càrrega hidràulica superficial (v_0) quedaran retingudes al 100% en el decantador. Les partícules amb velocitats de decantació inferiors a v_0 quedaran retingudes en proporció al quocient v/v_0 . La instal·lació d'una placa horitzontal a la part mitja d'un decantador resulta en un augment de l'àrea superficial sobre la qual discorre l'aigua, fent que disminueixi el quocient Q/S , i, per tant, el corresponent valor de v_0 , de manera que els rendiments d'eliminació de partícules són més grans. Les lamelles són plaques fines, col·locades amb una inclinació de 60° , separades uns 10-15 cm, amb una profunditat de 1-2 metres, que permeten disminuir considerablement la càrrega hidràulica del decantador i, per tant, el seu rendiment d'eliminació. La seva inclinació permet que s'autonetegin, quan el pes de les partícules retingudes supera l'adherència de les mateixes sobre la superfície del material de la lamella.

- 4.9 Com es defineix la càrrega hidràulica superficial d'un decantador i en quines unitats s'expressa? Quins grups de floculs determinen quan es dibuixa sobre la distribució de freqüències de la velocitat de decantació? Com es pot estimar gràficament el rendiment d'eliminació a partir d'aquesta distribució de freqüències? Com s'explica la millora del rendiment d'eliminació obtinguda amb la instal·lació d'una placa a mitjana altura del decantador? Quin avantatge i quina exigència relatives tenen els decantadors circulars davant dels rectangulars?



El cabal d'aigua que circula pel decantador dividit per la superfície horitzontal sobre la qual circula. Té unitats de $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-dia}$ i també de velocitat de decantació, mm/s . La introducció del valor de la càrrega hidràulica sobre la gràfica de la distribució acumulada de freqüències genera dos grups de floculs: 1) aquells que tenen velocitats de decantació superiors, que queden completament retinguts en el decantador, i 2) aquells que tenen velocitats inferiors, que queden parcialment retinguts en el decantador. La retenció percentual es pot estimar mitjançant el quocient entre l'àrea que queda per sobre de la distribució de freqüències acumulades i a l'esquerra de la càrrega hidràulica superficial, i la pròpia càrrega hidràulica superficial. La incorporació d'una placa horitzontal fa augmentar la superfície sobre la qual circula l'aigua, disminuint la càrrega hidràulica superficial i augmentant el rendiment d'eliminació. Els decantadors circulars tenen un sistema de neteja i arrossegament dels materials decantats que és senzill d'instalar i d'explotar, tot i això, requereixen més superfície de terreny per a la seva implantació, en tant que no permeten aprofitar tot el terreny disponible. Els decantadors rectangulars tenen l'avantatge que permeten un aprofitament total de la superfície de terreny disponible, però el sistema de neteja i arrossegament dels sediments és complex i difícil d'explotar.

- 4.10 Quin és el mecanisme responsable de la filtració en un filtre lent de sorra? Quin és el mecanisme responsable de la filtració en un filtre ràpid de sorra? Com es realitza la neteja de cadascun d'aquests filtres? Quines són les càrregues hidràuliques superficials de cadascun d'aquests? Quin avantatge funcional ofereixen els filtres a pressió?

La biopel·lícula que es forma sobre la capa superficial de grans de sorra, propiciada per la presència en l'aigua tant de microorganismes com de matèria en suspensió que queda retinguda en la superfície del filtre per efecte del garbellat. El xoc i l'adherència dels floculs continguts en l'aigua sobre els grans de sorra, a mesura que l'aigua percola per les seves interstícies. Els filtres lents es netegen interrompent la filtració i deixant assecar la biopel·lícula, de manera que es pugui retirar mecànicament per arrossegament superficial. Els filtres ràpids es netegen injectant aire i aigua a contra corrent: l'aire agita els grans de sorra, que es freguen entre ells i es desprenen de la MES retinguda, de manera que l'aigua arrossega aquesta MES cap a l'exterior del filtre. Les càrregues hidràuliques són $5\text{-}10 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-dia}$ per als filtres lents, i de $240\text{-}360 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-dia}$ per als filtres ràpids. Els filtres a pressió és permeten mantenir l'energia potencial de l'aigua afluent, consumint només l'energia necessària per a vèncer el fregament del pas de l'aigua a través del filtre.

- 4.11 Quina diferència existeix entre desinfectar i esterilitzar? Quins són els tres agents més freqüentment utilitzats per a desinfectar una aigua? Com es defineix el clor lliure i el clor combinat continguts en una aigua? Com es defineix conceptual i numèricament el punt de ruptura del procés de cloració d'una aigua? Quins són els compostos desinfectants presents en les zones inferior i superior al punt de ruptura?

Desinfectar és inactivar els microorganismes patògens (causants de malaltia) que pugui contenir una aigua o un producte. Esterilitzar és inactivar tot tipus de microorganismes i de vida que puguin estar presents en una aigua o un producte determinat. Els compostos que contenen clor, l'ozó i la llum ultraviolada. El clor lliure l'integren l'àcid hipoclorós i l'ió hipoclorit, mentre que el clor combinat l'integren les cloramines, obtingudes per reacció del clor lliure amb amoníac (cloramines inorgàniques: monocloramina, dicloramina i triclorur de nitrogen) o de substàncies aminades (cloramines orgàniques). El punt de ruptura és la dosi de clor reduïda químicament



referida a la dosi d'amoniac oxidat químicament, de manera que ambdós compostos desapareixen al terme de la reacció: el valor aproximat és de 8-10 mg de clor actiu per cada mg d'amoniac com nitrogen. Els compostos desinfectants presents quan s'utilitzen dosis de clor inferiors al punt de ruptura són les cloramines inorgàniques, principalment monocloramina i en menor grau dicloramina, mentre que amb dosi de clor superiors al punt de ruptura, el compost predominant és el clor lliure i petites concentracions de triclorur de nitrogen.

- 4.12 Quina expressió cinètica s'utilitza normalment per a modelar la desinfecció d'una aigua? Quina hipòtesi simplificadora s'adopta per a la seva aplicació i quines condicions ambientals són responsables del seu incompliment? Quina configuració de reactor químic permet arribar al màxim rendiment? Com es dedueix aquesta conclusió? Quina forma constructiva adopten usualment els reactors utilitzats per a la desinfecció de l'aigua?

L'expressió és $dN/dt = -k C N$, on N és la concentració de microorganismes, C és la concentració de desinfectant (suposada constant) i k és la constant de desinfecció (que depèn del tipus de microorganismes, el desinfectant i la temperatura). La hipòtesi usual és que la concentració de desinfectant es manté constant, quan en realitat sol disminuir amb el pas del temps a causa de la destrucció del desinfectant, generalment sota l'efecte de la llum i la temperatura. El reactor de flux en pistó és el que major rendiment/eficiència té amb una expressió de la velocitat de reacció com aquesta (de primer grau en N). Es dedueix de realitzar el balanç màssic en un reactor de flux discontinu, on l'expressió es redueix a la integral d'una exponencial. La forma d'un conducte, bé en forma de canonada tancada o bé en forma d'un canal encaixat en forma de zig-zag dins d'un recinte de base rectangular (conegut generalment amb el nom de laberint de desinfecció).

