

LES EDARS I LES QUALITATS DE L'AIGUA



Ferran Domínguez Hernández

9 de Desembre de 2015

Tutoritzat per: Jordi Ferrer i Miquel Mignorange



ÍNDEX

INTRODUCCIÓ	3
1. EDARs	5
1.1. QUÈ ÉS UNA EDAR?	5
1.2. PROCÉS DE TRACTAMENT DE LES EDARS.....	6
1.2.1. PRETRACTAMENT	6
1.2.2. DECANTACIÓ PRIMARIA.....	9
1.2.3. TRACTAMENT SECUNDARI O BIOLÒGIC	10
1.2.3.1. RECIRCULACIÓ DE FANGS A AERACIÓ.....	12
1.2.3.2. SORTIDA DE L'EFLUENT SECUNDARI.....	12
1.2.4. LÍNIA DE FANGS.....	13
1.2.4.1. ACUMULACIÓ I DIGESTIÓ DE FANGS	15
1.3. TRACTAMENT TERCARI	17
2. INDICADORS PER AVALUAR I LA QUALITAT DE L'AIGUA	18
2.1. INDICADORS FÍSICS.....	18
2.2. INDICADORS QUÍMICS	20
2.3. INDICADORS BIOLÒGICS.....	23
3. MARC PRÀCTIC	28
3.1. PROCEDIMENT ANALÍTIC DELS DIFERENTS PARÀMETRES DE LA QUALITAT DE L'AIGUA I EL SEUS CORRESPONENTS RESULTATS.....	28
3.2. COMPARATIVA D'AIGÜES ABANS I DESPRÉS DELS TRACTAMENTS DE L'EDAR DE TORROELLA DE MONTGRÍ.....	40
3.2.1. HIPÒTSESI PLANTEJADA.....	40
3.2.2. CONCLUSIÓ DE LA RECERCA: RESULTATS I ANÀLISIS.....	40
3.3. SEGUIMENT DE LES AIGÜES FLUVIALS DEL RIU TER I EFECTACIÓ DE LES AIGÜES TRACTADES A L'EDAR DE TORROELLA DE MONTGRÍ SOBRE AQUESTES.	41
3.3.1. HIPÒTSESI PLANTEJADA.....	42
3.3.2. PROCEDIMENT	42
3.3.3. CONCLUSIÓ DE LA RECERCA: RESULTATS I ANÀLISIS.....	44
CONCLUSIÓ	47
AGRAÏMENTS	49
BIBLIOGRAFIA	50



INTRODUCCIÓ

El meu treball de recerca es titula “Les EDARs i les qualitats de l'aigua”. Es basa amb l'estudi de les qualitats de les aigües fluvials del riu Ter, i les d'entrada i sortida de l'EDAR¹ de Torroella de Montgrí, amb una posterior comparativa. El treball es basa en l'estudi del medi ambient, la biologia i la indústria de les depuradores i, per tant, és un treball científic empíric i analític.

Des de petits ens han parlat de la importància de l'aigua, necessària per a l'agricultura, per a nodrir-nos, etc. L'aigua és la font de vida més important. Per això, m'he vist incentivat a fer-ne un treball relacionat. A més a més, fer pràctiques en un laboratori ha sigut sempre un dels meus somnis i, per tant, havia d'escollir un treball que relacionés l'aigua amb l'analítica. Un altre punt a tenir en compte és l'interès cap al funcionament de les EDARs, que tenen la capacitat de depurar les aigües residuals abans de restaurar-les al medi natural.

No obstant, abans d'escollir definitivament aquest tema havia considerat una altra opció, la investigació dels microcontaminants, clarament relacionat amb les aigües, les depuradores i les analítiques. No obstant, per problemes logístics no el vaig poder dur a terme.

El meu treball parteix de les següents hipòtesis:

- L'aigua residual d'entrada a l'EDAR tindrà una quantitat de contaminants (físics, químics, etc.) molt elevat. Un cop hagi passat per tots els tractaments de l'estació depuradora d'aigües residuals les proporcions de contaminants es reduiran fins al punt que aquesta aigua pugui ser útil per a les activitats humanes, o la seva restitució al medi.
- L'aigua es veu més afectada a mesura que s'acosta a la seva desembocadura. Dit d'una altra manera, durant el transcurs del tram estudiat del riu Ter s'hi presenten diverses activitats antropològiques, com per exemple l'EDAR de Torroella de Montgrí, que n'alteren la composició de l'aigua fent que aquesta esdevingui cada cop més contaminada. A més a més, l'aigua residual tractada que s'aboca al riu Ter (zona sensible) hi

¹ **EDAR:** són les sigles d'Estació Depuradora d'Aigües Residuals, el que coneixem com depuradora.



provoca efectes nocius, causant-hi una contaminació que altera el medi aquàtic i els éssers que l'habiten.

El treball té com objectius principals:

- Donar a conèixer el que fa una EDAR i com treballa.
- Donar a conèixer els iniciadors de les qualitats de l'aigua.
- Fer el seguiment de les aigües fluvials del riu Ter.
- Fer una comparativa de les aigües residuals abans i després de passar pels tractaments de l'EDAR de Torroella de Montgrí.
- L'efecte de les aigües tractades a l'EDAR de Torroella de Montgrí sobre el riu Ter.

Per a poder assolir els objectius proposats he fet ús de la següent metodologia:

- L'ús de diversos llibres i internet per a dur a terme el marc teòric.
- Visita a l'EDAR de Torroella de Montgrí, de Pals i de Begur per a complementar la teoria.
- Anàlisi de les aigües en el laboratori de l'EDAR de Torroella per a fer l'estudi químic, físic i biològic, i la comparativa de les aigües. He recollit 4 mostres d'aigües del riu Ter, en diversos punts estratègics i de les aigües d'entrada i de sortida de l'EDAR de Torroella de Montgrí.

El treball està dividit en dues parts molt diferenciades, el marc teòric i el marc pràctic, però al mateix moment molt lligades entre sí. En el marc teòric s'hi explica el funcionament d'una EDAR i quines són, en termes generals, les qualitats de l'aigua. En el marc pràctic s'hi observen les anàlisis, les comparatives i els efectes de les aigües residuals sobre les fluvials. Doncs és impossible la comprensió de la part pràctica sense una posterior lectura dels apartats teòrics.



1. EDARs

1.1. QUÈ ÉS UNA EDAR?

EDARs, són les sigles d'Estació Depuradora d'Aigües Residuals, és a dir, una estació depuradora o una planta de tractament d'aigua residuals (PTAR). La seva funció principal és aconseguir transformar les aigües residuals en altres de més qualitat, utilitzant diferents processos físics, biotècnics i químics. Aquestes aigües residuals provenen de l'ús local i quotidià dels ciutadans.

Hi ha dos tipus de contaminació de l'aigua:

- Contaminació dissolta en l'aigua.
- Contaminació en suspensió, moguda per l'aigua, etc.

Podríem fer una altra divisió referint-nos als compostos que hi trobem en ella:

- Contaminació orgànica (compostos procedents d'éssers vius com plantes, microorganismes, fongs, etc.)
- Contaminació inorgànica (procedent d'objectes inerts com podrien ser les piles, bateries, etc.)

Per últim trobem la divisió entre aquells residus que són:

- Eliminables, és a dir, que la pròpia naturalesa està capacitada per desfer-se'n.
- No-eliminables, aquells que de forma natural és impossible d'anul·lar.

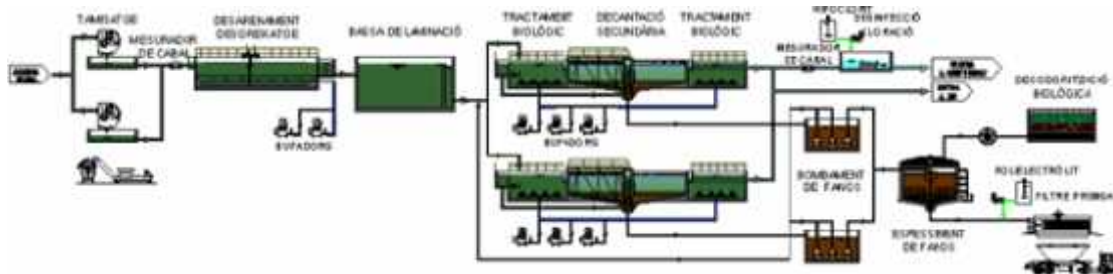
Hi ha diferents mètodes, que seran explicats en un posterior apartat, de mesura per tal de conèixer el nivell de contaminació d'un seguit d'aigües residuals.



1.2. PROCÉS DE TRACTAMENT DE LES EDARS

El procés de tractament de l'EDAR consta generalment de:

1. Pretractament
2. Tractament primari
3. Tractament Secundari/ Tractament Biològic
4. Línia de Fangs
5. Tractament Terciari



Il·lustració 1: Processos EDAR - http://www.ccbgi.org/sanejament_fitxa.php?id_municipio=14

A més, hi podem observar, en alguna ocasió, que s'hi duen a terme tractaments especials per tal d'aconseguir una millor depuració de les aigües residuals.

Per poder elaborar aquest apartat de forma més crítica, sustentada amb una base sòlida, he visitat 3 Estacions Depuradores d'Aigües Residuals: l'EDAR de Torroella de Montgrí, la de Pals i la de Begur.

Totes les depuradores tenen equipaments molt diferenciats, a causa de la càrrega d'aigua que hi arriba i el destí de l'efluent. Doncs, he buscat fer un anàlisi extens i complet de com és una EDAR de forma generalitzada.

1.2.1. PRETRACTAMENT

El pretractament consisteix en un seguit de tractaments físics. El que es busca és, a trets generals, poder separar, de l'aigua, la contaminació que es troba en suspensió, remolcada per



ella, etc. S'utilitzen diferents tècniques durant aquest procés (desbast, desengreixat i extracció de sorres) que ajuden a desfer-se dels residus més heterogenis i impedeixen que les màquines de filtratge de processos posteriors es facin malbé.

L'aigua residual, en primera instància, arriba a les depuradores mitjançant la força de la gravetat i, a més, també mitjançant un bombeig si la força de la gravetat no és suficient.

Un cop es troba a les depuradores, l'aigua residual passa per un primer dipòsit on els elements pesats són sedimentats. Aquest pas té una "grua cullera", que ajuda en el procés de neteja de l'aigua.

A continuació, a través d'unes reixes de pas (solen ser àmplies) l'aigua surt del dipòsit i arriba a un altre sistema de filtratge: el sistema d'elevació. Aquest eleva l'aigua en diferents nivells per fer-la circular per tota la planta, gràcies a la gravetat.

En el dipòsit d'arribada d'algunes plantes s'hi troben unes bombes que s'encarreguen d'eleva l'aigua, tal i com fa el sistema d'elevació. L'aigua passa a desbast² a través de reixes de gruixuts de pas ample i tamisos, on els materials en suspensió mil·limètrics (de 3 a 1.5mm) hi queden retinguts. En aquest tram del procés, l'entrada de l'aigua residual a l'EDAR és on hi trobem el focus d'olor més desagradable. Per això, l'entrada de l'aigua residual a la planta és duu a terme en un edifici generalment tancat, per tal de tractar i confinar l'atmosfera del seu interior.



Il·lustració 2: Reixa de desbast - Font pròpia



Il·lustració 3: Tamís (sòlids > 3mm) - Font pròpia

² **Desbast:** Tractament que consisteix en una sèrie de processos que tenen com a finalitat eliminar els contaminants sòlids presents a l'aigua.



