

Processos de depuració de les aigües residuals

dossier per al professor

Lleida en viu

Programa d'educació ambiental

aprofundim

Índex

3 Introducció

5 Orientacions didàctiques

**5
8
9**

- **Activitat prèvia**
- **Activitats de camp**
- **Activitats posteriors**

11 Annexos

- **Fitxes de les activitats prèvies**
- **Fitxes de les activitats posteriors**

Bibliografia

Introducció

L'activitat **Els processos de depuració de les aigües residuals** està formada per una seqüència didàctica, que dóna sentit global a l'activitat, formada per activitats prèvies i posteriors a realitzar al centre i una sessió a camp amb l'objectiu principal de realitzar el treball experimental.

* Les **activitats prèvies** s'organitzen en dos grans blocs:

- **Un** primer bloc anomenat **Consideracions inicials** on s'agrupen tot un seguit d'activitats dissenyades per a ser treballades a classe com a preparació de la visita a l'EDAR. En aquestes activitats es procura fer un ràpid repàs als conceptes bàsics que cal conèixer per entendre què és la contaminació, com afecta els ecosistemes naturals, com contamina la humanitat industrialitzada i com podem eliminar aquesta contaminació. És evident que hem pressuposat que l'alumnat té uns coneixements previs de temes d'ecologia general, química i física. Amb aquest benentès, treballar aquestes activitats inicials permetrà reforçar aquests coneixements i aplicar-los a un cas concret. Si voleu treballar amb més profunditat el tema de l'aigua, els seus usos i la seva contaminació, així com la descripció a un nivell poc tècnic del procés de funcionament de l'EDAR, podeu consultar les activitats dissenyades en la guia de la *Descoberta de la depuradora d'aigües residuals*, de la qual la present guia n'és una continuació.

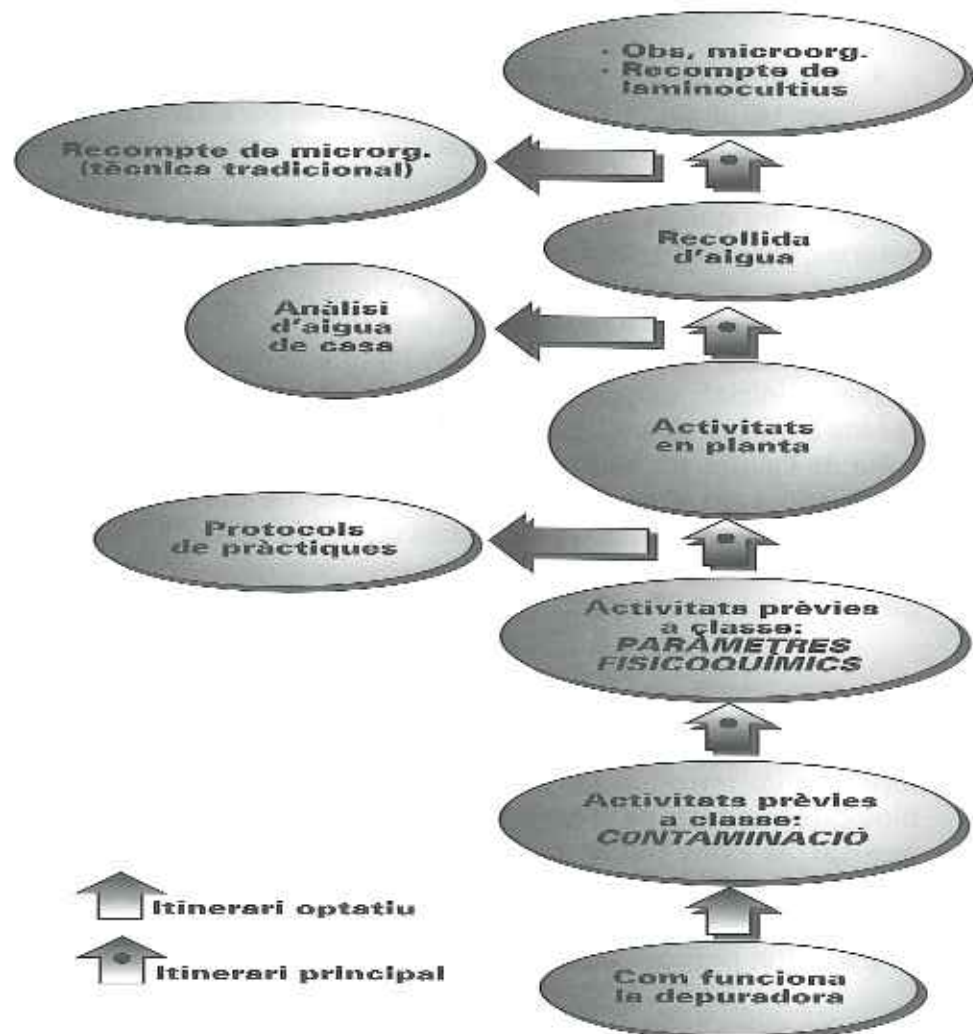
- **Un** segon bloc anomenat **Introducció a l'estudi de l'aigua** aplega tot un seguit de texts i activitats prèvies pensades per a repassar i/o introduir els principals conceptes físics, químics i biològics implicats en el funcionament de l'EDAR de Lleida. Aquest apartat és convenient que es treballi en coordinació amb l'assignatura de Química.

L'activitat proposa tanmateix

- **Tot** un seguit de protocols de pràctiques a realitzar amb l'aigua de la depuradora, in situ durant la visita, així com activitats de camp. En alguns casos, però, al requerir de material i/o temps del qual no disposem a l'EDAR, es proposen activitats que es poden completar al Laboratori de l'Institut, i és necessari agafar una mostra d'aigua a l'EDAR per endur-vos-la. Aquestes últimes activitats formen part del bloc d'activitats posteriors.

Com podreu veure, el material elaborat ultrapassa de molt el temps que es pot dedicar a una visita com aquesta (excepció feta si aquesta la plantegeu com un Crèdit de Síntesi o Treball de Recerca). Així, no ha estat resultat d'una desmesurada passió per l'escriptura ni d'una falta de previsió, sinó que ha estat precisament volgut. Ens hem plantejat elaborar un dossier el més complet possible per tal que vosaltres poguéssiu triar allò que s'adapta millor al vostre alumnat o a les vostres disponibilitats de temps.

• **Cadascú** pot definir el seu itinerari tot destriant les activitats que cregui més adients per a la seva classe. No obstant això sí que podem definir un itinerari bàsic (mínim) i algunes ampliacions.