- 4.13 En què consisteix el punt de ruptura de la desinfecció amb compostos clorats? Quin és l'altre compost químic responsable d'aquesta reacció química tan específica? Quina relació aproximada verifiquen el clor actiu afegit i el compost present en l'aigua, quan s'arriba al punt de ruptura? Com s'anomenen els compostos produïts amb dosis relatives inferiors a la del punt de ruptura? Quina valència química té el clor en aquests compostos? Quins dos avantatges essencials té aquesta forma de desinfecció pel que fa a la generació de subproductes?

És la dosi de clor lliure afegit (mesurat com clor actiu) que permet la total oxidació de l'amoniac contingut en l'aigua, de manera que tot el clor s'inverteix en oxidar tot l'amoniac present, sense que quedi clor lliure residual ni amoniac residual. L'amoniac, per la seva gran afinitat química per a reaccionar amb el clor lliure. La relació més usual és pròxima a 8,5-9,5 mg de clor actiu per cada mg de nitrogen amoniacal. Una dosi de clor lliure inferior a la corresponent al punt de ruptura d'una aigua resulta en la producció de cloramines inorgàniques (monocloramina i dicloramina principalment); la valència química d'aquests compostos és +1, igual a la del clor lliure. La cloraminació té l'avantatge de generar una menor quantitat de derivats organo-halogenats (DBP) (el clor combinat és menys reactiu que el clor lliure) i tenir una major persistència en l'aigua (el clor combinat té més estabilitat que el clor lliure).

- 4.14 Quines espècies químiques integren el clor lliure residual i el clor combinat residual? Quines unitats s'utilitzen per a valorar el contingut de clor d'una molècula i quina reacció de referència s'utilitza per a valorar-lo? Què és el punt de ruptura del procés de cloració d'una aigua? Quines dues formes de clor



residual predominen per sota i per sobre d'aquest punt? Com s'anomena el procés de cloració en cadascuna d'aquestes condicions?

El clor lliure residual l'integren l'àcid hipoclorós i l'ió hipoclorit. El clor combinat residual l'integren les cloramines inorgàniques (monocloramina, dicloramina i triclorur de nitrogen) així com les cloramines orgàniques que es puguin formar. S'utilitza el clor actiu, mesurat com la capacitat per a oxidar, en condicions àcides, el iodur contingut en una dissolució i convertir-lo en iode molecular. La reacció de la molècula de clor gas amb l'ió iodur s'estableix com a reacció de referència, assignant a la molècula de clor un contingut del 100% de clor actiu. El punt de ruptura és la dosi de clor que permet oxidar tot l'amoniac present en una aigua, de manera que al cap d'unes hores tot el clor afegit ha estat consumit en l'oxidació de tot l'amoniac present. Dosis de clor inferiors a la dosi del punt de ruptura fan que les espècies clorades presents siguin les cloramines inorgàniques, principalment monocloramina i dicloramina. Dosis superiors al punt de ruptura permeten mantenir en l'aigua una concentració residual de clor lliure i petites concentracions de triclorur de nitrogen. La primera s'anomena cloraminar i, la segona, clorar amb clor lliure.

- 4.15 Quines dues formes físiques del clor s'utilitzen per a la desinfecció de l'aigua? Quines reaccions tenen lloc quan es dissol cadascuna d'aquestes formes de clor en una aigua? Quins efectes tenen els productes generats sobre l'alcalinitat i el pH de l'aigua desinfectada amb cadascuna d'aquestes formes? Quina és la sèrie de reaccions responsables de la generació accidental de clor gasós en una instal·lació de desinfecció d'aigua, com per exemple, una piscina? Quina és l'expressió de la llei de Chick-Watson per a la desinfecció d'una aigua amb clor, indicant clarament el significat dels seus elements?

Clor gas líquat i clor líquid en forma de lleixiu (hipoclorit sòdic/càlcic). La dissolució de clor gas en aigua genera àcid hipoclorós (que es dissocia, al seu torn, en ió hipoclorit i ió hidroni) i àcid clorhídric (que es dissocia completament) generant concentracions addicionals de l'ió hidroni. La introducció d'hipoclorit sòdic en una aigua genera àcid hipoclorós (que es dissocia en ió hipoclorit i ió hidroni) i hidròxid sòdic (que es dissocia en la seva totalitat, generant sodi i ió hidroxil). L'ió hidroni generat en el primer cas neutralitza part de l'alcalinitat de l'aigua i fa que el pH de l'aigua tendeixi a baixar, i de manera més pronunciada quan l'alcalinitat és més baixa: l'ió hidroxil generat en el segon cas incrementa l'alcalinitat de l'aigua i fa que el seu pH tendeixi a augmentar (i de manera més significativa amb una alcalinitat més baixa). L'addició accidental d'àcid (generalment clorhídric, utilitzat per a control del pH de l'aigua en una dissolució de lleixiu (utilitzada per a desinfectar l'aigua de la piscina) fa que l'ió hipoclorit es transformi en àcid hipoclorós, que alhora es transforma en clor gas dissolt en l'aigua, i, finalment, en clor gas que es desprèn de l'aigua; una vegada a l'atmosfera pot ser dispersat pels sistemes de ventilació o d'aire condicionat, de manera que pot afectar greument a totes les persones situades en el recinte esportiu. La llei de Chick-Watson és $dN/dt = -k C N$, on N és la concentració de microorganismes en contacte amb una concentració de desinfectant C , i on k és una constant que depèn de la temperatura, del tipus de microorganisme i del tipus de desinfectant. L'aplicació d'aquesta llei a diferents tipus de reactors resulta en diferents expressions cinètiques.

- 4.16 Quin és el mecanisme responsable de la desinfecció amb llum ultraviolada? Quina és la longitud d'ona òptima per a aquest procés? Quina característica òptica de l'aigua determina l'eficiència d'aquest procés de desinfecció? En quin interval oscil·la el rendiment energètic (energia efectiva per a la desinfecció) dels llums de llum UV? Com s'anomena el procés de reparació que experimenten els



microorganismes després de la seva exposició a la llum UV i quin factor natural ho promou?

L'alteració de les molècules de ADN de les cèl·lules, mitjançant la modificació dels enllaços químics entre les dues hèlixs de l'ADN, el que dificulta o impedeix la duplicació (còpia) de l'ADN i, per tant, la producció de les proteïnes necessàries per a la vida de la cèl·lula. La llum UV amb longitud d'ona de 254 nm és la que més absorció registra per part de les molècules d'ADN. La transmitància de l'aigua, és a dir, la seva capacitat per a permetre el pas de la llum UV sense ser absorbida per les substàncies que aquesta pugui contenir, ja que això permet que una major proporció de la llum UV incident estigui disponible per a actuar sobre els microorganismes que es vol inactivar. Entre el 5 i el 30% de la intensitat incident. La foto-reactivació, és a dir, la reparació (propiciada per la pròpia llum blanca) de les alteracions causades per la llum UV en l'ADN de les cèl·lules. La foto-reactivació és promoguda per la llum natural visible.