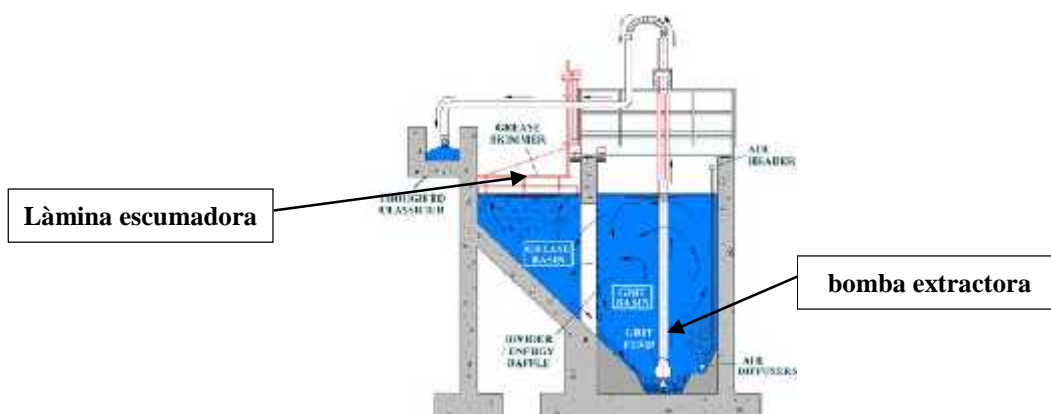
Il·lustració 4: Compactador de sòlids que han sigut tamisats - Font pròpia

L'aigua, un cop tractada, passa per un canal dessorrador-desgreixador. En aquest canal sedimentador s'hi produeix una insuflació de l'aire per tal d'aconseguir que les grasses flotin. Aquestes són transportades per una làmina escumadora³ que les abocarà per una posterior



concentració i recollida. Les sorres sedimentades al fons del canal són extretes per unes bombes que succecionen a la part inferior d'aquest i, es dipositen en un contenidor de sorres que es traslladarà a l'abocador. La làmina escumadora i la bomba extractora⁴ de sorres formen una estructura cíclica sobre un pont construït a sobre del canal dessorrador.

Il·lustració 5: Canal dessorrador - Font pròpia



Il·lustració 6: Canal dessorrador - datateca.unad.edu.co

³ **Làmina escumadora:** aparell que s'encarrega de recollir les grasses que es troben a la superfície.

⁴ **Bomba extractora:** aparell que s'encarrega de succeccionar la matèria de la part més fonda del canal dessorrador.



Per tant, el que podem observar en el Pretractament és que les aigües residuals queden lliures de matèria grassa, sorres i grava.

1.2.2. DECANTACIÓ PRIMÀRIA

Un cop les aigües residuals han passat per la primera fase de l'EDAR (el pretractament) arriben a uns sedimentadors on hi passen unes hores per tal d'aconseguir fer la separació dels materials que es troben en suspensió i que no s'han pogut filtrar, a causa de la seva reduïda mida, en el procés anterior.

Els dipòsits sedimentaris solen tenir una forma circular, encara que n'hi ha de moltes formes i mides. El seu fons és troncocònic i és on té lloc la recollida de fangs sedimentaris. Aquest



tipus de fangs reben el nom de fangs primaris. En els dipòsits sedimentaris l'aigua hi circula a unes velocitats molt baixes ($0'5-4\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$) perquè, això, ajuda molt a la separació de matèries que es troben en suspensió. És un tret característic d'aquests dipòsits. A més baixa velocitat ascensional més eficiència tindrà el decantador primari.

Il·lustració 6: Decantador Primari - www.consoraguasecija.es

La sedimentació primària es du a terme sense l'ús de químics, només hi solen intervenir mètodes físics per a la separació de la matèria residual de l'aigua (encara que hi ha excepcions com per exemple l'ús de: FeCl_3 que floclula les partícules) i, també, per raons econòmiques. En aquests procés, els sòlids en l'aigua es redueixen un 55% respecte la càrrega inicial (influent)⁵. La carga de la DBO⁶: és del 25% a causa de les bactèries que són arrastrades pels fangs.

⁵ **Influent/Afluent:** entrada d'aigua.

⁶ **DBO5:** És la demanada biològica d'oxigen, al cap de 5 dies, d'un medi. Un paràmetre que es mesura i s'analitza a les depuradores.



Hi ha moltes depuradores que no tenen la disponibilitat de tractaments bacteriològics i, per aquestes, l'etapa de sedimentació passa a ser l'etapa final de la línia d'aigua. En la sedimentació el que s'aconsegueix és la reducció dels SS⁷ i la DBO5 gràcies a una etapa prèvia de coagulació i floculació on s'hi afegeixen reactius químics (sulfats, clorurs, polielectròlits, etc.) que provoquen una unió dels sòlids i, així



Il·lustració 7: Polielectròlits - Font pròpia

és possible la seva separació de l'aigua. Però, l'afluent que es produeix en aquests processos no té les característiques exigides per la normativa europea per ser abocat a les anomenades "zones sensibles"⁸.

En el centre dels sedimentadors hi ha una arqueta de distribució hidràulica on l'aigua entra, procedent del pretractament, a un dipòsit per ser distribuïda en aquests sedimentadors. Els afluents de cada un dels sedimentadors o decantadors tornen a un altre dipòsit que fa passar l'aigua a la depuració biològica o secundària.

1.2.3. TRACTAMENT SECUNDARI O BIOLÒGIC

En aquest procés ja observem l'ús de tècniques més complexes i pròpies de la química. En primer lloc, s'utilitzen bacteris que agafen la matèria orgànica dissolta a l'aigua i la converteixen en components minerals. Seguidament, amb el procés de "decantació secundària" aquests minerals i bacteris seran separats de l'aigua. En aquest tractament hi ha diversos processos. Podem trobar una gran quantitat de tractaments secundaris com podrien ser: (fangs actius, llits bacterians, etc.).

No obstant, aquests es poden agrupar en tractaments de biomassa, tant suspesa com fixa. En el primer de tots, la biomassa (bactèries) està suspesa en el medi aquàtic, en contacte amb la contaminació orgànica mitjançant l'agitació. En la biomassa fixa, es posa sobre un material que fa de suport. Aquest es col·loca amb contacte amb l'aigua i la contaminació orgànica.

⁷ **SS:** Sòlids en suspensió.

⁸ **Zona sensible:** Són els punts on es produïxen els abocaments, al medi natural, de les aigües tractades. Com per exemple els rius.



Es defineix com el procés físic-químic destinat a afinar algunes característiques de l'aigua de la depuradora per poder-la utilitzar en un futur relativament curt. Segons l'ús que se li vulgui donar a l'aigua, s'han de seguir diferents tractaments. No obstant, la higienització és el més conegut i habitual: s'encarrega d'eliminar els virus i gèrmens de l'aigua.

En primera instància ens trobem, al tractament biològic, la bassa d'aeració. Aquesta pot estar dividida en tres zones diferents, aeròbia, anòxica, i anaeròbia però, que al mateix moment, treballen en paral·lel. L'aigua avança fent un ziga-zaga gràcies a un vehiculadors que a més mantenen el fang, anomenat licor mescla, en suspensió.

A mesura que l'aigua avança a través de difusors que se situen al fons de la bassa va rebent aire. Aquest oxigen insuflat, juntament amb la matèria orgànica, permeten el fàcil desenvolupament dels microorganismes que arriben a formar una biomassa aeròbica flotant que s'agrupa formant flocs.



Il·lustració 8: Bassa d'aeració amb els col·lectors - Font pròpia

Unes bufants són les encarregades de fer l'aportació d'oxigen, aquestes estan allotjades en un edifici insonoritzat amb aïllants acústics, a causa del gran soroll que fa la seva maquinària. En ell també hi trobem uns col·lectors d'aire equipats amb els sensors que mesuren el caudal els quals permeten conèixer la quantitat d'aire que s'insufla a la bassa d'aeració.



Il·lustració 9: Compresors que s'encarreguen d'insuflar l'aire - Font pròpia

Si el reactor biològic permet un temps de contacte suficient entre l'afluent i les bacteris, és possible arribar a un segon grau de tractament: la nitrificació. Aquesta és l'oxidació de l'amoniac a nitrit i després a nitrat mitjançant els bacteris nitrificants. L'amoniac és tòxic per a la fauna de peixos. Els bacteris nitrificants són autòtrofs (extreuen el carboni necessari per al



creixement del CO₂ de l'aire). Per tant, estan creixent molt més lentament que els heteròtrofs. Una planta de tractament d'aigües residuals primer ha de treure els compostos orgànics abans de nitrificar.

La tercera etapa, opcional és desnitrificar. La desnitrificació es porta a terme en una zona anòxica del reactor, en presència de compostos orgànics i nitrats. Els nitrats es redueixen a nitrogen (N₂) i s'escapa l'aire. Aquest pas cada vegada més generalitzada de protegir el medi ambient natural.



Seguidament trobem els decantadors secundaris que s'encarreguen de separar els fangs que decantaran a la part inferior de l'element, de l'aigua depurada. Un cop separats, l'efluent líquid es pot abocar a la llera⁹ pública, per exemple: riu Ter.

Il·lustració 10: Decantador secundari – Font pròpia

1.2.3.1. RECIRCULACIÓ DE FANGS A AERACIÓ

Un cop els fangs ja han sigut decantats en els sedimentadors han de retornar a l'entrada de la bassa d'aeració perquè hi hagi la biomassa necessària per dur a terme el procés de depuració biològic. Tant sols una part d'aquest fang s'extreu i passa a fer un tractament final, rep el nom de fang en excés, on, al finalitzar, serà abocat a l'exterior.

1.2.3.2. SORTIDA DE L'EFLUENT SECUNDARI



Per finalitzar, trobem una arqueta d'aigua en la qual hi passa l'afluent ja depurat en direcció al riu. Aquesta arqueta té la característica de que és enrajolat amb un color clar amb l'objectiu de facilitar, a tots els visitants, una agradable sensació i visió d'aigua ja depurada i adient per ser abocada al caudal públic.

*Il·lustració 12: Aigua sortint de l'EDAR
–Font pròpia*

⁹ **Llera:** Llit d'un riu o torrent.



Segons l'ús que es vulgui fer de l'aigua tractada aquesta haurà de passar per un altre tractament, el denominat tractament terciari.

1.2.4. LÍNIA DE FANGS

Es tracta dels residus resultants dels processos anteriors. El que obtenim en aquest procés és un subproducte amb una gran concentració de contaminants que, a causa de la seva composició, pot arribar a ser difícil de tractar i eliminar.

Els processos de tractament d'EDAR que més fangs produeixen són:

- **Fangs Primaris**→ Es produeixen en el procés de decantació primària. Són inestables i putrescibles, ja que no s'han descompost al no haver sigut tractats biològicament. Són de color grisós amb gran quantitat de sòlids fecals i diferents tipus de desfets, per exemple humans.

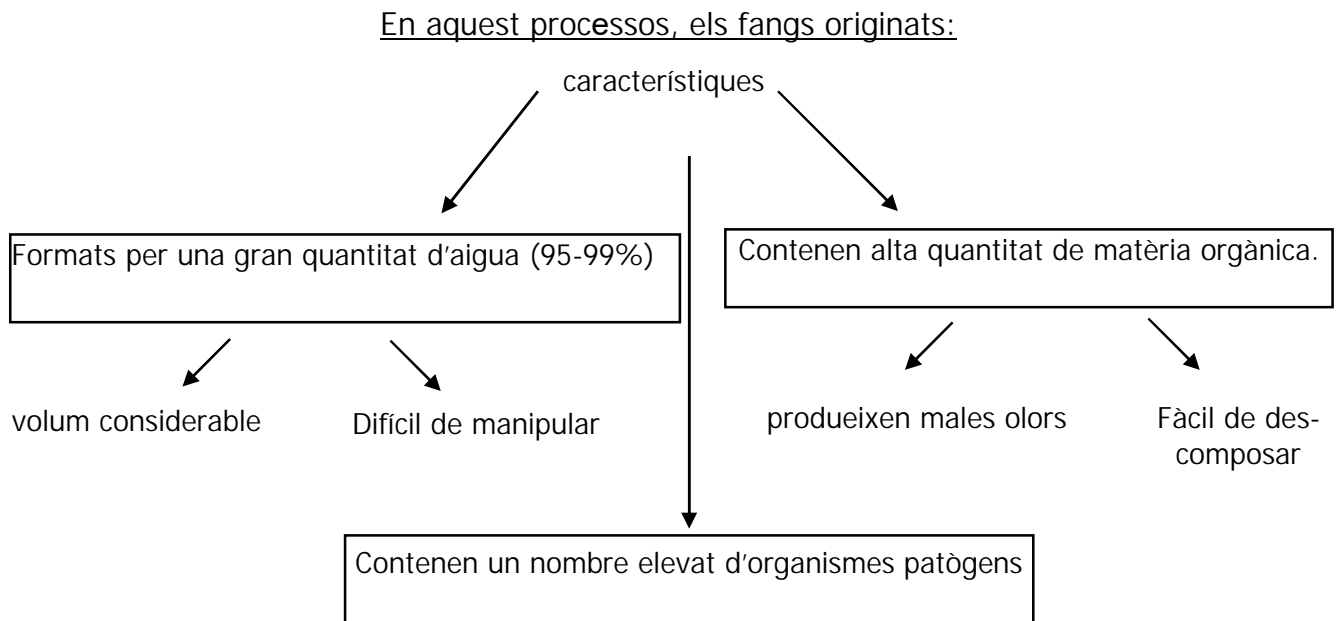


Il·lustració 11: Fangs primaris compactats – Font pròpia

- **Fangs Secundari**→ “Fangs en excés” procedents del procés de fangs actius. la seva matèria orgànica està parcialment descomposta. color marronós amb olor no desagradable. En la seva descomposició es transformen en sèptics i passen a tenir una olor forta i desagradable:



Il·lustració 12: Fangs secundaris – Font pròpia



Per tal d'evitar la majoria dels problemes que comporten els fangs, es poden aplicar tres processos:

1. Intentar reduir i minimitzar el volum d'aigua present en els fangs i, així, evitar treballar amb grans volums. Això es pot fer gràcies a l'Espessament¹⁰. Que pot ser tant de gravetat, únicament intervé la força de la gravetat com a separador del fang amb l'aigua, o esperador mecànic que gràcies a l'adició d'un floculant es produeix la separació en una malla filtrant.