Les fitxes de les activitats proposades es poden trobar en l'annex adjunt a aquest document. Al mateix temps, podeu disposar d'una petita guia de reconeixement de les espècies observables al reactor biològic, per la realització de les activitats posteriors.

Finalment, per a un major aprofundiment sobre temes relacionats amb els processos de depuració de les aigües residuals, se us poden facilitar diversos articles esmentats en la bibliografia.

Orientacions didàctiques

A continuació us presentem un breu resum dels continguts de les activitats proposades per facilitar l'elecció d'aquelles d'interès per a l'elaboració del vostre propi dossier:

Orientacions per a les activitats prèvies

BLOC I: Consideracions inicials

Aquest bloc d'activitats pretén ser una revisió dels coneixements previs de l'alumnat sobre la contaminació i el seu tractament.

Què és la contaminació? (Activitat 1.1 apartats 1, 2, 3, 4 i 5)

En aquest grup d'activitats es pretén que l'alumnat reflexioni sobre el concepte de contaminació a partir de la definició del text i que compari aquesta amb altres definicions que pugui trobar.

Cal fer atenció sobre els diferents tipus de contaminació (física, química o biològica) i diferenciar entre processos naturals i els produïts per l'ésser humà. Finalment es pot concloure intentant fer un judici de valor sobre el fenomen de la contaminació i elaborant una definició pròpia de la classe.

La contaminació del medi fluvial (Activitat 1.2)

Un cop feta la reflexió inicial, aquesta activitat proposa centrar-se en la contaminació del medi fluvial i intentar relacionar els contaminants amb els seus efectes tot considerant (si ho creieu convenient) el cas del riu Segre.

Per què cal tractar les aigües residuals en una EDAR? (Activitat 1.3)

A partir del text que encapçala aquest apartat cal fer una reflexió crítica de les propostes presentades. Tot i que la proposta de tractar les aigües residuals és, segurament, la més evident, no hem de menystenir la possibilitat de minimitzar la contaminació i el consum d'aigua (l'aigua arribaria en menor quantitat però més bruta), ni aspectes com el reequilibri del territori o la reutilització de les aigües residuals tractades.

Què porta l'aigua residual que arriba a la depuradora? (Activitat 1.4 apartats 1, 2, 3 i 4)

En aquestes activitats cal enumerar i diferenciar els contaminants fisicoquímics que produeix una ciutat vs zona industrial, tot fent paleses les diferències entre totes dues. Finalment, cal fer esment de l'estat físic d'aquests contaminants per, després, relacionar-lo amb els processos de separació que utilitzarem.

Com funciona la depuradora d'aigües residuals de Lleida? (Activitat 1.5)

Després de llegir la breu descripció del funcionament d'una EDAR com la de Lleida, es planteja un exercici que relaciona el funcionament de l'EDAR amb el fonament físic de separació de la matèria per raó de la diferència de densitat.

També s'inclou una descripció del funcionament del reactor biològic on té lloc l'oxidació biològica de la matèria orgànica.

BLOC II: Introducció a l'estudi de l'aigua

En aquest bloc, en primer lloc es proposen un seguit d'activitats per estudiar els paràmetres fisicoquímics de l'aigua i, en segon lloc, un conjunt d'activitats per estudiar els paràmetres químics.

De tots els paràmetres fisicoquímics la determinació de sòlids i l'oxigen dissolt són els que més poden variar al llarg del procés i per això són els que més poden ajudar a comprendre el procés de depuració. L'elecció de quins paràmetres es treballen i quins no, és a criteri del professor. Els casos de la determinació del pH i de la conductivitat inclouen la calibració de l'aparell, més com una cosa que els alumnes han de tenir en compte quan es facin anar aparells de mesura que com una tasca a realitzar, donat que els aparells són mantinguts a punt per les educadores.

El pH (Activitats 1.6 apartats 1, 2 i 3)

L'apartat 1 de l'activitat 1.6 és introductori i només és un recordatori de formulació. L'apartat 2 pot donar lloc a diferents situacions depenent de la programació de Química i de l'època en què es faci la visita a la depuradora. Si els alumnes ja han vist l'equilibri químic, és una altra oportunitat per a reforçar conceptes. Si no és així, convindria explicar qualitativament el principi de Le Chatelier. Quant a l'últim apartat, molts alumnes d'ESO hauran vist el paper indicador. Si no l'han vist és el moment de fer-ho.

La conductivitat (Activitats 1.7 apartats 1 i 2)

Les substàncies que en dissoldre's se separen en ions es diuen electròlits. Si la separació és total es diuen electròlits forts i si ho fan només en un petit percentatge es diuen electròlits febles. L'apartat 1 vol ser una oportunitat per a sintetitzar i reforçar alguns conceptes sobre els electròlits.

L'apartat 2 de l'activitat 1.7 està pensada per practicar els canvis d'unitats pel mètode dels factors de conversió amb diferents unitats de conductivitat. Lògicament, una alta conductivitat anirà acompanyada d'un alt contingut en sals dissoltes. És precisament, la determinació de la conductivitat, una manera ràpida d'esbrinar el contingut de sòlids de la mostra.

Els sòlids (Activitat 1.8 apartats 1, 2, 3, 4 i 5)

La determinació dels sòlids resulta una mica compromesa des del punt de vista pràctic perquè són necessàries una estufa i una balança analítica. Però això no és cap obstacle per fer aquestes activitats, al contrari, és molt interessant posar els alumnes en situació de dissenyar experiments encara que no es puguin portar a terme. El disseny experimental hauria d'ésser no només qualitatiu sinó quantitatiu, és a dir, que escriuin un esquema aproximadament de la següent forma:

Massa de la càpsula buida:	_____	75,89 g
Quantitat d'aigua afegida:	_____	70 ml
Massa de la càpsula amb el residu:	_____	75,93 g
Massa de sòlids:	_____	$75,93 - 75,89 = 0,04$ g
Sòlids totals en mg/l:	_____	$0,04 \times 1000 / 70 = 571$ mg/l

L'apartat 3 d'aquesta activitat permet fer un informe escrit d'allò que s'ha treballat al laboratori i és un altre aspecte de la metodologia científica. Si la pràctica no es fa al laboratori, se'ls ha de preguntar com han de ser els resultats d'aquesta determinació abans i després de depurar l'aigua.

La determinació dels sòlids en suspensió pot presentar dificultats perquè la quantitat present és molt petita i pot quedar amagada per les diferències d'humitat del paper de filtre abans i després de posar-lo a l'estufa. De nou, el fet de no portar-lo a terme no és cap inconvenient ja que el disseny i l'esquema són activitats prou interessants. Els apartats 4 i 5 proposen a l'alumne fer aquest disseny. Quan es determina la quantitat de sòlids que hi ha al filtre, la diferència entre els sòlids totals i els sòlids en suspensió constitueix els sòlids dissolts.