- 4.17 Quin avantatge té la desinfecció amb llum ultraviolada respecte a la desinfecció amb clor? Quina limitació pràctica té la desinfecció amb llum UV d'una aigua de proveïment? Quines conseqüències té la presència de matèria orgànica dissolta sobre l'eficàcia de la desinfecció amb llum UV? Quin paràmetre de qualitat de l'aigua s'utilitza per a valorar els possibles efectes d'aquesta presència? Quina estratègia se sol adoptar per a beneficiar-se dels aspectes positius d'aquests dos desinfectants?

La llum UV genera una concentració insignificant o indetectable de subproductes de la desinfecció, mentre que el clor produeix en determinades condicions concentracions superiors a les desitjables. La limitació més important és que la llum UV no ofereix un efecte protector permanent, més enllà de l'instant que l'aigua es troba davant dels llums de llum UV. La matèria orgànica dissolta absorbeix llum UV i, per tant, disminueix la quantitat de llum UV disponible per a la desinfecció de l'aigua. La transmitància de l'aigua a 254 nm (mesurada en %) s'utilitza per a valorar la presència de matèria orgànica en l'aigua i el seu possible efecte negatiu sobre l'eficàcia de la desinfecció amb llum UV. Com més gran és la concentració de matèria orgànica dissolta, menor és el valor de la transmitància; en general, es recomana mantenir un valor mínim de la transmitància del 60%. Una forma de beneficiar-se dels aspectes positius de tots dos desinfectants és realitzar una desinfecció inicial amb llum UV a la planta de potabilització i després afegir a l'aigua (abans que abandoni la planta potabilitzadora) una petita dosi de clor que aporti la protecció necessària durant la circulació de l'aigua entre la planta de potabilització i els punts d'ús.

- 4.18 Quins dos problemes principals planteja la presència de matèria orgànica en una aigua de proveïment? Quin objectiu principal té la utilització d'ozó i de carbó activat per tal de resoldre aquestes qüestions? En quin ordre s'apliquen en la pràctica? En què consisteix el procés d'activació d'un carbó i quines dues formes pràctiques s'utilitzen per a això? En quines condicions físiques i amb quina matèria primera es realitza la generació d'ozó? Com s'explica l'augment de matèria biodegradable que sol experimentar una aigua tractada amb ozó?

Els seus possibles efectes desfavorables sobre la salut pública (per compostos presents o generats durant els processos de potabilització) i el possible creixement de biopel·lícula a l'interior de les conduccions, amb el que això pot representar de deterioració de la qualitat microbiològica i organolèptica de l'aigua que circula pels propis conductes. La biopel·lícula protegeix als microorganismes davant dels desinfectants; la matèria orgànica absorbeix llum UV i, per tant, interfereix



desfavorablement amb aquesta tècnica de desinfecció. L'ozó té com a objectiu oxidar (parcialment o total) la matèria orgànica, mentre que el carbó activat té com a objectiu retenir les molècules orgàniques per adsorció sobre la seva superfície; primer s'aplica l'ozó (destrueix o modifica els compostos) i després el carbó activat (reté les molècules restants). Activar és augmentar la superfície específica activa del carbó; es realitza mitjançant escalfament a altes temperatures (700 °C) o mitjançant atac amb àcids inorgànics (fosfòric). L'ozó es genera mitjançant descàrregues elèctriques, entre elèctrodes sotmesos a elevades diferències de potencial (milers de volts), en una atmosfera d'aire sec (o fins i tot oxigen pur): certes molècules d'oxigen es transformen en ozó, un gas inestable i molt més oxidant. L'intens caràcter oxidant de l'ozó fa que certes molècules no biodegradables, que es poden trobar a l'aigua, es transformin parcialment en unes altres de menor grandària que poden tenir caràcter biodegradable.

- 4.19 Quin tres elements bàsics integren un sistema de sanejament? Quina Directiva de la UE regeix la depuració de les aigües residuals urbanes? En què consisteix essencialment el procés de depuració de la MD i la MES d'una aigua residual? Quins requisits bàsics defineixen un nivell de tractament primari? Quins dispositius tècnics, convencional i alternatiu, s'utilitzen per a realitzar el tractament primari?

El sistema de clavegueram, el procés de depuració de les aigües residuals i el sistema d'abocament de les aigües depurades al medi receptor. La Directiva 91/271 relativa a la depuració de les aigües residuals. Consisteix essencialment en extreure-les de l'aigua, generalment mitjançant una transformació prèvia en formes físiques de major grandària i densitat (per mitjans físico-químics o biològics) que facilitin aquesta separació. Un tractament primari ha de permetre una reducció del 60% de la MES i un 30% de la DBO5 contingudes en l'aigua afluent del procés. El dispositiu convencional és un decantador (procés mecànic basat en la gravetat) encara que cada vegada s'utilitzen més els garbells (autonetejables), que aconseguen un gran estalvi d'espai i un funcionament més uniforme i estable.

- 4.20 Quin tres elements bàsics integren un sistema de sanejament? Qui té la responsabilitat exclusiva sobre el primer d'aquests i quin nom reben les normes per a la seva explotació? Quina directiva comunitària és aplicable al segon d'aquests elements i quina missió principal té aquest element? De quines opcions es disposa generalment per a realitzar el tercer dels elements del sistema? Com se sufraga el cost de tot aquest sistema de sanejament a Catalunya? Com s'anomena la institució encarregada de la gestió integrada de l'aigua a Catalunya?

La xarxa de clavegueram, el sistema de depuració de l'aigua i el sistema d'abocament de l'aigua depurada. La xarxa de clavegueram és responsabilitat de l'Ajuntament (municipal) i les normes s'anomenen ordenances d'abocament a la xarxa de clavegueram. La Directiva aplicable a la depuració de les aigües residuals és la 91/271; la missió principal del sistema de depuració és assegurar que la qualitat de l'aigua depurada té el nivell adequat per a protegir/promoure la qualitat ambiental del medi receptor. Es pot abocar a l'aigua depurada a un medi receptor (riu, mar, o alguna altra massa d'aigua superficial o subterrània) o es pot reutilitzar l'aigua. Mitjançant tributs que s'apliquen a l'aigua utilitzada pels consumidors, amb la finalitat de recuperar els costos que comporta el potabilitzar i abastir l'aigua de consum públic i de recollir, depurar i abocar l'aigua depurada. L'Agència Catalana de l'Aigua.



- 4.21 Quins tres elements integren un sistema de sanejament d'aigua i quina missió té cadascun d'aquests? En què consisteix la capacitat d'autodepuració d'una massa d'aigua o de sòl? Quines condicions poden fer que se superi la capacitat d'autodepuració d'un medi natural, quines conseqüències pràctiques té i com es designa aquesta condició ambiental? Quins dos objectius bàsics té la depuració d'una aigua residual? Quins dos factors físics són necessaris per a poder portar a terme la depuració d'una aigua i com s'anomenen els tipus de processos de depuració en funció de la predominança d'un o altre d'aquests factors?