Il·lustració 14: Espessidor mecànic –
Font pròpia



Il·lustració 13: Espessidor per gravetat
–Font pròpia

¹⁰ **Espessament:** reducció de la quantitat d'aigua.



2. Solucionar el problema de la fermentació i la putrefacció. Això és possible gràcies a l'estabilització/digestió de la matèria orgànica.
3. Buscar fer els fangs més manejables i transportables. Per fer-ho s'utilitza la deshidratació, en un medi físic, així s'elimina la majoria de l'aigua.

1.2.4.1. ACUMULACIÓ I DIGESTIÓ DE FANGS

En aquest procés també es du a terme la sortida de l'afluent depurat. A més, els fangs són recollits, concentrats, digerits i, per últim deshidratats. El conjunt d'aquests passos s'anomena "línia de fangs".

1.2.4.1.1. ESPESSIMENT DE FANGS

Primer de tot s'extreu el fang amb bombes del fons dels decantadors primaris que són enviats a un espessidor gràcies a la força de la gravetat. L'aigua restant s'envia altre cop a l'inici del procés de depuració. A l'espessidor, el contingut de matèria seca a l'aigua arriba a ser d'un 6-8%, això és una xifra raonablement bona ja que quan arriba, en primera instància, a la depuradora és de l'ordre de 2 al 5%.

Els fangs obtinguts en els decantadors o sedimentadors secundaris tenen una densitat menor que els que s'obtenen en els primaris. La seva concentració sol tenir lloc a l'espessidor per flotació, el que fa aquest és agafar els fangs concentrats a la superfície gràcies a l'anomenada "aigua blanca" que és un conjunt de bombolles d'aire d'una dissolució aquosa sobresaturada amb aire a pressió. La concentració de matèria seca a l'espessidor arriba a ser del 6 al 8%.

Aquests fangs més concentrats poden passar a ser deshidratats (en aquest procés acaben assolint una concentració de matèria seca dins de l'aigua de l'ordre de 15-20%) abans de ser abocats a abocadors de residus sòlids.



1.2.4.1.2. DIGESTIÓ DE FANGS

Hi ha depuradores on els fangs redueixen el seu volum a través de la digestió. Aquest procés consisteix en què els microorganismes que es troben presents en els mateixos fangs són capaços de metabolitzar la matèria orgànica en dipòsits digestors, hi ha dos tipus de procés de digestió, aeròbia o anaeròbia:

- **Dipòsit digestor aeròbic** → Són aquells dipòsits oberts amb insuflació d'aire.
- **Dipòsit digestor anaeròbic** → Són aquells dipòsits que no compten amb l'aportació d'aire i, normalment, són tancats. En el cas dels dipòsits anaeròbics la digestió té lloc amb l'ajuda d'un gas després anomenat "gas biològic".

1.2.4.2. DESHIDRATACIÓ DE FANGS

Hi ha un edifici on es troba tot l'equip i maquinària necessària per a poder dur a terme la deshidratació dels fangs. Aquests ja són digerits. L'objectiu que es planteja assolir és extreure la major quantitat d'aigua possible i així aconseguir reduir el pes i volum dels fangs per un posterior millor i més senzill transport. La maquinària que s'utilitza és:

- Filtres de banda.
- Filtres premsa.
- Centrifugadores.



Il·lustració 15: Filtres premsa – Font pròpia



Il·lustració 16: Centrifugadora – Font pròpia

També ens podem trobar amb depuradores de mides petites, les quals, per tractar el volum i mesura del fang utilitzen mètodes més senzills com podria ser deixar en les eres de secà els fangs per tal d'aconseguir reduir el seu volum amb l'ajuda del sol i l'aire. Encara que poden tenir l'ajuda de microorganismes que faciliten una digestió tant aeròbica com anaeròbica.



El procés de deshidratació és molt important a causa del gran cost econòmic que suposa per a una depuradora el seu transport i abocament. Per tant, com més volum i pes es pugui reduir, més econòmic serà per l'EDAR.

1.3. TRACTAMENT TERCIARI

En funció de l'existència d'un determinat usuari de les aigües tractades es defineix un altre tractament que donarà a l'aigua una qualitat major. Es el denominat tractament terciari, aquest consisteix en un tractament que augmentarà la qualitat tant física, química, com microbiològica de l'aigua, i haurà de complir unes directrius de qualitat segons l'ús que se'n faci, si per reg de cultius, reg per a camps de gol, usos recreatius, us industrial, o recàrrega d'aquífers.

La importància del tractament terciari es en major part la higienització de l'aigua, es a dir l'eliminació de virus i bacteris que hi ha present encara en l'efluent de secundari.



2. INDICADORS PER AVALUAR I LA QUALITAT DE L'AIGUA

Per avaluar la qualitat de l'aigua es poden utilitzar tres grans grups diferenciats d'indicadors: els físics, els químics i els biològics.

2.1. INDICADORS FÍSICS

Primer de tot, parlarem dels indicadors físics. Utilitzats per definir quina és la qualitat d'una aigua segons el seu aspecte, color, olor, gust, etc. És a dir, ens indiquen els paràmetres fàcilment determinables sense la necessitat de grans instruments ni maquinària especialitzada. Els resultats que s'obtenen tenen un caràcter subjectiu i, per tant, són difícils de sistematitzar. Encara que, últimament, s'han definit noves metodologies que donen una valoració més sistematitzada i parametritzada de forma que fa que sigui més fàcil la seva quantificació.

En l'àmbit de paràmetres físics la presència de sòlids és un dels indicadors més importants ja que avaluen: la terbolesa, el color i els sòlids en suspensió, encara que hi ha altres paràmetres a avaluar, com l'olor i el gust, la temperatura o la conductivitat.

Terbolesa → És un paràmetre que s'utilitza per indicar la presència de sòlids, sobretot col·loides, en una aigua. Aquesta matèria es pot trobar fonamentalment en tres estats:

- Dissolta, és a dir, en suspensió o en forma de col·loide. La matèria està barrejada homogèniament amb el líquid.
- En estat sòlid dins l'aigua.
- Les partícules de matèria es troben en una fase intermèdia. Ja que es troben en estat sòlid però amb una mida massa reduïda per ser eliminades per filtració o decantació.

La terbolesa pot provocar problemes estètics, de gust, olor o, fins i tot, sanitaris.

Color → L'aigua, innegablement, és incolora. Això vol dir que si hi observem un color característic es deu a l'existència de substàncies no fonamentals d'aquesta. Aquestes substàncies



podrien ser els sòlids en suspensió (matèria en suspensió) i altres substàncies dissoltes en l'aigua, les quals donen lloc a l'anomenat color vertader¹¹. El color pot comportar problemes estètics, l'imitar el seu ús a les indústries de begudes, etc. I, si s'uneixen els compostos causants del color amb clor, poden formar compostos cancerígens.

Sòlids en suspensió → Quan trobem elevades quantitats de matèria a les aigües, ja no podem comptar amb l'indicador de torbesa. Per tant, necessitem aquest paràmetre per determinar la quantitat de sòlid present en una mostra. Això es fa eliminant l'aigua i pesant la matèria resultant. Aquest mètode físic ens permet determinar, de forma global, la matèria present.

Olor i gust → Si parlem d'aigua pura direm que és inodora i insípida. En canvi, si parlem d'aigua natural trobem aquestes dues característiques (l'olor i el gust). Això es causat pels compostos, dissolts i/o en suspensió, adquirits al llarg del recorregut cíclic natural. Aquest paràmetre és encara molt subjectiu però hi ha dos mètodes valoratius que intenten estandaritzar-lo:

- Diluint la mostra original fins que un grup d'experts determina que ja no es mostra la característica. No es poden identificar les substàncies que donen l'olor i el gust.
- Tècniques més complexes on s'hi fa ús d'instruments sofisticats amb tractament de les dades. Són molt limitades a causa de la seva gran complexitat.

Temperatura → La majoria de processos biològics en l'ecosistema depenen de la temperatura, per tant té un paper important. Perquè, en augmentar la temperatura s'accelera la velocitat de les reaccions químiques i biològiques. Encara que un augment excessiu, pot disminuir-ne l'activitat. Per tant, si aboquem aigua amb una temperatura diferent a la que li correspon al medi concret, l'ecosistema farà una selecció natural dels organismes més ben adaptats a les noves condicions. A més, l'aigua afecta a la solubilitat dels gasos concentrats a l'aigua. Si hi ha un increment de temperatura hi haurà menys oxigen disponible. El factor més

¹¹ **Color vertader:** Color causat per la presència de compostos orgànics que poden tenir un origen natural o artificial.



important és la variació de la temperatura ambiental de l'aigua a causa del cicle natural de les estacions.

Conductivitat → És la capacitat que tenen les aigües per conduir electricitat gràcies a les sals que hi ha dissoltes. És un paràmetre que mesura els ions (Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Cl^- , SO_4^{-2} i bicarbonat). És a dir, les sals minerals. Aquestes sals venen condicionades per:

- Les característiques del sòl per on hi circula l'aigua. A terreny més calcari, més sals; a més silícic, menys sals.
- Els abocaments d'aigües residuals, ja que tenen una elevada salinitat ja que no es poden eliminar els ions en el procés de depuració.

Aquest paràmetre s'utilitza per conèixer l'existència d'abocaments i per avaluar la possible reutilització o, simplement, utilització d'una aigua per regar. A més sals dissoltes, menys possibilitats de reg. Això es deu a la regulació que fan les plantes amb el medi: procés l'osmosi. Es mesura aquest paràmetre utilitzant un conductímetre.

2.2. INDICADORS QUÍMICS

Hi ha una gran quantitat de substàncies químiques (més de deu milions) i és molt difícil poder arribar a mesurar-les totes. Una fracció d'aquestes són les que realment afecten a l'aigua.

El que fan els experts és innovar, cercar i experimentar noves tècniques per tal d'aconseguir mètodes que puguin englobar-les totes i, així, evitar que hi hagin substàncies indetectables pels indicadors químics.

Entre els indicadors químics més coneguts actualment podríem trobar-hi diversos indicadors: de PH, duresa, matèria orgànica, nutrients, etc.

PH → És la concentració d'ions H_3O^+ que trobem en una dissolució aquosa per tal de poder determinar si una substància és àcida, bàsica o neutre. El PH s'expressa en potències de base 10 amb un exponent negatiu per poder treballar amb números més senzills.



$$\text{PH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$$

Quan el $\text{PH} < 7$ és àcid, $\text{PH} = 7$ és neutre i $\text{PH} > 7$ és bàsic.

Un àcid és aquell que pot donar protons i una base aquella que en pot rebre.

És important conèixer la quantitat de ions que hi ha en la dissolució aquosa ja que pot fer que aquesta no sigui potable, utilitzable per activitats humanes, etc. (És útil entre el $\text{PH} \rightarrow 7/8$). La concertació d'ions a l'aigua sol augmentar a causa de les reaccions que duen a terme amb diverses substàncies com sals i per les activitats biològiques com la fotosíntesis i la respiració que influeixen en la regulació del PH a través de la capacitat que tenen reduir i incrementar la concentració de diòxid de carboni dissolt en les aigües naturals.