La duresa de l'aigua i l'oxigen dissolt (text 1.9)

Tant la duresa de l'aigua com l'oxigen dissolt són paràmetres que, malgrat, no tinguem cap activitat concreta pensada per ells, poden mesurar-se *in situ* durant l'activitat de camp.

Dins la graella de paràmetres a determinar hi ha també la possibilitat de determinar la duresa de l'aigua i es pot fer comparant la de l'aigua de l'aixeta amb una mostra d'aigua destil·lada. Es pot aprofitar per explicar als alumnes els inconvenients d'una aigua dura: més quantitat de sabó, més temps per cuinar els llegums o els problemes que ocasionen a les calderes d'aigua calenta i vapor per formació de residus calcaris.

Els alumnes que tinguin rentavaixelles a casa poden graduar la dosi de sal segons el grau de duresa de l'aigua amb l'ajut del catàleg.

Existeixen sensors d'oxigen als punts clau de la depuradora, de manera que, tot i que el paper de l'oxigen des del punt de vista teòric és important, si no es vol fer la mesura es poden consultar els seus valors.

El nitrogen (Activitat 1.10 apartats 1 i 2)

L'apartat 1 proposa un recordatori del cicle del nitrogen on els alumnes haurien d'escriure el nom dels processos pels quals el nitrogen es transforma d'una espècie química en una altra. No ha de faltar el procés de desnitrificació pel qual el nitrogen en forma de nitrat passa a nitrogen atmosfèric, que tanca el cercle i elimina els nitrats de les aigües. Aquest és un procés que es pot fer en una depuradora, encara que a la de Lleida no es fa, perquè la quantitat de nitrats de l'aigua de sortida no és elevada.

L'activitat 2 proposa ordenar la sèrie de les espècies químiques del nitrogen segons el seu estat d'oxidació.

Orientacions per a les activitats de camp

La sessió de camp s'organitza en tres parts:

- Visita a l'EDAR i recollida de mostres
- Anàlisi de l'aigua d'entrada i sortida
- Recollida i comparació de resultats, observacions i interpretacions d'aquests resultats

Durant la sessió de camp es facilita a cada alumne un dossier que utilitzarà durant la visita, així com els protocols de les pràctiques d'anàlisi de les aigües.

Orientacions per a les activitats posteriors

Les activitats que es proposen a continuació fan referència a l'estudi dels paràmetres biològics responsables de la depuració de les aigües residuals.

Els principals indicadors del tractament de depuració: la DBO i els Sòlids en suspensió (Activitat 2.1)

En aquesta activitat es treballa la Demanda Biològica d'Oxigen (DBO), la Demanda Química d'Oxigen (DQO) i els Sòlids en Suspensió (SS), els quals són els més emprats per fer el seguiment del procés de depuració d'aigües residuals urbanes.

Els canvis en la mostra un cop recollida (Activitat 2.2 apartats 1, 2 i 3)

En aquesta activitat es pretén que l'alumnat reflexioni sobre les variacions de les condicions ambientals de l'aigua en treure-la del reactor biològic i com aquests canvis poden afectar la biocenosi que nosaltres observarem al laboratori.

Cal que l'alumnat descobreixi que la modificació del biotop produirà un canvi en l'abundància dels diferents organismes (successió) però que no n'apareixeran de nous (no hi ha generació espontània).

Observació de la mostra de l'aigua del reactor biològic (Activitat 2.3)

Aquesta activitat pràctica és, probablement, la més interessant de les que tenen a veure amb els paràmetres biològics. La diversitat d'organismes i l'abundància d'aquests permetran descobrir el món microscòpic que ens ajuda a depurar l'aigua. A més de ser una ocasió immillorable per observar la bellesa i complexitat del més petit, també cal fer descobrir als nostres alumnes que els microorganismes que han observat són els responsables de la depuració biològica de l'aigua residual.

En aquesta activitat es poden exercitar habilitats com el dibuix d'éssers naturals, l'observació de l'estructura microscòpica de la cèl·lula eucariota, la descripció d'allò vist utilitzant terminologia adient...

Observació de l'estructura dels flocs (Activitat 2.4)

Es tracta d'observar l'estructura de les acumulacions de matèria orgànica i microorganismes filamentosos que constitueixen els flocs i de relacionar aquests amb el procés de depuració de l'aigua (suport d'organismes depredadors i sapròfits, separació de matèria orgànica per decantació...)

Observació de bacteris al microscopi (Activitat 2.5)

Si disposem de microscopis amb objectiu d'immersió, podem fer l'observació dels organismes més petits que són presents al reactor biològic (a excepció dels virus). L'observació de mostres sense tenyir i tenyides ha de permetre reflexionar sobre els avantatges d'augmentar el contrast amb el tangiment.

Preparació de medis de cultiu (Activitat 2.6)

Preparació d'una solució isotònica per a fer dilucions. Dilucions successives de la mostra original. Sembra per inclusió. Recompte de microorganismes aerobis mesòfils viables totals per inclusió (tècnica tradicional).

Aquest conjunt de protocols constitueix el procediment tradicional de quantificació dels bacteris presents en una mostra. La relativa complexitat del procediment, la necessitat d'estrís de laboratori específics, així com la durada de tot el procés, fan que la seva realització a classe sigui qüestionable. Tot i que probablement decidireu no fer-ho, pot ser interessant explicar a l'alumnat la tècnica i comparar-la amb la tècnica següent (laminocultius) per tal de reflexionar sobre els avantatges i inconvenients de les tècniques ràpides d'anàlisi.

Recompte de microorganismes aerobis mesòfils viables totals (Activitat 2.7 apartats 1 i 2)

Aquest mètode és ràpid i molt utilitzat en el control de qualitat de petites empreses. Podreu veure que requereix molt poc material i és alhora molt fàcil de dur a terme. Res a veure amb la complexa i llarga tècnica tradicional.

Un cop crescudes les colònies i fets els recomptes, les podeu utilitzar per fer observació microscòpica.

Preparació de mostres de plàncton per a la seva observació microscòpica.

(Vegeu Observació de l'aigua del reactor biològic).