El sistema de clavegueram (recollida de les aigües residuals), l'estació depuradora d'aigües residuals (adequació de les seves qualitat a les normes exigides) i el sistema d'abocament o tornada al medi natural (emissari marí, abocament en costa, en el sòl o altres). Els medis naturals (sòl o aigua) contenen un cert nombre de descomponedors per a realitzar la mineralització de la matèria orgànica que reben, sense manifestar alteracions aparents del seu equilibri natural: a això se li denomina capacitat d'autodepuració natural del medi. Una aportació de matèria orgànica superior a la qual el mitjà pot mineralitzar de forma natural té com a conseqüència l'alteració del metabolisme (passa d'aerobi a anaerobi) i l'acumulació de l'excedent de matèria orgànica, generant una condició que se sol denominar contaminació. La depuració té com a objectius: mineralitzar la matèria orgànica de l'aigua, i extreure/separar les substàncies indesitjables que s'han aportat a l'aigua durant el seu ús. Per a això és necessari disposar d'espai (temps per a la mineralització) i d'energia (per a aportar oxigen i impulsar els processos mecànics de separació). Els processos que disposen de molt temps i poca energia: sistemes naturals o tecnologies toves; els processos que utilitzen poc temps i molta energia: sistemes convencionals o tecnologies dures.

- 4.22 Quins són els dos elements bàsics d'un sistema de sanejament autònom i quins objectius essencials té cadascun d'aquests elements? Quins dos paràmetres i quins valors d'aquests s'utilitzen per al dimensionament del primer element? Quin objectiu té la instal·lació d'un deflector interior i d'un sortida en forma de T? Quin és el factor determinant del funcionament del segon elements i a quin valor acostuma a arribar a en la pràctica? Quins dispositius s'utilitzen per a detectar el seu correcte funcionament i per a oferir una alternativa que asseguri la continuïtat del sistema i la recuperació de la seva capacitat de tractament?

La fossa sèptica i la rasa/dispositiu d'infiltració. La fossa és un decantador de la MES i un digestor anaerobi de la mateixa, mentre que la rasa és un filtre percolador que permet mineralitzar la matèria dissolta i assegurar l'abocament posterior de l'efluent en el medi receptor (el sòl). La fossa es dimensiona amb un temps mínim d'estada de l'aigua de l'ordre de 2 dies, i un temps màxim de neteja dels fangs, que pot oscil·lar entre 4 i 10 anys, aproximadament. El deflector interior té la finalitat de mitigar la turbulència produïda per l'entrada de l'aigua en la fossa; la sortida en forma de T té per objecte assegurar que els materials flotants no són arrossegats per l'efluent de la fossa, i queden retinguts en la mateixa. El factor determinant és la velocitat de filtració del sòl de la rasa, especialment quan s'estableix una pel·lícula biològica que limita la velocitat de filtració, independentment del tipus de sòl que s'installi a la rasa. La velocitat de filtració, una vegada establerta la pel·lícula biològica, oscil·la entre 5-10 cm/dia. Les arquetes de distribució permeten dirigir l'efluent de la fossa cap a les rases d'infiltració, mentre que les arquetes d'observació permeten valorar la capacitat de filtració de les rases a cada moment. Les rases d'infiltració alternatives (de recanvi) permeten que el sistema d'infiltració funcioni en continu, alhora que faciliten la recuperació de la capacitat filtrant d'una de les rases, mantenint-la en repòs (en sec) durant diversos anys perquè la pel·lícula biològica s'assequi, es mineralitzi i desaparegui en gran part.



- 4.23 Quins tipus d'efluents líquids integren les aigües residuals urbanes? Quins dos tipus de xarxa de clavegueram podem trobar en una zona urbana i quin tipus d'aigua condueix cadascuna d'aquestes? Quin règim hidràulic caracteritza les xarxes de sanejament urbà, tot contrastant amb les xarxes de proveïment d'aigua, i quines conseqüències pràctiques té el fet de sobrepassar la seva capacitat hidràulica? Quins tres factors principals diferencien les aigües residuals d'origens tan diferents com l'urbà i l'industrial? Com es designen els sistemes de depuració en funció de l'abast geogràfic o del nombre d'habitants servits?

Les aigües residuals urbanes estan generalment integrades per aigües residuals (domèstiques i comercials) i les aigües d'escolament (aigües de pluja). Les xarxes unitàries, que condueixen conjuntament les aigües residuals i les aigües d'escolament, i les xarxes separatives, en les quals un conducte duu exclusivament aigües residuals i altre conducte duu aigües d'escolament. Les xarxes de clavegueram tenen un règim hidràulic en làmina lliure (en contacte amb l'atmosfera, i, per tant, la pressió és l'atmosfèrica); si se sobrepassa la seva capacitat hidràulica, l'aigua tindrà tendència a sortir per les comunicacions de l'embornal amb l'exterior, com són els embornals o les tapes de registre que es troben enmig dels carrers. La qualitat (tipus de substàncies i concentracions), els cabals i la variabilitat en el temps de la qualitat i dels cabals. Els sistemes centralitzats, que recullen les aigües d'un gran nombre d'habitants o una extensa zona urbana, i els sistemes descentralitzats, que només tracten l'aigua d'uns pocs o d'una part dels habitants d'una zona (des d'una família fins a un barri o districte).

- 4.24 Quins processos integren el pretractament d'una aigua residual? Quins efectes ambientals provoca i quines precaucions se solen adoptar per a mitigar-los? Quins dos mètodes es poden utilitzar per a mesurar el cabal d'aigua afluent a l'EDAR? En què consisteix un tractament primari i quin rendiment té? Quin és el temps d'estada hidràulica característic d'un tractament primari?

El pretractament inclou 1) la impulsió de l'aigua des de l'embornal, 2) l'eliminació de materials gruixuts mitjançant reixes i l'eliminació de sorra i de greixos amb un desarenador airejat i un desengreixador i 3) la mesura del cabal mitjançant un cabalímetre. És un punt de generació d'olors i de proliferació d'insectes, fet que s'acostuma a evitar confinant les instal·lacions dins d'un recinte amb ventilació forçada, dotat de sistemes de neteja i purificació dels gasos extrets. La mesura del cabal es pot fer mitjançant modificacions de la secció hidràulica (efecte Venturi) o mitjançant mesures indirectes de tipus electromagnètic (secció de mesura intercalada en el conducte, generalment en un tub tancat). Un tractament primari és un procés capaç de retenir aproximadament un 60% de la MES afluent i un 30% de la DBO_5 afluent. La forma més convencional és utilitzar un decantador primari, encara que també poden utilitzar-se microgarbells i altres mitjans de separació mecànica, que tenen rendiments similars i permeten una economia d'espai. Els avantatges es tradueixen en més compacitat (estalvi d'espai), control d'olors i més eficàcia. El temps d'estada hidràulica d'un decantador primari sol ser d'unes 2 hores.

- 4.25 Quins tres processos bàsics integren la fase de pretractament d'una aigua residual? Quins objectius últims té cadascun d'aquests? Quins criteris operatius s'utilitzen per a valorar el rendiment d'un procés primari de depuració? Quines limitacions numèriques estableix la Directiva 91/271 per a valorar un procés secundari de depuració? Quins tractaments terciaris s'espera que s'installin en un futur immediat a Catalunya i amb quins objectius?