Duresa → L'aigua té la capacitat de fer escuma amb sabó. Si té molta duresa per la capacitat de fer-ho. La duresa es manifesta amb la quantitat de magnesi i calci que conté (mg/L). Els valors es solen moure entre 0 i 150. Si l'aigua oscil·la entre 0 i 60, és una aigua tova; entre 60 i 120, moderadament dura i; a partir de 130 ja són aigües dures. Aquestes últimes, els consumidors les poden detectar provocant un rebuig.

Oxigen dissolt → En l'àmbit fluvial és el mètode indicador més utilitzat ja que l'oxigen participa en gran quantitats de processos que tenen lloc en aquest medi.

L'oxigen es forma fonamentalment per dos mecanismes diferents:

- **Físic** → Procés d'intercanvi d'oxigen amb l'atmosfera.
- **Químic** → Acció fotosintètica dels productors primaris.

Per contra, és consumit pels microorganismes en els processos d'oxidació de la matèria orgànica o inorgànica, i en els processos de respiració dels organismes.



És necessari un equilibri entre l'aportació i la consumició d'oxigen. Si hi ha més consum la concentració d'oxigen disminueix i afecta les comunitats del medi. Si hi ha menys de 2mg/L els peixos poden arribar a morir.

Matèria orgànica→ L'aigua està composta, en bona part, per matèria orgànica. Gran quantitat d'aquesta arriba a les aigües a causa d'abocaments. Per tant, és un bon indicador de contaminació.

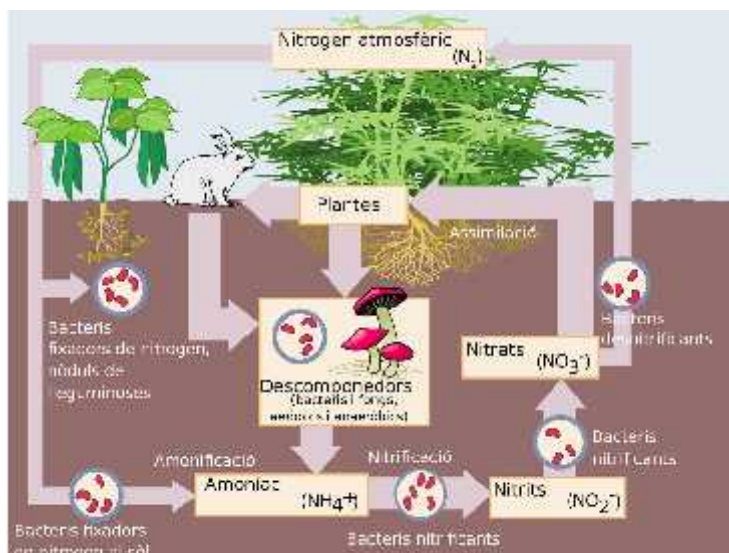
Entenem la matèria orgànica com aquella capacitada per reaccionar amb l'oxigen en un procés d'oxidació¹². I, és amb aquesta característica amb la que es pot analitzar i caracteritzar la matèria orgànica d'una aigua. El que es fa és mesurar l'oxigen consumit.

Segons les condicions trobem diferents tipus de anàlisis:

- **DBO (demanda biològica d'oxigen)**→ L'oxidació es du a terme per part de microorganismes.
- **DQO (demanda química d'oxigen)**→ L'oxidació es du a terme per part d'oxidants químics, és a dir substàncies que provoquen l'oxidació.

Nutrients→ Parlem principalment del nitrogen, la substància més abundant a la nostre atmosfera. Aquest compost sempre es troba en les mateixes quantitats però es va renovant a la terra gràcies al cicle que segueix:

¹² **Oxidació:** És un procés en el que un compost cedeix els electrons i, així, augmenta el seu estat d'oxidació. Exemple: $X^{+2} \rightarrow X^+ + \text{electró}$.



Il·lustració 19: Cicle del nitrogen – www.boundless.com

L'activitat humana ha alterat el cicle que el nitrogen segueix a causa de:

- La fixació industrial del nitrogen, fent-lo combinar amb l'hidrogen i formant l'amoniac.
- El Cultiu intensiu de plantes lleguminoses. Aquestes plantes tenen bacteris fixadors de nitrogen. Per tant, s'altera el cicle.

2.3. INDICADORS BIOLÒGICS

Les variacions que es poden produir en els organismes poden donar a conèixer informació referent a les qualitats de l'aigua. L'ús d'aquests indicadors tenen la capacitat d'observar diferents efectes i accidents, provocats per les aigües, sobre els organismes indicadors, tant actuals com anteriors. Aquests períodes d'observació varien segons la vida de l'organisme que pot anar de pocs dies o setmanes (protozous, bacteris, etc.) a mesos i anys (cucs, cargols, peixos, etc.).

Els mètodes biològics tenen la capacitat d'avaluar els organismes de la comunitat, o de les seves relacions, que es poden veure afectats pels canvis en la qualitat de l'aigua. La presència de substàncies a l'aigua i les variacions de les seves concentracions poden causar, als organismes que habiten en un medi aquàtic, diferents efectes, entre els més destacats:

- Canvis en la composició de les espècies que formen les comunitats aquàtiques.



- Canvis en els grups que predominen en un determinat hàbitat.
- Reducció en el nombre d'espècies, alta mortalitat de larves i ous (estadis inicials de vida).
- Gran mortalitat de les poblacions, en general.
- Canvis en el comportament del seu metabolisme o l'aparició de deformitats morfològiques.

Aquests mètode biològic es diferencia del químic:

- Es poden detectar accions prèvies, com abocaments.
- No és requereix grans equipaments o no tant sofisticat.
- Es poden fer mesures *in situ* o de forma ràpida.

Segons la necessitat d'observació d'elements més fonamentals és necessari un equipament més complex. Per tant, podem distingir quatre mètodes biològics diferents:

- Ecològics
- Microbiològics
- Fisiològics i bioquímics
- Ecotoxicològics

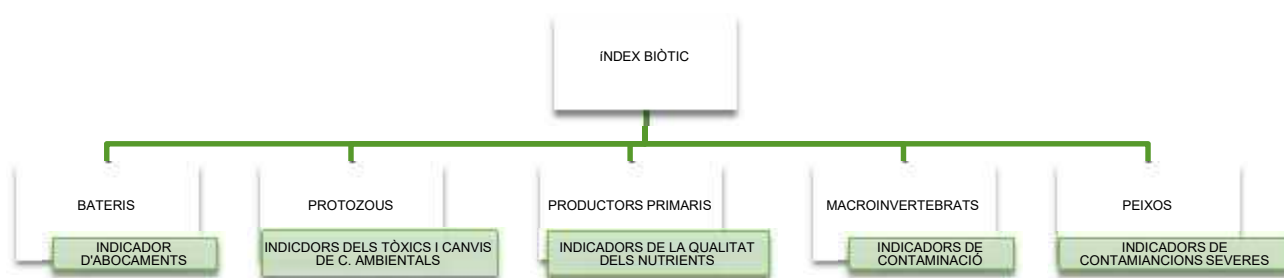
Mètodes ecològics → És el mètode biològic emprat per conèixer si la qualitat del medi és suficient per a la possible vida aquàtica. A més, també és utilitzat per conèixer si hi ha contaminació i alteracions a l'hàbitat i el cabal.

Es basa en la fet de que cada ésser ocupa un hàbitat definit per condicions físiques, químiques i biològiques. Això ens diu que, per cada condició específica, trobarem unes determinades espècies o comunitats. Per tant, si es produeix un canvi en aquests trets es veurà alterat el nombre d'espècies, d'individus i la seva abundància. Aquestes alteracions en l'hàbitat poden ser tan severes que, fins i tot, el poden fer inhabitable o amb impossibilitat d'adaptació per a alguna espècie.



Els organismes que tinguin uns requisits més estrictes, pel que fa a l'adaptació al medi, són els que podran facilitar la identificació dels canvis de l'aigua de forma més precisa.

Tota aquesta informació és útil per crear l'anomenat índex biòtic. Aquests índex, simplement, estableix una pauta entre els individus que habiten en un medi aquàtic i les qualitats de la seva aigua.



Mètodes microbiològics → Els bacteris són indicadors de contaminació fecal a l'aigua. Aquest tipus de contaminació afecta, directament, l'ús d'aquesta per el consum humà. A més, si és ingerida, pot comportar malalties de caràcter agut.

L'aigua amb contaminació fecal al ser tant nociva fa d'obligat compliment el seu tractament per a un posterior consum. Per tant, l'ús d'indicadors específics és clau per la contaminació fecal. Aquests, han de ser fiables, senzills d'implantar i, al seu torn, d'un reduït cost.

L'objectiu principals, doncs, és evitar malalties causades per organismes patògens. Per això, s'estableix un criteri que es basa en la determinació d'aquests organismes a les mostres analitzades. En altres paraules, si es detecten organismes patògens a les mostres és molt probable que hi hagi risc d'infecció. No obstant, es planteja un problema ja que la identificació individual d'aquest és molt complicada. Aleshores és necessari disposar d'un mètode genèric útil per indicar la presència de matèria fecal a l'aigua. Això s'aconsegueix amb la selecció d'un tipus de microorganisme molt concret que té les següents característiques:



- Sempre present en la matèria fecal.
- Prou resistent per assegurar que la seva absència es representativa de l'absència d'altres organismes.
- Relativament fàcil d'identificar.

Totes aquestes característiques les reuneixen els bacteris coliforms¹³, més concretament *Escherichia coli*. La quantitat present d'aquests en la femta humana és escandalosa i això provoca que les aigües residuals en presentin milions per cada 100ml d'aigua. La seva quantitat en relació amb altres microorganismes, com els virus, és molt més elevada (unes 100.000 vegades superior). Per tant, si no trobem *Escherichia coli* en una aigua podem dir que no presenta problemes patògens.

Mètodes fisiològics i bioquímics:

Mètodes fisiològics → mesuren la velocitat en que els organismes són capaços de créixer en una massa d'aigua determinada, degradar un substrat, etc. La variació de la velocitat d'aquest processos és indicadora d'una modificació de l'estat fisiològic causat per la presència de contaminants o alguna alteració en el medi.

Per calcular aquesta velocitat es du a terme un càlcul: $Velocitat = \Delta variable\ estudiada / \Delta temps$.

Els resultats són suficients ja que mesuren la resposta global del sistema, en general (tots els individus), a una alteració, modificació o pertorbació. La dificultat per identificar els organismes presents i la quantitat precisa és molt elevada. Aquest mètode no és utilitzat habitualment.

També es mesura la producció i el consum d'oxigen. Amb això podem conèixer els efectes d'un tòxic i la toxicitat de l'aigua.

¹³ **Bacteris coliforms:** grup de bacteris que solen abundar en el intestí humà.



Mètodes bioquímics → Són útils per efectuar el seguiment dels microorganismes d'interès, de forma ràpida, utilitzant tècniques de biologia molecular. Presenten dificultats econòmiques i exigeixen personal qualificat. Així doncs, la monitorització per a processos de tractament d'aigües residuals o el seguiment de la qualitat de les aigües potables és complicat.

Mètodes ecotoxicològics → Són els mètodes útils per avaluar la toxicitat d'una aigua. Per tant, l'objectiu és mesurar el seu impacte sobre el medi natural, una planta de tractament, etc. No és necessari identificar la composició de l'aigua.

Aquest procediment s'estandarditza amb l'ús d'uns organismes seleccionats dels quals en coneixem les respostes davant unes condicions determinades.

S'utilitza una població de referència, és a dir, que està estandarditzada. Aquesta aproximació presenta avantatges en els resultats, que són més comparables. Poden presentar limitacions quan s'apliquen en situacions reals perquè no tots els organismes poden reaccionar igual davant una determinada substància tòxica de concentració coneguda.

Es poden establir dos tipus diferents de toxicitat:

- **Toxicitat aguda** → Quan trobem una dosi elevada del compost contaminant en un període curt de temps. Els seus efectes són ràpids i produeixen la mort dels organismes.
- **Toxicitat crònica** → Quan ens trobem amb dosis molt baixes de compostos tòxics en un període relativament llarg de temps. Provoca mort d'alguns organismes i/o alteracions biològiques i fisiològiques.



3. MARC PRÀCTIC

El marc pràctic es divideix en tres apartats:

- El procediment analític dels diferents paràmetres de la qualitat de l'aigua amb les seus corresponents resultats.
- La comparativa d'aigües abans i després dels tractaments de l'EDAR de Torroella de Montgrí.
- El seguiment de les aigües fluvials del riu Ter i l'efecte de les aigües tractades a l'EDAR de Torroella de Montgrí sobre aquestes.