Annexos

Índex

- Activitats prèvies

BLOC I - Consideracions inicials

- 1.1 Què és la contaminació?**
- 1.2 La contaminació del medi fluvial**
- 1.3 Per què cal tractar les aigües residuals en una EDAR?**
- 1.4 Què porta l'aigua residual que arriba a la depuradora?**
- 1.5 Com funciona la depuradora d'aigües residuals?**

BLOC II - Introducció a l'estudi de l'aigua

- 1.6 El pH**
- 1.7 La conductivitat**
- 1.8 Els sòlids**
- 1.9 L'oxigen dissolt**
- 1.10 El nitrogen**
- 1.11 El fòsfor**

BLOC III - Protocols de les pràctiques de camp

- Activitats posteriors

- 2.1 Els principals indicadors del tractament de depuració**
- 2.2 Els canvis de la mostra un cop recollida**
- 2.3 Observació de la mostra d'aigua del reactor biològic**
- 2.4 Observació de l'estructura dels floccs**
- 2.5 Observacions de bacteris al microscopi**
- 2.6 Preparació de medis de cultiu**
- 2.7 Recompte de microorganismes mesòfils viables totals**

Activitats prèvies

Activitat 1.1

BLOC I - Consideracions inicials

Què és la contaminació?

La 3a edició del diccionari de la llengua catalana defineix la contaminació com «l'alteració de les propietats d'un medi per incorporació, generalment a causa de l'acció directa o indirecta de l'home, de pertorbacions, materials o radiacions que introdueixen modificacions de l'estructura i la funció dels ecosistemes afectats».

Si limitem aquesta definició als ecosistemes on l'aigua és l'element principal (ecosistemes fluvials, marins i capa freàtica) respon a les següents qüestions:

1 ■ Cerca en altres diccionaris, enciclopèdies... altres definicions de contaminació. Són equivalents? Has trobat diferències?

2 ■ Cerca exemples de contaminació produïda per la introducció de pertorbacions, materials i radiacions en l'ecosistema. Quines modificacions es produeixen en cada cas?

3 ■ Quins d'aquests tipus de contaminació creus que es podrien produir si aboquéssim les aigües residuals de la nostra ciutat al riu Segre sense depurar-les prèviament?

4 ■ Pot considerar-se un exemple de contaminació el que passa quan un riu discorre sobre un aflorament d'halita (mineral de sal)? Per què? I quan ho fa sobre un aflorament d'òxids de ferro?

5 ■ Feu una posada en comú de les definicions de contaminació que heu trobat als llibres així com de les reflexions que heu fet en les qüestions anteriors i elaboreu una definició en comú del concepte de contaminació.

La contaminació del medi fluvial

Quan aboquem una aigua contaminada al riu es posen en marxa un seguit de processos diversos: físics (sedimentació, dilució...), químics (solubilització, precipitació, reacció...) i biològics (degradació biològica, mineralització i integració en la cadena tròfica de l'ecosistema fluvial) que donaran lloc, finalment, a la desaparició de la contaminació abocada al riu i, per tant, a la recuperació de les condicions naturals de l'aigua uns quilòmetres riu avall respecte al punt on es va produir l'abocament.

Aquest procés que es dona en condicions naturals s'anomena **autodepuració**. Té lloc sempre que la naturalesa de la contaminació o la seva magnitud no arribin a destruir els mecanismes naturals d'autodepuració. De tots aquests mecanismes, el més important i alhora el més sensible a les alteracions és el mecanisme biològic.

Intenta imaginar quins poden ser els contaminants que poden afectar negativament la biocenosi del riu. Quines conseqüències creus que pot tenir això sobre la biocenosi i, per tant, sobre l'autodepuració del riu?

Les substàncies contaminants poden alentir o aturar el procés d'autodepuració, bé perquè són tòxiques (metalls pesants com el Co, Ni, Hg, Pb, i els seus derivats, fenols...), bé perquè no són biodegradables. Una situació paradoxal es dona quan l'abundància de nutrients (matèria orgànica, fosfats...) dona lloc a un ràpid augment de la població de microorganismes saprofítics als quals serveix d'aliment. Aquesta situació pot generar un ràpid consum d'oxigen per part de la població creixent de microorganismes. L'exhauriment de l'oxigen donarà lloc a la

instauració de condicions anaeròbies dins l'aigua, la qual cosa tindrà com a conseqüència la mort de tots els organismes aerobis (microorganismes aerobis estrictes, així com protozous, nemàtodes, crustacis, insectes, peixos...) i la proliferació d'organismes anaerobis (que donaran lloc a fermentacions tot alliberant substàncies pudents com el metà, el sulfhídric, l'amoniac...). Aquest procés s'anomena **eutrofització** i és una de les causes més habituals d'alteració del medi fluvial a causa de l'abocament d'aigües residuals de tipus urbà.

Per què cal tractar les aigües residuals en una EDAR?

Quan la població humana (i també la d'animals associats a la seva activitat) no assolix densitats elevades i es reparteix més o menys uniformement per tot el territori, els abocaments d'aigües residuals es mantenen a nivells fàcilment assimilables pels mecanismes d'autodepuració natural dels rius. L'augment de la població i, sobretot, la concentració d'aquesta en nuclis urbans cada cop més grans genera uns volums d'aigües residuals que sovint ultrapassen la capacitat d'autodepuració dels rius i produeixen fenòmens d'eutrofització amb la conseqüent destrucció de l'ecosistema fluvial.

Com ja hem vist, l'eutrofització es produeix com a resultat de la incapacitat d'aportar oxigen en la quantitat que cal per mantenir les altes taxes de creixement dels microorganismes. Aquesta incapacitat d'assimilar els grans abocaments d'aigües residuals per part dels ecosistemes fluvials fa necessària la recerca de solucions. Així, per exemple, ens podem qüestionar si cal generar tant volum d'aigües residuals, també podem pensar en la possibilitat de disminuir les grans aglomeracions urbanes tot repartint la població pel territori o bé ens podem plantejar processar l'aigua residual dins d'alguna mena d'instal·lació industrial.

Comenta les tres propostes presentades en el paràgraf anterior. Creus que són viables? Quina et sembla millor?

De totes aquestes propostes, en aquesta visita ens hem de centrar en la darrera. Com tantes altres vegades, les solucions tecnològiques que la humanitat ha trobat no fan més que imitar els processos naturals. Sembla lògic pensar que podem reproduir en un espai petit els mecanismes naturals d'autodepuració dels rius tot millorant el seu rendiment amb la introducció de processos industrials com ara l'agitació, la injecció d'oxigen, la

filtració... i deixant a la gravetat i a l'activitat dels éssers vius la feixuga tasca de reduir la contaminació de les aigües residuals. Justament això és el que es fa en una indústria de tractament d'aigües residuals (en terminologia tècnica: estació depuradora d'aigües residuals -EDAR-). Un cop depurada l'aigua la podrem reintegrar al riu sense que suposi cap perill per l'equilibri de l'ecosistema fluvial.

Què porta l'aigua residual que arriba a la depuradora?