El pretractament inclou el desbast mitjançant reixes de diferents grandàries de pas, el desarenament, i el desgreixat; a més de la mesura del cabal d'aigua afluent. Extreure la matèria particulada (superior a uns mm), extreure la sorra arrossegada per l'aigua, extreure el greix contingut en l'aigua, i mesurar el cabal d'aigua tractada (paràmetre bàsic de la gestió econòmica del procés). Un procés secundari és aquell capaç de produir un efluent amb menys de 25 mg DBO₅/L i menys de 35 mg MES/L. Els processos de tractament destinats a reduir parcialment o total el contingut de nutrients: nitrogen i fòsfor.

- 4.26 Quins objectius de qualitat té un tractament secundari segons la Directiva europea aplicable? Quines alternatives de tractament secundari existeixen pel que fa al tipus de flux del procés i pel que fa a l'estat del cultiu biològic? Quins elements bàsics integren un procés de fangs activats? Quins objectius tenen cadascun d'aquests i quins mitjans tècnics s'utilitzen per a aconseguir-los? Quins temps d'estada tenen cadascun d'aquests components?

Els objectius legals d'un tractament secundari, d'acord amb la Directiva 91/271, són obtenir una aigua amb unes concentracions mitjanes de 35 mg/L de MES i de 25 mg/L de DBO₅. Pel que fa al flux: flux continu i flux discontinu (seqüencial). Pel que fa a l'estat del cultiu: cultiu en suspensió (la majoria de les alternatives de fangs activats) i cultiu adherit a un suport físic (els filtres percoladors); hi ha una versió mixta actual en la qual es disposa d'un suport físic (plàstic, material granular, membrana) sobre el qual els microorganismes es troben adherits i que roman, al seu torn, en suspensió (en el cas de petits cilindres corrugats de plàstic o de material esponjós) o en repòs dins del reactor biològic, com els biofiltres o les biomembranes. El reactor biològic, el decantador secundari i el sistema de recirculació de fangs des del decantador al reactor. El reactor facilita el creixement cel·lular mitjançant l'assimilació i la mineralització de la matèria orgànica (dissolta i en suspensió) promoguda per l'aireig i l'agitació. El decantador permet eliminar (retirar) la MES produïda en el reactor biològic mitjançant el repòs gairebé total de l'aigua, de manera que es pot compactar la MES així decantada. L'efluent clarificat s'evacua per la superfície, els fangs de recirculació i la purga de fangs s'extreuen pel fons del decantador. El temps mitjà d'estada hidràulica del reactor biològic és generalment de 4-8 hores, i el del decantador de 2 hores.

- 4.27 Quins límits bàsics de qualitat determinen un efluent secundari? Quins elements bàsics integren un procés de fangs activats i quins temps mitjans d'estada hidràulica i d'estada cel·lular té cadascun d'aquests? Quin objectiu té la recirculació cel·lular? Quin és el factor determinant de l'eficàcia del segon d'aquests elements? Quins avanços tecnològics s'estan implantant per a substituir aquest element i quin és el seu principi de funcionament?

Els límits establerts per la Directiva Europea són: 25 mg/L de DBO₅ i 35 mg/L de MES. El reactor biològic i el decantador secundari. L'aigua roman en el reactor biològic entre 4-8 hores (en alguns casos pot ser molt major, fins a dies i mesos) i en el decantador entre 1,5 i 2 hores. La recirculació cel·lular té l'objectiu d'augmentar la concentració cel·lular, permetent així reduir el temps d'estada de l'aigua i, per tant, reduir la grandària, volum i cost de les instal·lacions. L'eficàcia dels decantadors secundaris depèn fonamentalment de la decantabilitat dels flocs formats en el reactor biològic: si el fang no decanta adequadament, l'aigua sortirà tèrbola, ja que contindrà gran part de les substàncies que es desitgen retenir mitjançant la depuració. La utilització de suports físics, com petites galledes de material esponjós, tracten d'incorporar/combinar els beneficis derivats dels cultius adherits (filtres percoladors) en/amb els cultius en



suspensió; d'altra banda, la incorporació de membranes de microfiltració tracta d'assegurar la retenció efectiva dels microorganismes presents en el líquid procedent del reactor biològic, obtenint així un efluent final de gran qualitat, amb un contingut de MES molt baix.

- 4.28 Quin tipus de tractament bàsic proporciona un reactor biològic seqüencial, RBS? De quins elements consta aquest tipus de tractament i quina és la diferència més significativa amb un procés biològic convencional? Quines etapes integren el funcionament d'un d'aquests reactors? Com es pot aconseguir la desnitrificació de l'aigua en un RBS? Cita dues EDAR de Catalunya que disposin d'aquest procés de depuració.

És un tractament biològic secundari basat en un procés de fangs activats. Consta d'un únic reactor en el qual tenen lloc totes les fases del procés, de forma seqüencial o consecutiva; es caracteritza perquè no requereix decantador, ja que el propi reactor actua de decantador quan es detenen tots els mecanismes d'agitació i d'aireig. Les fases més freqüents són: 1) l'omplert, 2) l'agitació, amb aireig continu o discontinu, 3) la decantació, 4) l'extracció d'aigua, 5) l'extracció de fang i 6) el període de repòs. Mitjançant l'alternança de períodes aerobis (on l'aireig permet que el cultiu realitzi la nitrificació, utilitzant l'oxigen com acceptor d'electrons) i de períodes anaerobis (on la falta d'aireig propicia la desnitrificació, utilitzant el nitrat com acceptor d'electrons). Les EDARs de Cercs, Santa Pau, i La Molina.

- 4.29 Quines tres grans fraccions de subproductes es generen durant el procés de depuració d'una aigua? Quins dos objectius bàsics tenen els processos que s'apliquen a aquests subproductes? Quins dos processos físics/mecànics s'utilitzen per aconseguir el primer d'aquests objectius? Quina destinació tenen els materials inerts i els materials gruixuts extrets? Quin tipus de tractament biològic s'utilitza preferentment per a depurar els subproductes d'alt contingut orgànic així obtinguts? Quins dos atractius complementaris té aquesta estratègia i com es justifiquen conceptualment? Quina altre tipus de tractament biològic es pot adoptar?