Tots aquests apartats es relacionen directament amb els indicadors de l'aigua ja que és necessari fer una anàlisi d'aquests indicadors per a poder corroborar o desmentir la hipòtesis plantejada. A més, els dos últims apartats fan referència a les EDARs i els seus processos de sanejament.

Encara que en cada apartat s'hi planteja una hipòtesis diferent, la finalitat és conjunta: conèixer les funcions de les EDARs i aprendre a analitzar les aigües i com aquestes poden arribar a afectar les zones sensibles o les zones on hi són abocades.

3.1. PROCEDIMENT ANALÍTIC DELS DIFERENTS PARÀMETRES DE LA QUALITAT DE L'AIGUA I EL SEUS CORRESPONENTS RESULTATS.

PH → Per poder mesurar el PH els passos a seguir han sigut:

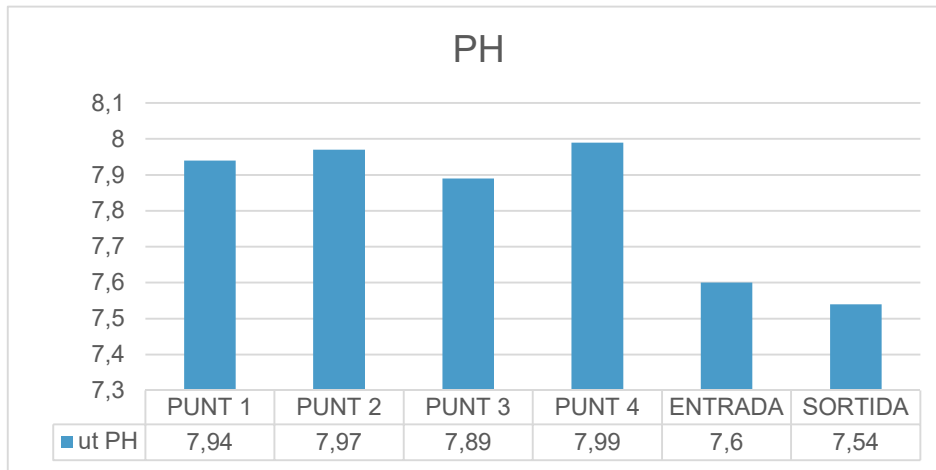
- 1) Homogeneïtzar la mostra, és a dir, agitar-la.
- 2) Submergir l'elèctrode a la mostra.
- 3) Obtenir la mesura (s'obté el resultat directament).
- 4) Rentar l'elèctrode i assecat-lo amb aigua destil·lada per poder analitzar una altra mostra sense interferències.

Material

- Sensor elèctrode



Il·lustració 20: Analitzant les mostres – Font pròpia



CONDUCTIVITAT → Per poder mesurar la conductivitat els passos a seguir han sigut:

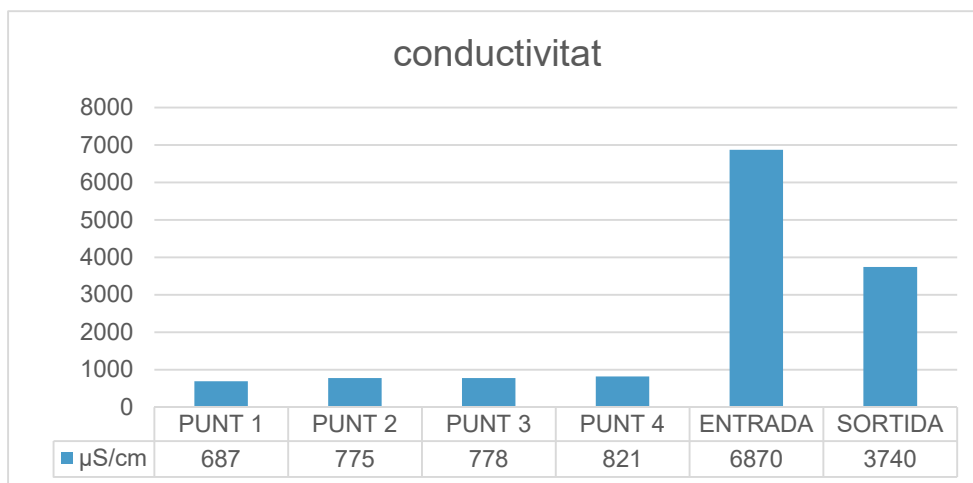
- 1) Homogeneïtzar la mostra, és a dir, agitar-la.
- 2) Submergir el sensor a la mostra i continuar homogeneïtzant-la.
- 3) Obtenir una lectura (el resultat s'obté directament).
- 4) Rentar i assecar el sensor amb aigua destil·lada per poder analitzar una altre mostra sense interferències.



Il·lustració 21: Material – Font pròpia

Material

- Sensor de conductivitat



Temperatura → Per mesurar la temperatura l'únic element necessari és el termòmetre digital, que ve inclòs en el sensor de conductivitat. S'han de seguir els passos següents:

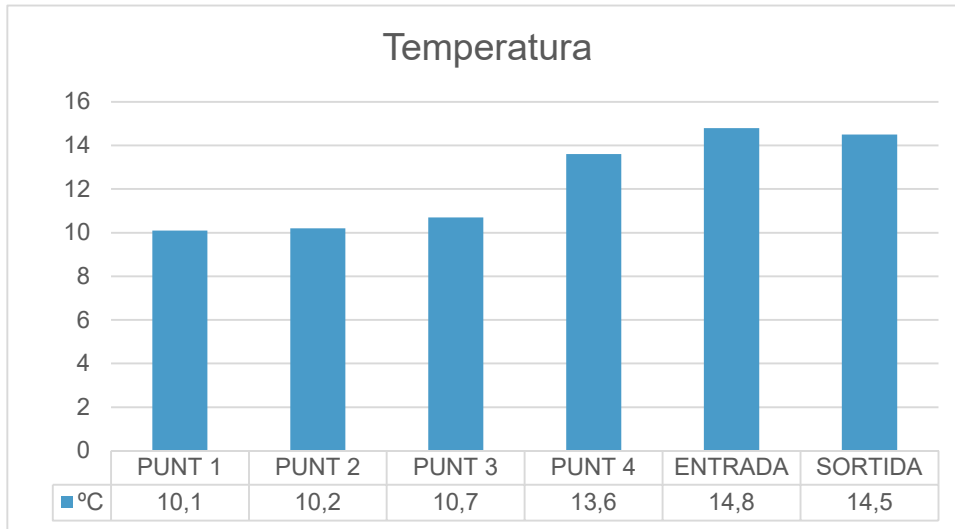
- 1) Homogeneïtzar la mostra, és a dir, agitar-la.
- 2) Introduir el sensor.



3) Obtenir la lectura (s'obté el resultat directament).

Material

- Sensor de temperatura (inclòs en el de conductivitat).



Escherichia coli → Per mesurar i analitzar el nombre d'*escherichia coli* que hi ha a les aigües el que s'ha hagut de fer és esterilitzar la zona i els materials de treball on s'hi col·locarà el filtre. Per a fer-ho es mulla amb alcohol de 96º i s'encén amb una flama de manera que moren tots els agents que podrien infectar la mostra. Un cop la flama s'apaga es pot seguir amb el mostreig:

- 1) Es col·loca un filtre i un embut sobre una base connectada a una bomba que recull els líquids.
- 2) Es renta el filtre i l'embut amb tampó fosfat estèril per acabar amb les restes d'alcohol.
- 3) S'afegeix la mostra o la dissolució a l'interior de l'embut (normalment es fa amb més d'una mostra i diferents volums, per a tenir més possibilitats d'obtenir un resultat correcte).
- 4) Es guarden les mostres a 44ºC en plaques de Petri en un medi amb agar-agar (medi idoni per el creixement de E. Coli).
- 5) Passades 24 hores, es fa el recompte de colònies d'E. Coli (que mostren aleshores un color verdós). No obstant, només es tindran en compte les mostres que continguin de 15 a 250 colònies d'E. Coli.



Material

- Embut
- Bunsen i encenedor
- Plaques de Petri
- Bomba
- Micropipeta
- Estufa a 44°C
- Filtre
- Rampa de filtració
- Pinces



Il·lustració 22: Introduint filtre amb E. Coli a la placa de Petri – Font pròpia



Il·lustració 23: Material – Font pròpia

DBO5 → Per poder mesurar la DBO els passos a seguir han sigut:

- 1) Agafar les mostres de les aigües fluvials i de sortida de l'EDAR, 200ml, i de la mostra d'entrada de l'EDAR, 10 ml.
- 2) Es mesura el contingut d'oxigen amb un oxímetre.
- 3) Es posa aquesta aigua dins d'una ampolleta Winkler i s'acaba d'omplir completament amb aigua de dilució.
- 4) Comprovar que no hi queden bombolles d'oxigen dins l'ampolleta.
- 5) L'ampolleta es deixa en una incubadora durant 5 dies a uns 20°C.
- 6) Es torna a mesurar el contingut d'oxigen i s'obté el resultat amb el següent càlcul:

$$DBO = \frac{(O_i - O_f - (O_{\text{perdut blanc}} \cdot F)) \cdot \text{volum total}}{\text{volum mostra}}$$



On F és el factor de dilució $\rightarrow F = \frac{\text{volum total} - \text{volum mostra}}{\text{Volum total}}$



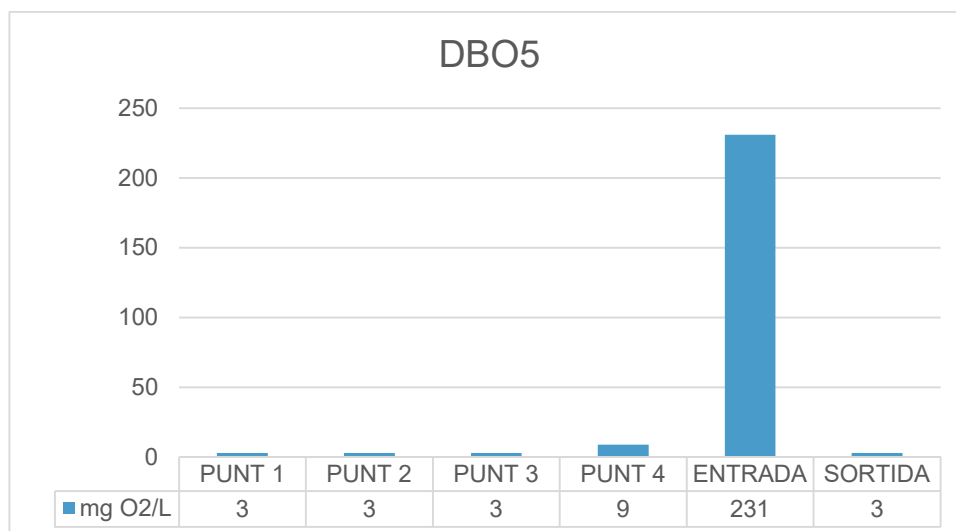
Il·lustració 24: Introduint mostres a les ampolletes de Winkler – Font Pròpia



Il·lustració 25: Oxímetre – Font pròpia

Material

- Ampolletes Winkler de 250 ml
- Pipetes de 10ml i 50 ml
- Oxímetre
- Incubadora a 20°C



Els indicats amb el 3 en realitat són: (< 3)