L'aigua arriba a l'EDAR després d'haver estat recollida i conduïda per la xarxa de clavegueram de la nostra ciutat. A la xarxa arriben abocaments provinents tant de les nostres llars, centres d'educació, comerços i oficines, com de petites indústries (tallers mecànics, laboratoris d'anàlisi, impremtes...), com del drenatge dels nostres carrers i jardins. A aquesta aigua residual eminentment urbana cal afegir el col·lector que procedeix del polígon industrial.

1 ■ Tot i que avui el col·lector de la ciutat i el col·lector del polígon industrial aboquen conjuntament a l'EDAR, la naturalesa de la contaminació urbana no és necessàriament igual a la de naturalesa industrial. Completa el quadre següent tot indicant quins contaminants esperaries trobar a l'aigua residual urbana i a l'aigua residual del polígon industrial.

	Aigua Residual Urbana	Aigua Residual Industrial
Contaminants inorgànics		
Contaminants orgànics		
Altres		

Activitat 1.4 (2)

2 ■ Et sembla que a la nostra ciutat és molt diferent l'aigua residual urbana de la que prové del polígon industrial?

3 ■ En quina de les següents formes creus que es troben els contaminants que has relacionat anteriorment? De què depèn això?

Dissolts	En suspensió	En forma de col·loides

4 ■ Com et sembla que podríem separar les substàncies presents a l'aigua residual segons estiguin en forma dissolta, en suspensió o en forma de col·loides?

Com funciona la depuradora d'aigües residuals de Lleida?

L'aigua que arriba a l'EDAR passa primer un filtratge groller al pou de gruixuts per eliminar-ne els sòlids grans (pedres, plàstics, branques...), d'aquí és aixecada amb uns cargols d'Arquímedes fins al principi del tamís, on serà sotmesa a un nou filtratge, aquest cop més fi, en passar a través d'uns filtres continus. D'aquí passarà al canal del desorrador-desgreixador, on els components insolubles més densos que

l'aigua (sorres) s'enfonsaran mentre que els menys densos (olis i greixos) suraran. Per procediments mecànics se separaran els fangs del fons i els olis i greixos de la superfície, i es deixarà que l'aigua circuli cap al decantador primari. Un cop allí, l'aigua veurà alentida la seva marxa, la qual cosa permetrà que sedimentin les partícules sòlides menys gruixudes (fangs).

Representa en un esquema totes les forces que actuen sobre una partícula de greix i sobre una altra sòlida més pesant dins l'aigua. Esbrina la raó del seu diferent comportament.

Activitat 1.5 (2)

L'aigua que surt del decantador primari passa al reactor biològic, on tindrà lloc el procés més important de la depuració: l'oxidació biològica de la matèria orgànica.

En el reactor biològic s'ha establert una comunitat complexa d'organismes diversos: bacteris, fongs, protozous, algues i alguns metazous, que constitueixen un veritable ecosistema en el qual la matèria orgànica/inorgànica que arriba amb l'aigua residual constitueix una entrada de matèria a l'ecosistema. Aquesta matèria és assimilada per bacteris i fongs, que serveixen d'aliment a alguns protozous i metazous senzills (rotífers, nemàtodes, larves d'insectes...) mentre que d'altres protozous i fongs s'alimenten de les restes dels microorganismes morts.

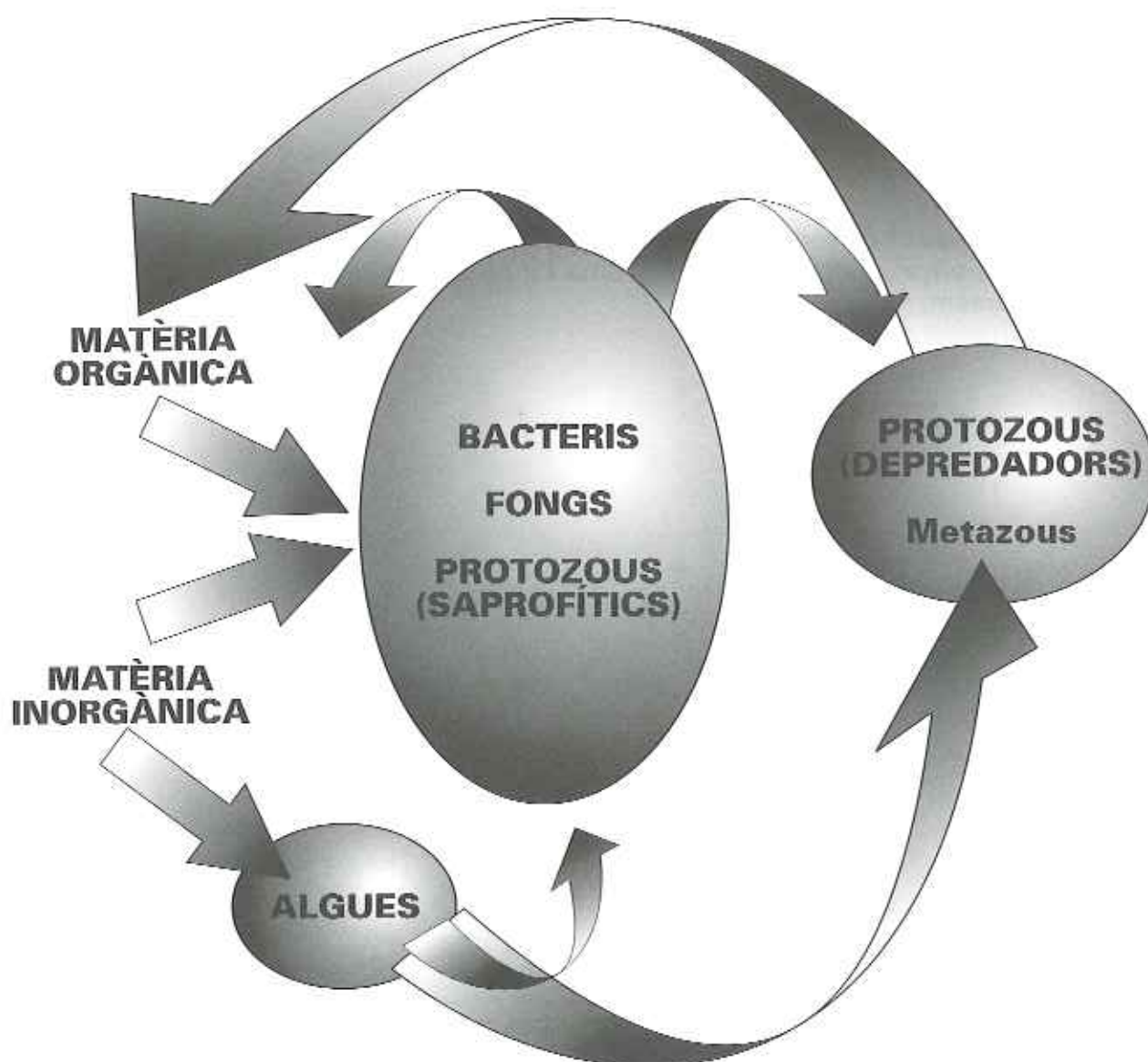


Figura 1. Esquema de les relacions tròfiques dels principals éssers vius presents al reactor biològic.