Els residus obtinguts durant el pretractament (sorres, flotants, residus sòlids) els fangs primaris (matèria orgànica morta) i els fangs secundaris (matèria orgànica viva). Deshidratar-los, per a disminuir el seu contingut d'aigua i fer que ocupin el menor volum possible, de manera que els seus costos de manipulació i d'abocament siguin mínims, i mineralitzar-los, per a disminuir el seu contingut de matèria orgànica biodegradable, perquè siguin més estables i menys ofensius (en tant que no entraran en condicions anaeròbies mentre els microorganismes consumeixen la matèria orgànica que contenen). Els mètodes físics utilitzats per a deshidratar-los són els garbells, els espessidors i les centrifugues. Les sorres es poden utilitzar en reconstitució de sòls (boscos, camps), i els materials gruixuts s'acostumen a portar a l'abocador. El procés biològic més adequat per a depurar els fangs és el tractament anaerobi o la digestió anaeròbia. Els dos objectius bàsics són 1) reduir la generació de matèria orgànica (els processos anaerobis tenen $Y=0,1$), que significa una menor quantitat de substàncies restants que s'han de disposar d'alguna manera, i 2) convertir la matèria orgànica afluent en biogàs, de manera que es produeix energia renovable que es pot utilitzar a la pròpia planta o bé incorporar a la xarxa general de distribució elèctrica. Un procés aerobi, com el compostatge, que aconseguix aquesta mateixa mineralització, per processos més naturals (més extensius amb menys consum energètic) però sense producció d'energia.



- 4.30 Com s'explica que calgui recórrer a un tractament físico-químic quan una aigua residual té contaminants tòxics? Quina configuració de reactor biològic té major rendiment en la depuració d'aigües residuals i com s'explica aquesta afirmació? Quina ha estat l'evolució històrica seguida per la configuració dels reactors biològics? Com s'explica aquesta evolució? Quines actuacions han permès aconseguir que les aigües afluentis tinguin una qualitat acceptable per a aquest tipus de tractaments?

La presència de contaminants tòxics fa inviable la utilització d'un procés biològic i, per tant, planteja la necessitat d'utilitzar un tractament físico-químic, insensible a aquest tipus de condicions. El reactor de flux en pistó és el que més rendiment té; l'aplicació d'una expressió cinètica de primer ordre per a la velocitat de reacció, com acostuma a seguir la degradació de la matèria orgànica, resulta en una expressió exponencial de l'evolució de la matèria orgànica [$C = C_0 \exp(-k t)$], a diferència de l'expressió lineal que es desprèn de la utilització d'un reactor de mescla completa [$N = N_0 / (1 + k t)$]. La configuració dels reactors ha evolucionat des dels reactors de mescla completa (amb major capacitat per a diluir possibles aportacions episòdiques de substàncies tòxiques), comuns fins a la dècada dels 1990, cap als reactors de flux en pistó, cada vegada més freqüents (amb major rendiment de depuració, però més sensibles a la possible arribada de substàncies tòxiques). El major contingut biodegradable de les aigües a depurar, juntament amb el menor contingut de substàncies tòxiques i problemàtiques han contribuït a la major implantació dels reactors de flux en pistó, que són més eficients, però que tenen una menor capacitat per a diluir els possibles cabals episòdics d'aigua residual que contenen substàncies problemàtiques.

- 4.31 Quin procés físic i quins processos biològics tenen lloc en un sistema de llacunatge convencional i quins beneficis ofereix cadascun d'aquests? Quin procés de simbiosi s'estableix en la capa superior d'aigua d'un sistema de llacunatge? Quins substrats i productes porta associats cadascun dels components d'aquest procés? Quines dues grans estratègies es poden adoptar per a separar els productors primaris generats en un llacunatge, i com es designen cadascun d'aquests tipus de llacunatge? Quina superfície unitària aproximada requereix cadascun d'aquests sistemes de llacunatge? Quina és la característica essencial d'un procés de tractament per aiguamolls, a diferència d'un sistema de llacunatge?

La matèria en forma de partícules sedimenta en el fons de la llacuna, on és mineralitzada anaeròbiamment i fermentada, i la matèria dissolta és mineralitzada aeròbiamment a les capes superiors de la llacuna, mitjançant l'acció combinada de bacteris aerobis que consumeixen l'oxigen produït per les algues. La mineralització dels sediments fa que disminueixi el seu volum, i la mineralització de la matèria dissolta fa que es converteix en productors primaris. Els bacteris degraden la matèria orgànica, alliberant nutrients i diòxid de carboni, i consumint oxigen, mentre que les algues assimilen els nutrients i el diòxid de carboni i produeixen oxigen. L'estratègia de deixar que vagin decantant i que quedin retinguts en la superfícies laterals i de fons de les llacunes (especialment les de maduració o afinament) o bé agitar el contingut de la llacuna (llacunatge d'alt rendiment) per a afavorir el desenvolupament d'algues sense mobilitat, de manera que, quan es deté l'agitació, les algues sedimenten ràpidament. El primer llacunatge és el de maduració i el segon, el d'alt rendiment. El primer requereix de 5 a 10 m²/hab, i el segon de 3 a 6 m²/hab. El sistema d'aiguamolls utilitza plantes macroscòpiques com a substrat físic (superfície de suport) per al desenvolupament dels bacteris, i alhora com a font d'oxigen (emès a través de les parets cel·lulars de les tiges i les arrels submergides); en definitiva, promou l'existència



de processos biològics assentats sobre substrats fixos, en comptes de processos biològics en suspensió com els sistemes de llacunatge convencional o d'alt rendiment.

- 4.32 Quins microorganismes participen en el procés de simbiosi que té lloc en l'aigua d'una llacuna facultativa? Quin substrat utilitzen, quins subproductes generen cadascun d'aquests i quina és la força motora del procés? Quina missió tenen les llacunes de maduració o d'afinament posteriors? Quina estratègia utilitzen les llacunes d'alt rendiment per a promoure la clarificació de l'aigua? Quina exigència operativa té el procés de separació per a ser realment efectiu?

Les microalgues, els fongs i els bacteris heteròtrofs. Els bacteris i els fongs mineralitzen la matèria orgànica, consumint oxigen i alliberant nutrients i diòxid de carboni; les microalgues consumeixen els nutrients i el diòxid de carboni, produint oxigen i més material cel·lular (més algues). La força motora del procés és l'energia solar que assegura la funció clorofíl·lica de les microalgues. Els bacteris i els fongs obtenen energia de la degradació de la matèria orgànica. Les llacunes de maduració tenen com a principal objectiu decantar i mineralitzar les microalgues contingudes a l'efluent de la llacuna facultativa. La llacuna d'alt rendiment permet aportar energia cinètica a l'aigua (mitjançant agitació) de manera que les algues que no tenen motilitat pròpia poden romandre en l'aigua i desenvolupar-se en competència amb les quals té motilitat pròpia. La supressió d'aquesta aportació d'energia en un moment donat fa que les algues sense motilitat pròpia decantin de forma natural i l'aigua quedi clarificada. Per a això és suficient instal·lar un decantador, on les condicions de repòs facilitin la decantació d'aquestes algues.

- 4.33 Quins microorganismes participen en el procés de simbiosi que té lloc en la massa d'aigua d'una llacuna facultativa? Quin substrat utilitzen, quins subproductes genera cadascun d'aquests i quina és la força motora del procés? Quin objectiu principal té la instal·lació d'una fossa anaeròbia i quin dispositiu tècnic pot requerir durant els mesos de temperatures més elevades? Quina oscil·lació experimenta l'oxigen dissolt en l'aigua durant un cicle diari? Quin procés bioquímic és responsable de l'efecte desinfectant natural d'una llacuna?