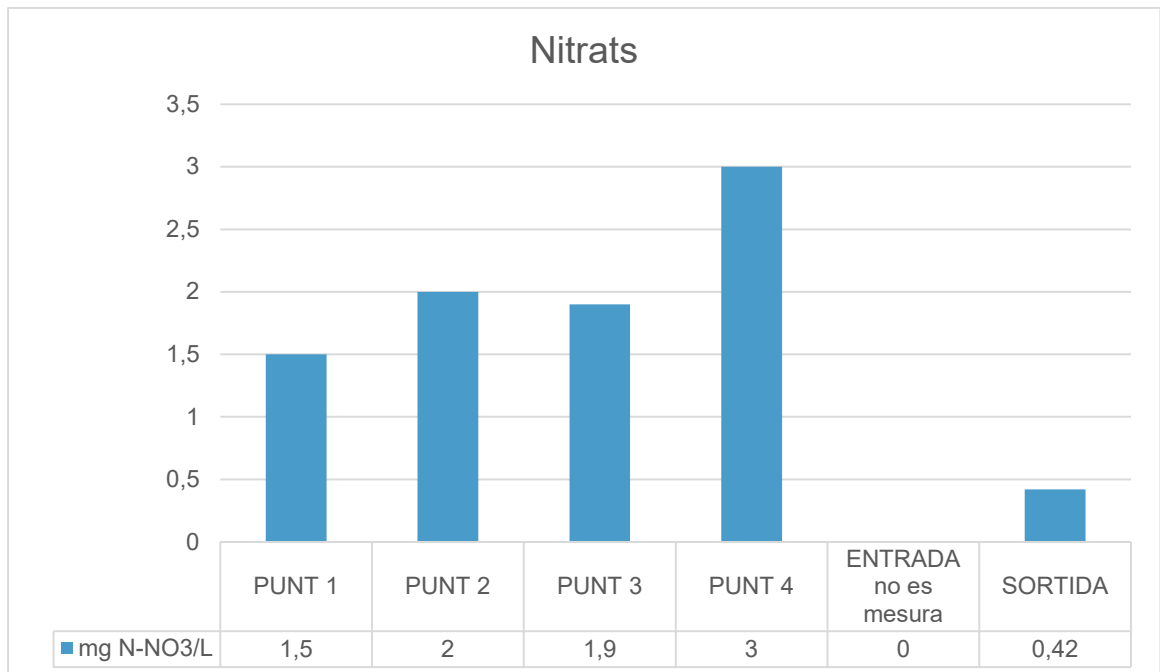


Nitrats → Per poder mesurar els nitrats els passos que he seguit són:

- 1) Si la mostra conté sòlids en suspensió filtrar-la amb un filtre de membrana.
- 2) Afegir 75 ml de solució NH₄Cl-EDTA a 25 ml de mostra.
- 3) Abocar la mostra barrejada a la columna i recollir a una velocitat d'uns 7-10 ml/min.
- 4) Rebutjar els primers 25 ml. Recollir els 50 ml següents en un aforat de 50ml i llençar la resta.
- 5) Després de la reducció (no més de 15 minuts després) afegir 2 ml de reactiu colorant i barrejar.
- 6) Deixar desenvolupar el color entre 10min i 2 h.
- 7) Realitzar els càlculs utilitzant una recta patró (posant el teu resultat obtens el càlcul).

Material

- Columna de cadmi Vidrafoc, ref. E-25266
- Espectrofotòmetre per 543 nm, amb 1 cm de recorregut de llum.
- Matràs de 50 ml i 100 ml.
- Pipetes de diferents volums.





Nitrogen Kjeldah → Per mesurar el Nitrogen Kjeldah els passos que he seguit són:

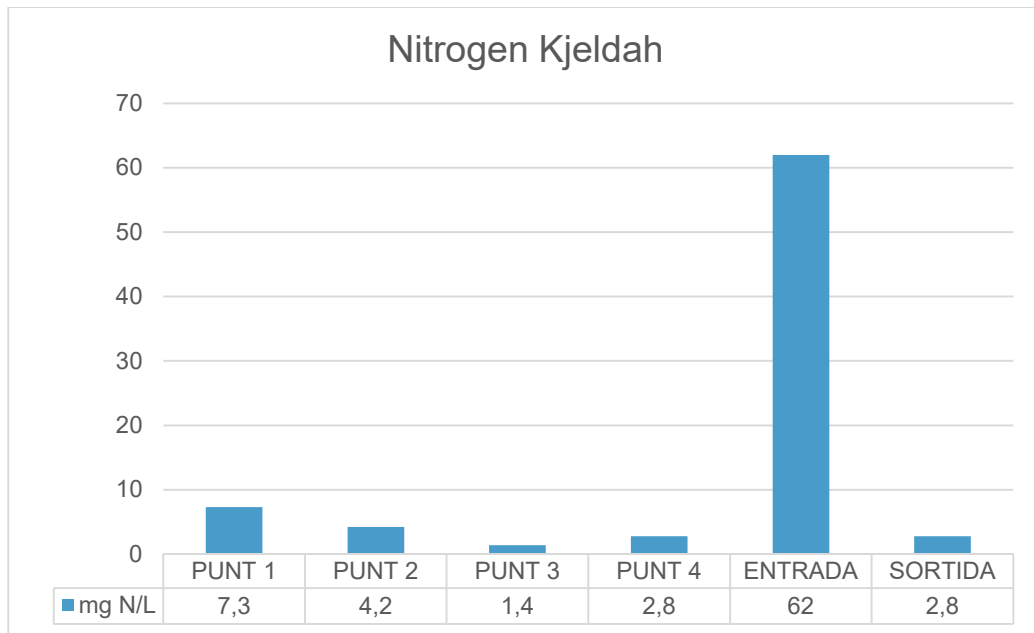
- 1) Recollir la mostra. Homogeneïtzar-la i prendre'n 25 o 50 ml que es passaran a un tub de digestió, juntament amb 4 o 5 perles de vidre o fragments de porcellana porosa.
- 2) Dins la vitrina extractora de gasos, afegir al tub 5 o 10 ml d'àcid sulfúric 96%, catalitzador de Cu i Se i homogeneïtzar.
- 3) Posar el tub al bloc digestor, connectar-lo i escalfar-lo a 375°C durant 30 minuts, amb pujada ràpida de temperatura.
- 4) Deixar refredar la mostra a temperatura ambient i després afegir-hi 50 ml d'aigua destil·lada.
- 5) Passar la mostra digerida i diluïda al destil·lador, on s'hi dosifica NaOH 32%.
- 6) Afegir 40 o 50 ml d'àcid bòric amb indicador mixta a un Erlenmeyer.
- 7) Destil·lar fins a recollir 150-200 ml de mostra sota els 40 o 50 ml de mescla d'àcid bòric amb indicador mixta.
- 8) Valorar amb àcid sulfúric 0,01N fins que el color verd de la mostra viri a lila.
- 9) Calcular la concentració de nitrogen kjeldahl a partir de la fórmula de càlcul:

$$\text{NTK (mgN/l)} = \frac{[\text{volum sulfúric mostra (ml)} - \text{volum sulfúric blanc (ml)}] \times 14000 \times 0,01}{\text{volum mostra (ml)}}$$

on NTK és la concentració de nitrogen kjeldahl ($N_{\text{orgànic}} + N_{\text{amoniacal}}$).

Material

- Vitrina extractora de gasos.
- Bloc digestor amb calefacció elèctrica, regulador digital de temperatura i sistema extractor de fums.
- Graella amb tubs micro-kjeldahl de 100 ml.
- Bomba amb trompa de buit.
- Destil·lador automàtic o semi-automàtic.
- pH-metre.
- Agitador magnètic.
- Pipetes, buretes, provetes i perles de vidre o fragments de porcellana porosa.
- Matrassos Erlenmeyer de 250 ml.



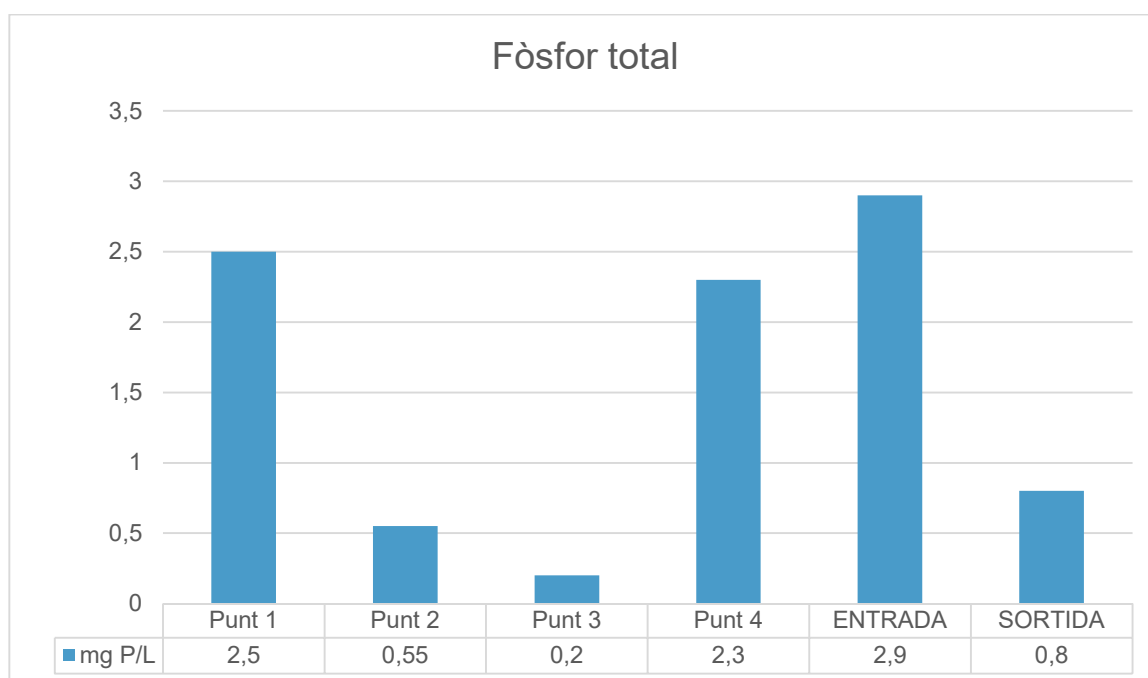
Fòsfor total → Per poder mesurar el fòsfor total que he hagut de seguir els següents passos:

- 1) Recollir la mostra. Homogeneïtzar-la i prendre'n 25 o 50 ml que es passaran a un tub de digestió, juntament amb 4 o 5 perles de vidre o fragments de porcellana porosa perquè amb l'escalfor no es trenquin els recipients.
- 2) Dins la vitrina extractora de gasos, afegir al tub 1 ml d'àcid sulfúric i 5 ml d'àcid nítric concentrats.
- 3) Posar el tub al bloc digestor, connectar-lo i escalfar-lo a 200oC, amb pujada lenta de temperatura, fins que la mostra sigui transparent, sense que es puguin apreciar fums blancs.
- 4) Deixar refredar la mostra a temperatura ambient. Rentar amb d'aigua destil·lada i afegir 3 gotes de *fenolftaleïna* (indica el canvi de PH) i NaOH fins que la solució prengui color rosa fúcsia.
- 5) Passar la solució i els successius rentats del tub a una proveta o matràs aforat. Enrasar a 100 ml i homogeneïtzar.
- 6) Transvasar 35 ml de solució a un *tub de Nessler* o matràs aforat i afegir-hi 10 ml de reactiu de vanadat-molibdat.
- 7) Enrasar a 50 ml amb aigua destil·lada. Deixar reposar 10 minuts o més. Llegir l'absorbància a 400, 420 o 470 nm.
- 8) Calcular la concentració de fòsfor amb la recta patró adient.



Material

- Vitrina extractora de gasos.
- Bloc digestor amb calefacció elèctrica, regulador digital de temperatura i sistema extractor de fums.
- Graella amb tubs micro-kjeldahl de 100 ml.
- Bomba amb trompa de buit.
- Pipetes, buretes, provetes i perles de vidre o fragments de porcellana porosa.
- Matrassos aforats, Erlenmeyer o tubs de Nessler.
- Espectrofotòmetre.