Aquest procés és semblant al que té lloc en els ecosistemes naturals. Segons sigui el disseny de l'EDAR, aquesta biocenosi es pot trobar bé recobrint unes superfícies especials (percoladors biològics o biodiscs) en forma d'una biolàmina o bé dispersa en el medi en forma d'agregats anomenats flocs. Aquest últim tipus és el que es dona a l'EDAR de Lleida (així com en totes les depuradores biològiques anomenades de fangs activats). En tots els casos s'aconsegueix la màxima eficiència augmentant el màxim possible la superfície de contacte dels organismes vius (biolàmines o flocs) amb l'aigua residual.

Els flocs són petits grumolls de pocs mil·límetres de diàmetre màxim formats bàsicament per un esquelet de bacteris filamentosos i fongs sobre el qual s'adhereixen altres bacteris i protozous sèssils. Aquests flocs estan cohesionats per la presència de matèria orgànica (sobretot polisacàrids) secretada per alguns dels bacteris (bacteris formadors de flocs) així com per matèria orgànica procedent de l'aigua residual i també matèria inorgànica. Altres components de la biocenosi del reactor biològic es troben dispersos per l'aigua (en l'espai interfloc) o bé van movent-se per la superfície dels flocs, on troben el seu aliment.

La mida, forma i composició dels flocs té una importància cabdal en el bon funcionament de l'EDAR. Tant és així que l'estudi de la forma i composició dels flocs és una tècnica sovint utilitzada en els laboratoris de les EDAR per a determinar l'estat de funcionament de la depuradora i per a detectar els símptomes d'alteracions que puguin reduir-ne l'eficàcia del procés.

El conjunt constitueix un ecosistema complex en el qual qualsevol alteració important pot modificar-ne el funcionament:

- **L'arribada** de substàncies tòxiques pot destruir la biocenosi i fer poc eficaç el funcionament del reactor biològic.

- **La** modificació d'alguns paràmetres de l'aigua, com ara la concentració d'oxigen dissolt, el tipus i la quantitat de nutrients que arriben al reactor biològic... pot modificar l'equilibri entre les diferents espècies i, de retruc, l'eficàcia del procés.

BLOC II - Introducció a l'estudi de l'aigua

Propietats de l'aigua de l'EDAR

Com ja hem vist, podem definir la contaminació de l'aigua com l'alteració de les propietats d'aquesta. El seguiment analític dels canvis que experimentaran les propietats de l'aigua durant el procés de depuració ens donarà una informació molt valuosa a l'hora de determinar l'eficàcia del procés i, sobretot, a l'hora de valorar l'impacte que pot originar l'abocament al riu de les aigües tractades.

La normativa oficial preveu una àmplia llista de paràmetres a controlar. Aquesta llista és molt més estricta quan l'aigua ha de servir per al consum humà i és més permissiva quan aquesta ha de ser abocada al riu, al mar o a la capa freàtica.

Tradicionalment s'agrupen els paràmetres a mesurar segons sigui la naturalesa d'aquests. Així, parlarem de paràmetres fisicoquímics, químics i biològics. Durant l'activitat que encetarem farem l'anàlisi dels següents paràmetres:

	Paràmetres
Fisicoquímics	• pH • Conductivitat • Sòlids • Oxigen dissolt • Color i terbolesa
Químics	• Nitrogen • Fòsfor • Detergents
Biològics	• Estudis qualitius i quantitatius de població de bacteris, fongs, protozous, algues, metazous,... del reactor biològic.

Paràmetres fisicoquímics

Dintre dels paràmetres fisicoquímics estudiem: **pH**

conductivitat

sòlids

oxigen dissolt

color i torbesa

Són aquells que pretenen mesurar alguna propietat física (que no fa referència a una reacció química) sinó a propietats com la forma, la mida, el color... Els paràmetres fisicoquímics que podrem determinar durant la visita són:

El pH

L'escala de pH és la manera de determinar si una solució té caràcter àcid o alcalí. L'aigua pura té un pH de 7, que correspon a una situació de neutralitat. Tanmateix, el pH de l'aigua pot variar en funció de les sals que porti en dissolució. Una aigua amb un pH fortament àcid o fortament alcalí suposa el seu enverinament i com a conseqüència una inhibició de la presència d'organismes vius per l'excès de ions H^+ o de ions OH^- .

1 ■ Anomena tres substàncies naturals que tinguin caràcter àcid i tres que tinguin caràcter alcalí o bàsic. Després anomena i escriu la fórmula de tres compostos àcids i de tres bàsics.

El nivell de pH té influència en algunes reaccions químiques, de manera que afavoreix la presència o no de determinades espècies. Per exemple: un pH alcalí fa augmentar la proporció d'amoniac (NH_3) lliure que està en equilibri amb els ions amoni (NH_4^+) en la reacció



Activitat 1.6 (3)

2 ■ D'acord amb el principi de Le Chatelier, quin serà el comportament d'aquest equilibri quan el medi sigui àcid? I si el medi és alcalí?

3 ■ De quina senzilla manera pots esbrinar el pH d'aquestes substàncies?

Una altra manera de determinar el pH d'una solució amb més exactitud és mitjançant un aparell anomenat pH-metre. Consta d'un cos amb una pantalla de lectura, un teclat, i un elèctrode doble o combinat que és la part més delicada de l'instrument. El pH-metre s'ha de calibrar diàriament abans de fer lectures de pH. La calibració es fa introduint l'elèctrode dins de sengles solucions patró de pH conegut 7 i 4. Després, l'aparell està en disposició de fer lectures de les mostres desitjades.

La conductivitat

La conductivitat és una mesura de la capacitat que una dissolució té per a transportar el corrent elèctric. Aquesta capacitat depèn de la presència de ions, de la seva valència, concentració, mobilitat i de la temperatura de mesura. Totes aquelles substàncies que en dissoldre's se separen en ions tindran conductivitat apreciable. D'altra banda, les substàncies que no es dissolen en aigua, o si ho fan no formen ions, no presentaran conductivitat.

1 ■ Quin nom reben unes substàncies i altres? Posa exemples d'ambdues i de la seva reacció de dissociació.