Les algues microscòpiques i els bacteris heteròtrofs responsables de la mineralització aeròbia de la matèria orgànica. Els bacteris mineralitzen la matèria orgànica, consumint oxigen, produint diòxid de carboni i alliberant nutrients (nitrogen i fòsfor) mentre que les algues consumeixen diòxid de carboni i nutrients, i produeixen oxigen. La força motora del procés és l'energia solar que impulsa el creixement de les algues, que, al seu torn, transmeten l'oxigen als bacteris. L'objectiu principal de la fossa anaeròbia és promoure la degradació anaeròbia de la matèria orgànica de l'aigua, afavorint amb això una escassa producció de matèria cel·lular ($Y=0,1$); la generació d'àcid sulfhídric i metà durant els mesos d'estiu (temperatures elevades i altes taxes d'activitat de bacteris anaerobis) fa freqüentment necessària la instal·lació de turbines superficials que ajudin en l'aportació d'oxigen realitzada per les algues, de manera que sigui possible oxidar tot l'àcid sulfhídric generat, evitant així la proliferació de males olors i la generació de colors foscs en l'aigua de la llacuna (sulfur ferrós). L'oxigen dissolt en l'aigua registra una oscil·lació diària, amb màxims durant el migdia solar i mínim abans de la sortida del sol: les algues produeixen oxigen per fotosíntesi i respiren oxigen durant les hores de foscor. De la mateixa manera, consumeixen diòxid de carboni durant les hores de llum i produeixen diòxid de carboni durant les hores de foscor. Això provoca oscil·lacions del pH, que pot arribar a valors de 9,0 durant el dia i de 6,0 durant la nit; aquestes oscil·lacions de pH són responsables de l'efecte desinfectant sobre els microorganismes patògens (al·lòctons, aliens, estranys a aquest medi ambient).



- 4.34 Quins elements bàsics integren un sistema de sanejament individual o autònom? Quina aportació principal realitza cadascun d'aquests al procés de depuració d'una aigua? Quins són els dos paràmetres bàsics utilitzats per a dimensionar el primer dels elements i quins són els seus valors numèrics més usuals? Quins són els dos paràmetres bàsics utilitzats per a dimensionar el segon dels elements i quins són els seus valors numèrics més usuals? Quines dues mesures operatives s'han d'observar per a assegurar que el segon element no es colmata irreversiblement i que, una vegada que rebaixa la seva permeabilitat, pot recuperar-la en gran part?

La fossa sèptica i la rasa d'infiltració. La fossa és un decantador i un digestor anaerobi de la matèria orgànica decantable (en forma de partícules) i la rasa permet una filtració i una mineralització de la matèria orgànica dissolta. La fossa: el temps d'estada de l'aigua (uns 2 dies) i el temps de neteja dels fangs (de 2 a 4 anys). La rasa: la velocitat de filtració a través de la pel·lícula biològica (de 5 a 10 cm/dia) i la profunditat i la longitud de rasa necessària (funció de la parcel·la de terreny disponible, generalment de fins a un metre de profunditat i fins a una desena de metres de longitud en cada tram) amb un sistema de rasa de recanvi. La vigilància de l'efluent de la fossa per verificar que aquesta aconseguix retenir la matèria en suspensió, per tal d'evitar que puguin colmar les superfícies filtrants de la rasa, i la instal·lació d'un sistema de rases de recanvi (alternatiu) de manera que mentre un d'aquests està en funcionament, l'altre queda fora de servei i pot recuperar la seva capacitat de filtració.

- 4.35 Com s'explica que la velocitat d'infiltració d'una aigua residual en el terreny assoleixi un valor estable, amb independència de la porositat del propi sòl? A quin valor numèric sol arribar a aquesta velocitat d'infiltració? Quin criteri d'explotació de la fossa sèptica permet perllongar aquesta velocitat d'infiltració? Quin dispositiu s'ha d'instal·lar per a poder detectar l'esgotament de la capacitat de filtració d'un sòl? Quina estratègia s'adopta per a dotar a la instal·lació de sanejament de continuïtat operativa en aquestes condicions?

La velocitat d'infiltració a mitjan i llarg termini (setmanes, anys) ve determinada per la biopel·lícula que es forma sobre la superfície del terreny de la rasa d'infiltració, en contacte amb l'aigua residual. Aquesta biopel·lícula recobreix i s'adhereix al terreny, fent que l'aigua s'infiltri a una velocitat que és independent de la velocitat d'infiltració que registra el terreny durant els primers dies (superior en els sòls sorrencs que en els argilencs), abans que s'hagi desenvolupat la pel·lícula biològica. Entre 5 i 10 cm/dia, equivalent a 50 a 100 L/m²-dia. La neteja periòdica dels fangs acumulats a la fossa permet assegurar que els fangs no acaben sortint (sent arrossegats) amb l'efluent de la fossa sèptica, fet que contribuiria a colmar de forma notable o gairebé total la superfície d'infiltració en el terreny, provocant així la inundació de la rasa d'infiltració. Una arqueta d'inspecció a l'extrem final de la rasa d'infiltració: la presència d'aigua en aquesta arqueta indica que s'ha sobrepassat la capacitat d'infiltració de la rasa. El desviament del flux d'aigua cap a la rasa d'infiltració de recanvi (mitjançant una arqueta de repartiment) permet deixar la primera en sec, i facilitar que la biopel·lícula es mineralitzi i la rasa recuperi la seva capacitat d'infiltració amb el pas dels mesos i els anys.

- 4.36 Quins objectius bàsics té una llacuna facultativa? Quines capes d'aigua es generen en funció del tipus de tractament que té lloc en aquestes? Quins processos biològics tenen lloc en cadascuna d'aquestes? Quins dos tipus de microorganismes principals participen en el procés de la capa superior? Quins



elements es generen i quins es reutilitzen durant aquest procés? Com s'explica el procés de desinfecció que es registra en aquestes llacunes?

Assegurar la decantació de la matèria en suspensió, mineralitzar la matèria decantada en el fons (mitjançant processos anaerobis) i mineralitzar la matèria dissolta i no decantable (mitjançant processos aerobis propiciats per l'aportació d'oxigen que realitzen les microalgues). La capa inferior, on dominen les condicions anaeròbies i la capa superior, de caràcter aerobi a causa de l'aportació d'oxigen que realitzen les microalgues. Aquesta capa superior actua de capa desodorant dels gasos generats en la capa inferior. Els bacteris aerobis mineralitzen la matèria orgànica, consumint oxigen i alliberant nutrients i diòxid de carboni, mentre que les microalgues, per acció de la llum solar, assimilen els nutrients, consumeixen el diòxid de carboni i produeixen l'oxigen que poden utilitzar els bacteris. Aquest procés és una simbiosi entre les microalgues i els bacteris aerobis. Les oscil·lacions de la producció de diòxid de carboni, per efecte dels canvis de llum solar entre el dia i la nit, fan que el pH de l'aigua tingui unes oscil·lacions molt marcades, el que, al seu torn, produeix una notable inactivació microbiana (efecte desinfectant natural).