Sòlids en suspensió → Per a poder mesurar els sòlids en suspensió (MES) que hi ha a les aigües he seguit els passos següents:

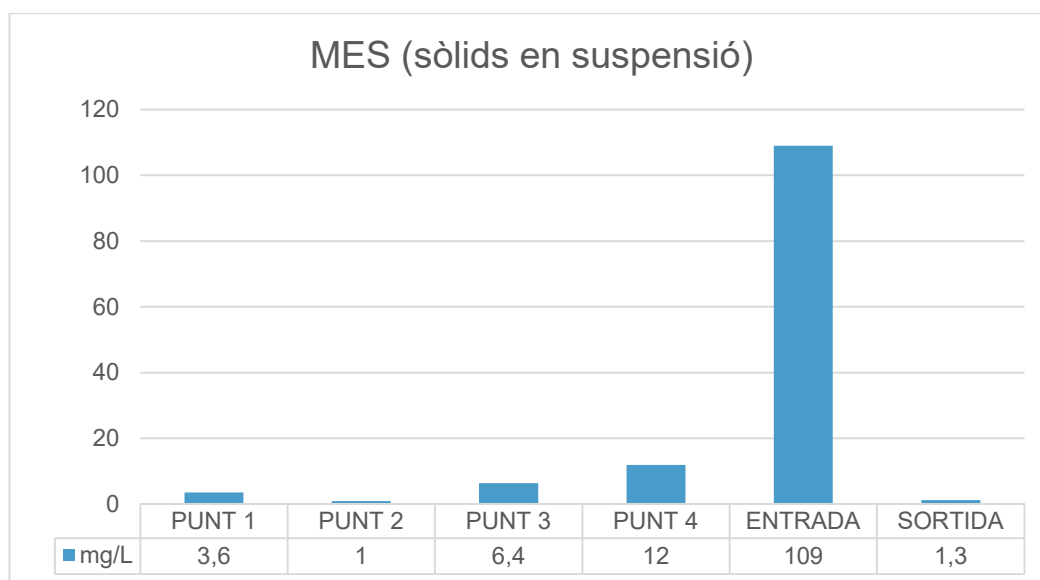
- 1) Agafar un filtre i posar-lo a una estufa i un dessecador per treure tota la humitat que pugui tenir.
- 2) Posar el filtre a la balança de precisió per saber el pes inicial.
- 3) Col·locar el filtre i l'embut sobre una base connectada a una bomba que s'encarrega de xuclar la mostra.
- 4) Impregnar el paper de filtre amb aigua destil·lada i homogeneïtzar la mostra.
- 5) Tirar 100ml de la mostra al filtre i treure'l impregnat de sòlids.
- 6) El filtre es deixa a l'estufa i al dessecador per treure la humitat.



7) Es mesura el pes final dels sòlids. Els resultats s'han de moure entre els 2 i els 200 mg.

Material

- Equip de filtració
- Embut
- Paper de filtre de fibra
- Dessecador i estufa
- Balança analítica amb precisió de 0,1 mg
- Proveta de 50 ml.



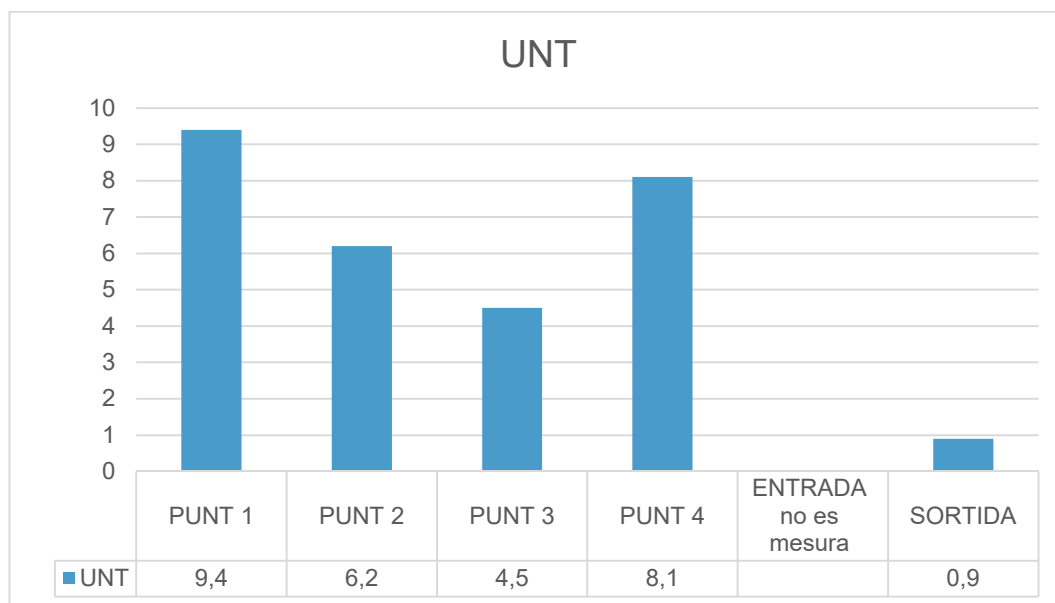
Terbolesa → Per poder mesurar la terbolesa de les aigües he tingut de seguir els següents passos:

- 1) Homogeneïtzar la mostra, és a dir, agitar-la.
- 2) Agafar una mostra representativa i omplir l'envàs útil per a l'analítica.
- 3) Netejar l'envàs per eliminar ditades i taques.
- 4) Introduir-lo en el compartiment de l'aparell amb l'orientació adequada i tancar la tapa.
- 5) Anotar el resultat que apareix directament a l'aparell.



Material

- Envàs de quarts
- Aparell mesurador de la terbolesa (*Turbidímetre*). El que fa és emetre un raig sobre la mostra i, segons la quantitat de llum que traspassi obtindrem resultat amb més tèrboles o menys.



DQO → Per poder mesurar la demanda química d’oxigen els passos que he seguit han sigut:

- 1) Recollir la mostra. Homogeneïtzar-la.
- 2) Entrada: entre 5-10 ml mostra (aigua destil·lada fins a 20ml)
 Primari: 10 ml mostra (aigua destil·lada fins a 20 ml)
 Sortida: 20 ml mostra
 Factor: 90 ml aigua destil·lada (no digestió)
 Blanc: 20 ml aigua destil·lada (digestió)
- 3) Afegir sulfat de mercuri i dicromat de potassi.
- 4) Posar les mostres a 150°C durant 2 hores.
- 5) Deixar refredar a temperatura ambient.
- 6) Fer la valoració amb sulfat ferros amònic (SFA) i obtenir resultants.



Càlcul de la concentració del SFA:

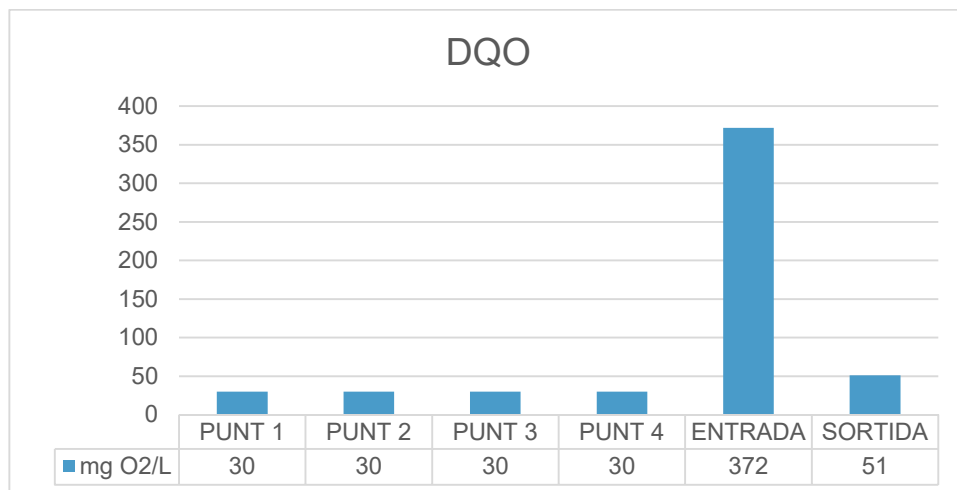
$$\text{SFA (mols/l)} = \frac{\text{volum dicromat valorat} \cdot 0,25}{\text{volum SFA gastat}}$$

Càlcul de la DQO (expressada en mg/l d'O₂):

$$\text{DQO} = \frac{(\text{volum SFA gastat pel blanc} - \text{volum SFA gastat}) \cdot [\text{SFA}] \cdot 8000}{\text{volum de mostra}}$$

Materials

- Digestor amb regulador digital de temperatura o bé plaques elèctriques
- Graella i tubs de digestió per a DQO de 100 ml o bé balons de 250 ml
- Condensadors o refrigerants
- Pipetes de 10 i de 20 ml de capacitat
- Bureta de 50 ml amb dipòsit
- Matràs Erlenmeyer de 250 ml de capacitat



els indicats amb el 30 en realitat són: (<30)



3.2. COMPARATIVA D'AIGÜES ABANS I DESPRÉS DELS TRACTAMENTS DE L'EDAR DE TORROELLA DE MONTGRÍ

El següent objectiu és observar els canvis que es produeixen en els condicions de les aigües residuals en arribar a l'estació depuradora. Doncs m'agradaria poder examinar l'aigua abans i després de ser depurada, fer-ne una comparativa, realitzar estadístiques i mirar si s'adeqüen a la normativa vigent de la qualitat de l'aigua.

Per poder dur a terme aquesta part teòrica, i la següent, m'he vist animat a visitar les EDARs de Torroella de Montgrí, Begur i Pals.

3.2.1. HIPÒTSESI PLANTEJADA

En aquest cas, em plantejo la següent hipòtesi: l'aigua residual d'entrada a l'EDAR tindrà una quantitat de contaminants (físics, químics, etc.) molt elevat. Un cop hagi passat per tots els tractaments de l'estació depuradora d'aigües residuals les proporcions de contaminants es reduiran fins al punt de ser útils per a les activitats humanes o per a restaurar al medi.

3.2.2. CONCLUSIÓ DE LA RECERCA: RESULTATS I ANÀLISIS

Paràmetres de l'anàlisi

	Entrada Edar	Sortida Edar
PH	7,6	7,54
Conductivitat	6870	3740
N. Kjeldah	62	2,8
Nitrats		0,11
DBO5	231	<3
DQO	372	51
F total	2,9	0,8
Terbolesa		0,9
S.S. (MES)	109	1,3
E. Coli.	700.000	4.000
Tº	14,8	14,5

PH (ut)/Cond. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)/N. Kjeldah, Nitrats, DBO, DQO, P total, Terbolesa, S.S. (mg/L)/E. Coli. (ufc/100ml)/Tº (°C)

Hi ha valors d'entrada EDAR no esmentats ja que mai es fa el seu anàlisi.



El que podem observar, a posteriori dels anàlisi, és que tots els paràmetres d'entrada s'han vist reduïts notòriament a nivells molt inferiors. Per tant, l'aigua de sortida està molt més sanejada. Els valors de les aigües de sortida de l'EDAR de Torroella de Montgrí resulten ser inferiors als límits legals fixats pel Govern Espanyol, amb una excepció*, que són els trasposats de la Directiva Europea. Ho podem veure en la següent taula:

S.S.	P total	Nitrats	Conductivitat	DBO5	DQO
< 35 mg/L	2 mg/L	15 mg/L	3000 (μ S/cm)	< 25 mg/L	< 125 mg/L

*L'excepció és la conductivitat ja que al trobar-nos en una zona molt propera al mar hi ha infiltracions marines a la depuradora que fan augmentar-ne el nivell.

Per tant, la hipòtesi inicial plantejada es pot verificar. Les aigües residuals d'entrada tenen grans quantitats de contaminants i, un cop es tractada, aquests han disminuït notòriament. S'han reduït tant els contaminants que aquesta aigua es pot utilitzar per el conreu, per exemple.

3.3. SEGUIMENT DE LES AIGÜES FLUVIALS DEL RIU TER I EFECTACIÓ DE LES AIGÜES TRACTADES A L'EDAR DE TORROELLA DE MONTGRÍ SOBRE AQUESTES.

El riu Ter es troba a la Catalunya nord-oriental. Té una longitud considerable: 208 Km. Durant el seu transcurs passa per un total de 5 comarques catalanes (el Ripollès, Osona, la Selva, el Gironès i finalment el Baix Empordà). És un dels rius més importants de Catalunya ja que, juntament amb el riu Llobregat, és un dels més llargs i, també, cabalosos. Neix als Pirineus Orientals, concretament a Ulldeter (2400 metres d'altitud), i desemboca al mar Mediterrani a la gola del Ter, l'Estartit. La meua recerca es centra en aquest últim tram on hi trobem l'EDAR de Torroella de Montgrí.



Il·lustració 26: Recorregut del riu Ter - www.entremontanas.com

3.3.1. HIPÒTESI PLANTEJADA

En aquest segon cas, la hipòtesi és la següent: l'aigua es veu més afectada a mesura que s'acosta a la seva desembocadura. Dit d'una altra manera, durant el transcurs del riu Ter (des del seu naixement fins que arriba a la Gola del Ter) s'hi presenten diverses activitats antropològiques (l'EDAR de Torroella de Montgrí) que n'alteren la composició de l'aigua fent que aquesta esdevingui cada cop més contaminada. A més a més, l'aigua residual tractada que s'aboca al riu Ter (zona sensible) hi provoca efectes nocius, causant-hi una contaminació que altera el medi aquàtic i els éssers que l'habiten.