La conductivitat és inversa de la resistència elèctrica de manera que com més gran sigui aquesta més petita serà la conductivitat. La resistència es mesura en *ohms* (Ω), per tant la conductivitat es fa en *1/ohm*, o també *ohm⁻¹*, encara que també ho podeu trobar en *mho*. Tanmateix, actualment a la unitat de conductivitat se l'anomena *Siemen*. Donat que la conductivitat de l'aigua és molt baixa s'utilitza com a unitat el *microsiemen* (μS) o el *milisiemen* (mS).

2 ■ Escriu les equivalències entre les unitats Siemens, μS i mS.

Encara que la conductivitat no és un paràmetre referència a les aigües residuals, sí que ho és a les aigües potables. Un valor molt alt de la conductivitat indicaria una excessiva salinitat de l'aigua. Els valors habituals són fins a $400 \mu\text{S/cm}$.

Els sòlids

L'aigua que arriba a la depuradora presenta una terbolesa per la presència de sòlids procedents principalment de les aigües de pluja i neteja dels carrers. La determinació de la quantitat de sòlids a l'aigua que entra i surt de la depuradora és important per a controlar els processos de tractament físic i biològic.

Els sòlids són presents a l'aigua en dissolució i en suspensió. La suma d'ambdós correspon a allò que s'anomena sòlids totals.

1 ■ Tenint en compte l'anterior, descriu un mètode per a determinar la quantitat de sòlids totals que porta una mostra d'aigua. Dibuixa un esquema del procediment i una relació del material que necessitaràs.

2 ■ Porta'l a terme i fes els càlculs necessaris. Compara els resultats obtinguts amb mostres del principi i del final del procés de depuració. Són coherents amb el procés de depuració?

3 ■ **Fes** un informe escrit de l'estudi realitzat.

També es pot discriminar la quantitat de sòlids segons estiguin en dissolució o en suspensió. Els primers travessaran un filtre i els que estan en suspensió no. Ara intentarem trobar la manera de separar-los.

4 ■ **Dissenya** un procediment per a determinar els sòlids que estan en dissolució i els que estan en suspensió.

5 ■ **Porta'l** a terme tot expressant els resultats en mg/l. Escriu un informe complet del treball realitzat.

Oxigen dissolt

La matèria orgànica pot ésser degradada pels organismes aerobis en presència d'oxigen. Com a resultat d'aquest procés, les substàncies que es formen ho fan en el seu més gran estat d'oxidació, de manera que el carboni dóna carbonats, el nitrogen nitrats, el sofre sulfats, etc.

Quan a un riu arriba matèria orgànica, els microorganismes aerobis presents fan aquest procés d'una manera natural. Aquest procés consumeix oxigen, de manera que la quantitat d'oxigen dissolt és la peça clau que limita la capacitat d'autopurificació.

L'oxigen és molt poc soluble a l'aigua i si la quantitat de matèria orgànica que arriba a l'aigua és molt gran, el consum d'oxigen pot ésser més gran que el que es pot restablir per dissolució. Aquesta situació condueix a una desoxigenació de l'aigua i a la desaparició dels organismes aerobis, des dels microorganismes fins als peixos. La matèria orgànica s'acumularà i creixeran els microorganismes anaerobis que produeixen substàncies de degradació (sulfurs, mercaptans, etc) i que donen olors desagradables.

Per aquesta raó, el coneixement de la quantitat d'oxigen dissolt és essencial per a portar el control dels processos a la depuradora i dóna informació de l'estat de contaminació d'un corrent d'aigua. La determinació de l'oxigen dissolt es pot fer amb un aparell de mà anomenat oxímetre.

Paràmetres químics

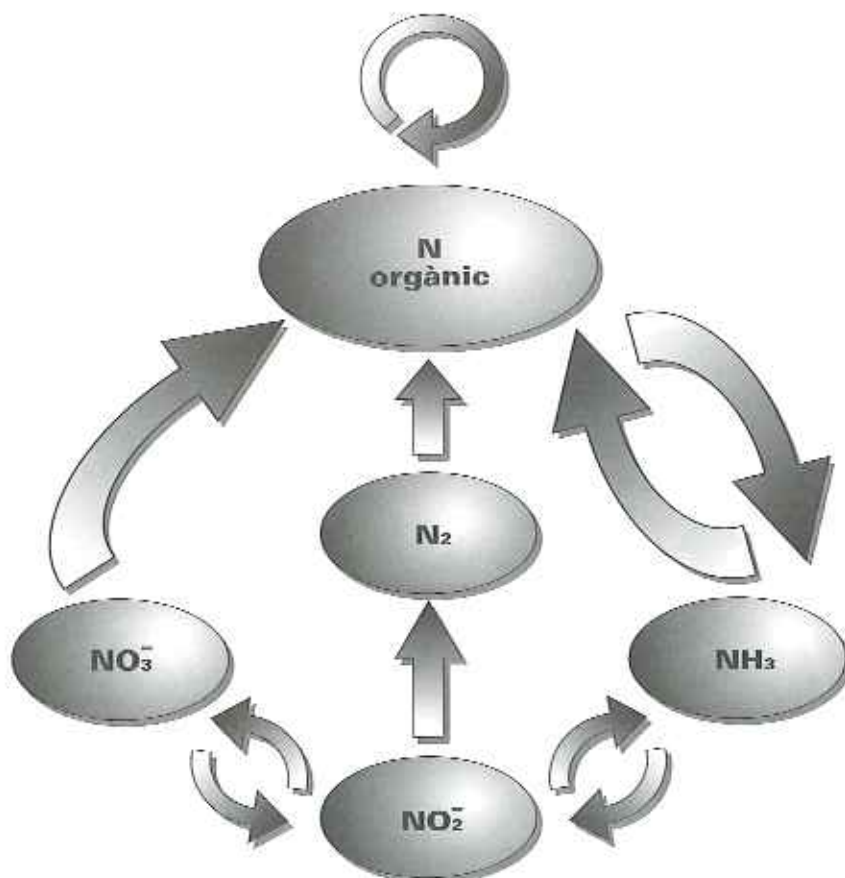
Els paràmetres químics que analitzarem seran els que es refereixen al nitrogen en les seves diferents formes, al fòsfor en forma de fosfats i a la presència de detergents en forma de detergents aniònics.

El nitrogen

El nitrogen és un dels quatre elements fonamentals de la química dels éssers vius, ja que és una peça bàsica en l'estructura de les proteïnes. Aquest element circula entre els éssers vius i el sòl i forma part de diferents compostos, i en menor mesura a l'aire (en forma de N_2) mitjançant un procés cíclic. Les diferents formes que pren el nitrogen en el seu recorregut pels éssers vius, la terra i l'aire són el resultat de transformacions biològiques.