4.37 Quin avantatge i quin inconvenient principal té una llacuna anaeròbia? Com s'explica la presència d'una gran quantitat d'algues en suspensió a l'efluent d'una llacuna facultativa? Quina missió tenen les llacunes de maduració i quina profunditat s'adopta per a això? Quina és l'estratègia adoptada a les llacunes d'alt rendiment per a promoure la separació de les microalgues? Quin element addicional tenen aquestes llacunes i quins criteris d'explotació s'han de respectar?

L'avantatge: permet arribar a una mineralització més ràpida i efectiva de la matèria orgànica continguda en l'aigua. L'inconvenient: genera gasos com l'àcid sulfhídric, el metà i el nitrogen, que poden ser molestos i perillosos (especialment els dos primers). La capa superior d'una llacuna facultativa és un mitjà ideal per al desenvolupament de procés de simbiosi entre bacteris mineralitzadores de la matèria orgànica i de microalgues verdes. Les algues utilitzen els nutrients i el diòxid de carboni produïts pels bacteris, juntament amb l'energia solar, per a produir noves cèl·lules d'algues i grans quantitats d'oxigen molecular, i els bacteris utilitzen l'oxigen produït per les algues per a mineralitzar la matèria orgànica aportada per l'afluent d'aigua residual. La missió de les llacunes de maduració és promoure l'eliminació (per decantació) de les microalgues verdes que es troben en suspensió en l'efluent de la llacuna facultativa i contribuir a la desinfecció natural de l'aigua que circula per les llacunes (per exposició a la llum solar i canvis de pH). La profunditat és de 1,0 m, amb la finalitat d'escurçar la profunditat de decantació i d'assegurar la penetració de la llum solar en tota la profunditat. Aportar una certa energia d'agitació, com una forma d'afavorir el desenvolupament de determinades espècies de microalgues que no tenen capacitat per a mantenir-se en suspensió per sí mateixes. La incorporació d'un decantador, on les condicions de repòs permetin la decantació ràpida d'aquestes microalgues que s'han desenvolupat en la llacuna d'alt rendiment; el decantador ha d'estar dotat d'un sistema d'evacuació de les algues decantades, per a evitar que aquestes surin i surtin amb l'efluent, i ha d'estar protegit de la llum per a mitigar la funció clorofil·lica de les algues decantades i la producció d'oxigen, que afavoriria la flotació de les algues decantades.

4.38 Quin són els agents responsables de la depuració d'una aigua en un aiguamoll? Quines relacions s'estableixen entre aquests, quines substàncies es reciclen en aquest procés i quin és el resultat final d'aquests processos biològics? Com es classifiquen els aiguamolls pel que fa a la presència de làmina d'aigua i quin tipus



de metabolisme bacterià predomina en cada cas? Com es classifiquen els aiguamolls pel que fa a la circulació de l'aigua al seu interior?

Els bacteris que mineralitzen la matèria orgànica i les plantes superiors que produeixen l'oxigen, fins i tot per les seves arrels, i que consumeixen els nutrients. El procés és similar al que té lloc en una llacuna facultativa encara que, en el cas d'un aiguamoll, els productors primaris són plantes superiors, enlloc de les microalgues presents en un llacunatge. Els bacteris aerobis mineralitzen la matèria orgànica, consumint oxigen i alliberant nutrients i diòxid de carboni, mentre que les plantes, per acció de la llum solar, assimilen els nutrients, consumeixen el diòxid de carboni i produeixen l'oxigen que poden utilitzar els bacteris. Aquest procés és una simbiosi entre les plantes i els bacteris aerobis. Aiguamolls superficials, quan hi ha làmina d'aigua visible, amb metabolisme aerobi, i aiguamolls subsuperficials, quan el nivell superior de l'aigua queda per sota del material granular, que actua de substrat físic de l'aiguamoll (graves generalment); l'escassetat d'oxigen en les capes inferiors fa que el metabolisme sigui anaerobi principalment. Aiguamolls de flux horitzontal o de flux vertical (generalment descendent).

4.39 Com es defineix el procés de regeneració d'una aigua? En què consisteix reutilitzar una aigua regenerada? Quins tres elements principals es requereixen per a reutilitzar una aigua? Quines dues motivacions principals té la reutilització de l'aigua? Quines dues qualificacions rep la reutilització en funció de la forma de fer arribar l'aigua a l'usuari? I pel que fa a la destinació final de l'aigua regenerada?

La regeneració d'una aigua es defineix com el procés necessari per a adequar la seva qualitat a l'ús concret al qual es pensa dedicar. Reutilitzar una aigua consisteix en posar-la a la disposició de l'usuari que la vol fer servir. La reutilització requereix bàsicament 1) una xarxa de distribució que transporti l'aigua des del punt de regeneració fins al punt d'utilització, 2) un dispositiu que permeti regular la producció/oferta d'aigua regenerada a la demanda d'aigua regenerada i 3) diversos requisits d'ús, tals com el color dels conductes o les formes de realitzar la reutilització. Les motivacions són: 1) disposar de recursos hídrics addicionals i 2) resoldre el tractament i/o abocament de les aigües residuals de forma diferent a les convencionals. L'arribada de l'aigua a l'usuari fa que la reutilització sigui: 1) indirecta (mitjançant mescla amb aigües d'altres llocs) i 2) directa (quan es realitza sense mescla amb altres aigües). Pel que fa a la destinació: 1) potable, quan es destina a la ingestió humana en algun moment, i 2) no potable, quan no es destina a la ingestió humana.

4.40 Quins processos de tractament integren la planta de regeneració d'aigua de Vitòria-Gasteiz? Quin procés de decantació s'utilitza i com s'explica el color i l'espessor de la matèria acumulada sobre les seves plaques? Com s'evita normalment aquest desenvolupament biològic? Quines fases del procés de depuració de l'aigua de la planta de Palma de Mallorca plantegen problemes d'olors i quines tècniques s'han adoptat per a mitigar-los? Quin tipus de reactor biològic s'utilitza a la depuradora de Palma de Mallorca, i quins mitjans s'utilitzen per a agitar i per a airejar el seu contingut?

La coagulació-floculació, la decantació lamel·lar, la filtració en sorra i la desinfecció amb clor. Decantadors rectangulars amb lamelles superficials; les lamelles es carreguen de matèria biològica (el procés d'autoneteja no és efectiu) a causa de la presència de microorganismes (bacteris i sobretot algues verdes) que assimilen els nutrients continguts en l'aigua, per efecte de l'acció de la llum solar; aquestes algues li



confereixen un color verd a totes les superfícies. Una forma d'evitar aquest creixement de les algues seria cobrir els decantadors, de manera que no arribés la llum solar necessària per al creixement de les algues. Els processos de pretractament, els decantadors primaris i els processos de tractament dels fangs es troben coberts per a assegurar que els gasos generats són tractats abans de la seva sortida a l'exterior de la depuradora. El reactor biològic és un reactor de flux en pistó (molt més llarg que ample) que s'aireja amb aire comprimit introduït en petites bombolles des del fons de determinades seccions del reactor; l'agitació es realitza amb hèlixs suspeses mitjançant cables des de la part superior de reactor.