3.3.2. PROCEDIMENT

En primer lloc, he establert els punts estratègics on he fet la recollida d'aigua:

1. Nucli de Torroella de Montgrí (Punt 1)



42.035171, 3.125504

Il·lustració 27: Ubicació Punt 1 - Google Earth



2. Punt de contacte directe amb aigua de sortida de l'EDAR (Punt 2)



42.02503,3.151769

Il·lustració 28: Ubicació Punt 2 - Google Earth

3. Punt a 1km del Punt 2 i a 2,10 Km del Punt 4 (Punt 3)



42.023598, 3.166759

Il·lustració 29: Ubicació Punt 3 - Google Earth

4. Gola del Ter (Punt 4)



42°01'21.0"N 3°11'26.4"E

Il·lustració 30: Ubicació Punt 4 - Google Earth

Aquests punts són els que m'ajudaran a determinar les variacions de les qualitats de l'aigua. Cada punt està associat a unes coordenades geogràfiques per a una determinació exacta del lloc on s'ha recollit cada mostra. He decidit escollir aquestes ubicacions perquè em volia centrar en el tram final del riu Ter on, possiblement, hi hagin afectacions per part de l'EDAR.



Per fer l'extracció d'aigua he utilitzat una galleda i una corda per arribar a aquelles zones més profundes i estancades. Seguidament he abocat l'aigua en els recipients-mostra. I, per acabar he etiquetat la mostra.



Il·lustració 31: Material utilitzat – Font pròpia



Il·lustració 32: Recollida d'aigua al punt 4 – Font pròpia

3.3.3. CONCLUSIÓ DE LA RECERCA: RESULTATS I ANÀLISIS

Paràmetres de l'anàlisi

	Punt 1	Punt 2	Punt 3	Punt 4	Sortida EDAR
PH	7,94	7,97	7,89	7,99	7,54
Conductivitat	687	775	778	821	3740
N. Kjeldah	7,3	4,2	1,4	2,8	2,8
Nitrats	1,5	2	1,9	2,3	0,11
DBO5	<3	<3	<3	9	<3
DQO	<30	<30	<30	<30	51
F total	2,5	0,55	0,2	2,3	0,8
Terbolesa	9,4	6,2	4,5	8,1	0,9
S.S. (MES)	3,6	1	6,4	12	1,3
E. Coli.	16	66	17	6	4000
Tº	10,1	10,2	10,7	13,6	14,5

PH (ut)/Cond. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)/N. Kjeldah, Nitrats, DBO, DQO, P total, Terbolesa, S.S. (mg/L)/E. Coli. (ufc/100ml)/Tº (ºC)

- Paràmetres físics:** la temperatura no té grans variacions i augmenta de forma progressiva ja que en el Punt 1 és de 10,1ºC, en el Punt 2 és de 10,2ºC, en el Punt 3 és de 10,7ºC i en el últim Punt 4 és de 13,6ºC a causa de l'efecte de les aigües marines que es troben a més temperatura i, a més a més, l'aigua es troba més estancada i a menys profunditat de la llera a mesura que s'acosta a la desembocadura. La temperatura de sortida de l'EDAR és de 14,5ºC però ràpidament queda mitigada quan desemboca al riu Ter. Els sòlids en suspensió (MES o SS) i la terbolesa (UNT) en el Punt 1 (3,6



mg/L)/(9,4UNT) són superiors únicament al Punt 2 (1mg/L)/(6,2UNT), gràcies a una millora com a conseqüència de l'abocament de les aigües de sortida de l'EDAR (1,3 mg/L)/(0,9 UNT), i inferiors als Punts 3 (6,4ppm)/(4,5UNT) i 4 (12ppm)/(8,1) com a conseqüència de l'efecte d'estancament de l'aigua altre cop. La conductivitat pateix un augment progressiu des del Punt 1 fins el Punt 4:

- Punt 1: 687 μ S/cm
 - Punt 2: 775 μ S/cm. Augmenta a causa de l'efecte produït per les aigües de sortida de la depuradora (3740 μ S/cm).
 - Punt 3: 778 μ S/cm
 - Punt 4: 821 μ S/cm. Pateix un augment a causa de la possible infiltració d'aigua marina.
- **Paràmetres químics:** el PH té variacions quasi insignificants ja que tots els valors oscil·len entre 7,54 ut. i 7,99 ut. Per tant, no es veu alterat. La DBO5 no pateix alteracions ja que en els Punts 1,2 i 3 (<3mg O₂/L) la sortida del secundari de l'EDAR no és influent. El Punt 4 (9mg O₂/L) augmenta degut a l'efecte d'estancament ja esmentat anteriorment. A la DQO, altre cop, no hi ha variacions, tots els Punts es mouen en <30mg O₂/L, encara que l'efluent de la depuradora sigui de 51mg O₂/L. El Nitrogen Kjeldahl varia en cada punt:
 - Punt 1: 7,3mg N/L
 - Punt 2: 4,2mg N/L
 - Punt 3: 1,4mg N/L
 - Punt 4: 2,8mg N/L
 - Sortida EDAR: 2,8mg N/L

És així perquè el Punt 1 es troba influenciat per causes antropològiques (l'agricultura, els abocaments, etc.) i es redueix perquè el riu consumeix part del nitrogen en l'activitat del seu ecosistema. A més a més, l'EDAR no hi provoca un efecte nociu. El mateix passa amb la resta de formes amoniacals com els nitrits, els nitrats o inclús el fòsfor. És d'especial interès centrar-nos amb el fòsfor ja que en el riu Ter, al ser reconegut com zona sensible, l'EDAR no hi pot abocar més de 2mg F/L. A la mostra analitzada de la depuradora de Torroella Montgrí és de 0,8mg F/L.



- **Paràmetres biològics:** l'*Escherichia Coli* en el Punt 1 (16ufc/100ml) augmentat en el Punt 2 (66ufc/100ml) a causa de l'abocament de les aigües residuals tractades ($4,0 \cdot 10^3$ ufc/100ml). No obstant, disminueix ràpidament ja que el riu no és l'habitat idoni perquè s'hi mantingui en vida el bacteri o es segueixi reproduint. En el Punt 3 (17 ufc/100ml) i 4 (6 ufc/100ml) la seva concentració disminueix per l'efecte anteriorment esmentat i la infiltració d'aigua marina que n'incrementa la mortalitat.

Finalment, després de l'anàlisi, es pot desmentir la hipòtesi plantejada en un inici. Les aigües residuals tractades no causen, generalment, un afecte perjudicial. És més, podem arribar a dir que es produeix una millora en les qualitats de les aigües fluvials a les quals aquestes són abocades. Les variacions en les quantitats de sòlids en suspensió (MES o SS) o la terbolesa, en són un exemple.



CONCLUSIÓ

Un cop conclòs el treball, puc afirmar que he complert de forma satisfactòria la majoria dels objectius del treball.

- En primer lloc, he pogut donar a conèixer el funcionament d'una estació depuradora amb tots els tractaments i processos que segueixen.
- En segon lloc, he pogut fer una explicació, general i de simple comprensió, sobre els diferents indicadors que podem trobar (químics, físics i biològics).
- En tercer lloc, he pogut dur a terme el seguiment de les aigües del riu Ter. No obstant, no ha sigut com esperava, ja que volia fer un seguiment des del seu naixement, però he aconseguit fer-lo del seu tram final, dividit en 4 punts estratègics, indicant-ne la qualitat de l'aigua de cada un.
- En quart lloc, he pogut completar la comparativa de les aigües d'entrada i de sortida de l'EDAR de les quals, igual que amb les aigües fluvials del Ter, n'he fet una anàlisi de la qualitat. L'anàlisi d'aquestes qualitats o paràmetres no ha estat dut a terme completament ja que m'ha faltat l'anàlisi dels microcontaminants (hormones, antibiòtics, etc.), probablement transparents al tractament de les aigües de la EDAR. Necessitaríem equipament de laboratori i tècniques analítiques molt més complexos de les que l'EDAR de Torroella de Montgrí disposa.
- En cinquè i últim lloc, he pogut observar les dades analitzades dels trams fluvials i de les aigües residuals i, a més a més, he fet una conclusió explicant-li com aquestes afecten a les aigües del Ter.

Centrant-nos en les hipòtesis paltejades, el seus resultats m'han sorprès. La primera hipòtesis, en la qual faig referència als paràmetres de les aigües residuals (tant d'entrada com de sortida) analitzats, es verifica. L'aigua d'entrada a l'EDAR presenta nivells de contaminants molt



elevats en comparació als de sortida, que són gairebé inapreciables. Per tant, puc afirmar que aquesta aigua té una qualitat suficient per a poder ser restaurada al medi.

La segona hipòtesis queda desmentida, si més no en els paràmetres que he analitzat. Les aigües residuals tractades, per sorpresa meva, tenen la capacitat de reduir el nivell de contaminació d'alguns paràmetres de les aigües fluvials del Ter. L'aigua de sortida de la depuradora de Torroella de Montgrí presenta nivells de contaminació inferiors (en alguns dels seus paràmetres) a les aigües fluvials. Per tant, el medi aquàtic i els seus éssers vius no queden afectats.

Fer el treball m'ha ajudat molt en l'àmbit personal ja que he tingut la oportunitat de treball quatre dies al laboratori de l'EDAR de Torroella, sumant un total de 20 hores de pràctiques. En aquest és on hi he pogut realitzar les analítiques de les aigües. A més a més, fer el treball de camp de recollides de mostres m'ha fet pensar en una possible sortida professional, biologia ambiental.

Pel que fa a problemes i inconvenients, etc. el que puc dir és que des d'un principi el treball m'ha resultat difícil de dur a terme a causa de la complexitat dels noms, dels processos, de les anàlisis i, sobretot, la redacció per a que tot el que expliqués fos comprensible.



AGRAÏMENTS

La realització d'aquest treball no hagués sigut possible sense el suport i ajuda de Jordi Ferrer i Miquel Mignorance, els meus tutors del Treball de Recerca, els quals m'han ajudat a solucionar tota mena de dubtes, a la correcció de diferents apartats, etc. També agrair a tot l'equip de l'EDAR de Torroella, Pals i Begur. Sobretot a Mireia Alberch, biòloga de L'EDAR de Torroella, que m'ha donat molt de suport alhora de fer les analítiques de les aigües i a Josep Ferrer, Cap d'Explotació d'Aigües de la Costa Brava Zona Centre 1 de l'EDAR de Torroella, que m'ha permès fer els anàlisis al laboratori de la planta depuradora i m'ha cedit el material necessari.



BIBLIOGRAFIA

Llibres consultats:

- Poch, Manuel. *Les qualitats de l'aigua*. Primera edició. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient. Editorial: Rubes Editorial, S.L., 1999.
- Sala, Lluís. *Seguiment de la qualitat de les aigües a la zona del parc natural dels aiguamolls de l'Alt Empordà*. Primera edició. Girona. Editor: Consorci de la Costa Brava, 1998.
- Sans Fonfría, Ramón. De Pablo Ribas, Joan. *Ingeniería ambiental: Contaminación y tractamientos*. Primera edició. Barcelona. Editorial: Marcombo, S.A., 1989.

Pàgines web consultades:

- <http://entremontanas.com/grandes-rutas/r1-ruta-del-ter>
21 Octubre 2015
- <http://www.usc.es/biogrup/?q=es/taxonomy/term/1>
13 Agost 2015
- <http://de.wessling-group.com/en/news/>
7 Maig 2015
- <http://www.sciencedirect.com/>
12 Maig 2015
- http://www.ccbgi.org/recerca_aplicada.php
9 Juny 2015
- <http://www.aiguescb.com/web/ca/novetats.html>
22 Abril 2015



- <http://www.iagua.es/noticias/espana/icra/15/02/03/depuradoras-no-eliminan-30-antibioticos-aguas-residuales-hospitalarias#.VcYiweFCvkM.twitter>
12 Març 2015
- <http://mie.esab.upc.es/arr/T18.htm>
29 Agost 2015
- <http://www.miliarium.com/Paginas/Prontu/Tablas/Aguas/ProcesosEDAR.htm>
2 Setembre 2015
- <http://aula.aguapedia.org/login/index.php>
5 Setembre 2015
- <http://www.vicinaycemvisa.com/es/ingenieria-del-agua>
8 Setembre 2015
- <https://www.ggle.com/maps/place/42%C2%B001'24.9%22N+3%C2%B010'00.3%22E/@42.0235717,3.1540749,3851m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x0:0x0>
27 Novembre 2015
- <http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=168%20&%20termino=Bacterias+coliformes>
1 Desembre 2015