Aquests compostos, que poden ser de naturalesa orgànica i inorgànica, tenen efectes contaminants de diferents tipus i, a més, incrementen la necessitat d'oxigen de les aigües.

1 ■ **Completa** el cicle del Nitrogen posant nom a totes les fletxes.



L'aigua natural, pel seu gran poder de dissolució, i les aigües residuals, pel fet de ser vehicle de transport dels residus líquids urbans, industrials i agrícoles, arrossegueu el nitrogen en forma de nitrats, amoníac, nitrogen orgànic i nitrits.

El nitrogen orgànic prové de les aigües residuals domèstiques i agrícoles, i dels residus de la indústria alimentària. L'amoníac i l'àcid nítric són productes industrials clau per a la fabricació d'adobs, per la qual cosa ambdós deriven del seu ús com a tal o bé del propi procés de fabricació.

D'altra banda, l'amoníac deriva també de la descomposició del nitrogen orgànic. Els nitrats provenen també d'altres indústries com la d'explosius, fabricació de coc, metal·lúrgica, etc... Per últim, hi ha una part de compostos de nitrogen que es formen de manera natural per fixació del nitrogen de l'aire.

Activitat 1.10 (2)

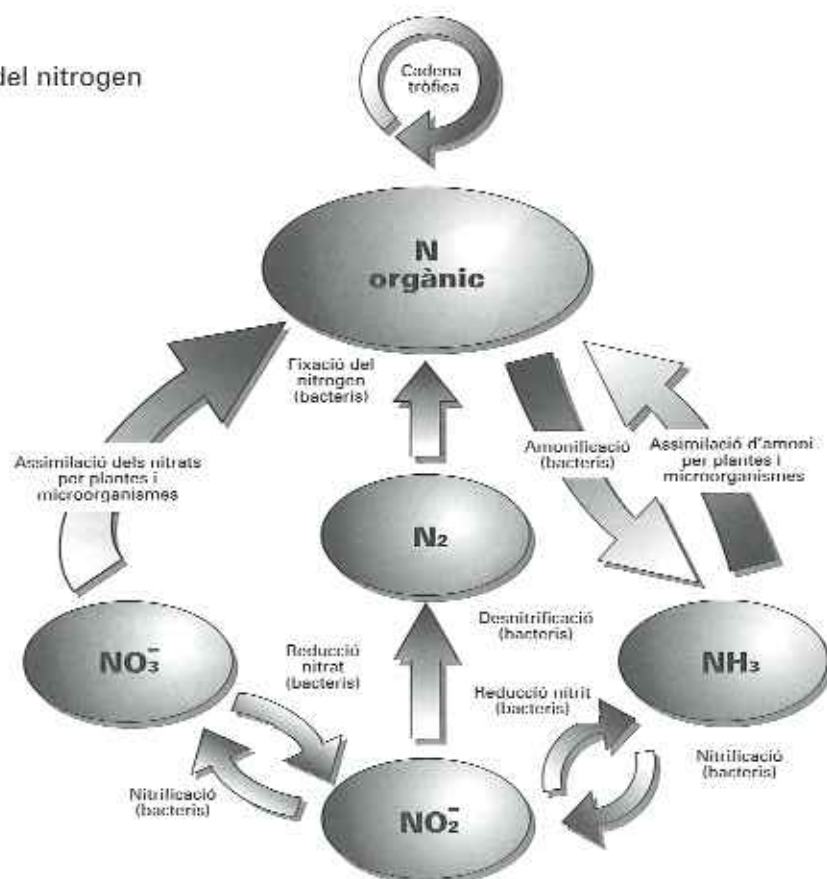
2 ■ Escriu la fórmula d'aquestes espècies químiques en ordre creixent segons el seu estat d'oxidació.

El nitrogen orgànic és degradat pels organismes heterotròfics i dona com a matèria residual l'amoniac. De manera que quan l'aigua arriba a la depuradora quasi tot el nitrogen que arrossega es troba en forma d'amoniac. La presència d'amoniac dona una olor desagradable a l'aigua. A més, la seva presència és perillosa per a la fauna aquàtica quan es troba en només algunes parts per milió (ppm). Una transformació natural de l'amoniac i les sals amòniques en nitrats i nitrits per part dels microorganismes requeriria una quantitat d'oxigen que el riu no podria proporcionar.

Aquest procés que transforma l'amoniac en nitrits i nitrats portat a terme per bacteris de les espècies *Nitrosomonas* i *Nitrobacteriae* rep el nom de nitrificació. En les condicions de treball de la depuradora, la introducció d'oxigen ajuda al desenvolupament de la colònia de bacteris autòtrofs, i el procés de nitrificació constitueix una font d'energia imprescindible per al seu creixement.

Una eliminació total del nitrogen a les aigües residuals es pot fer per reducció dels nitrits i nitrats a nitrogen gasos mitjançant un procés que s'anomena desnitrificació portat a terme en condicions anòxiques per microorganismes que utilitzen els nitrits i nitrats com a font d'oxigen. Aquest procés no es produeix a la depuradora de Lleida, ja que la concentració de nitrats en l'aigua de sortida és suficientment baixa.

Figura 3. Cicle del nitrogen



El fòsfor

A l'aigua, hi ha presents microorganismes fotosintètics, com són les algues, que poden créixer en condicions favorables, és a dir, en presència de diòxid de carboni, llum, aigua, nitrats o fosfats. Quan la quantitat d'aquests és abundant es produeix un considerable creixement d'algues que formen una capa verda sobre l'aigua.

Però la proliferació d'algues a la superfície no només genera una contaminació visual sinó que també disminueix l'entrada de llum, i l'oxigen produït per la fotosíntesi escapa a l'aire. Alguns tipus d'algues recorren a l'oxigen dissolt a l'aigua juntament amb la matèria orgànica com a font d'energia.

El ràpid creixement d'algues pot originar igualment la formació d'algues filamentoses, que en alguns casos poden arribar fins a 12 metres de llargada, les quals acumulen sòlids orgànics arrossegats pel riu sobre la seva superfície. Aquesta matèria orgànica extra també necessitarà oxigen per a la seva degradació. Finalment, les algues mortes que s'acumulen als marges del riu necessiten oxigen per a la seva descomposició.

Totes aquestes situacions de demanda d'oxigen fan que aquest disminueixi en tota la massa d'aigua, i acabin així amb la vida aquàtica i la formació de productes de la descomposició de matèria orgànica no oxidats que donen olors dolentes. Aquest fenomen es diu eutrofització.