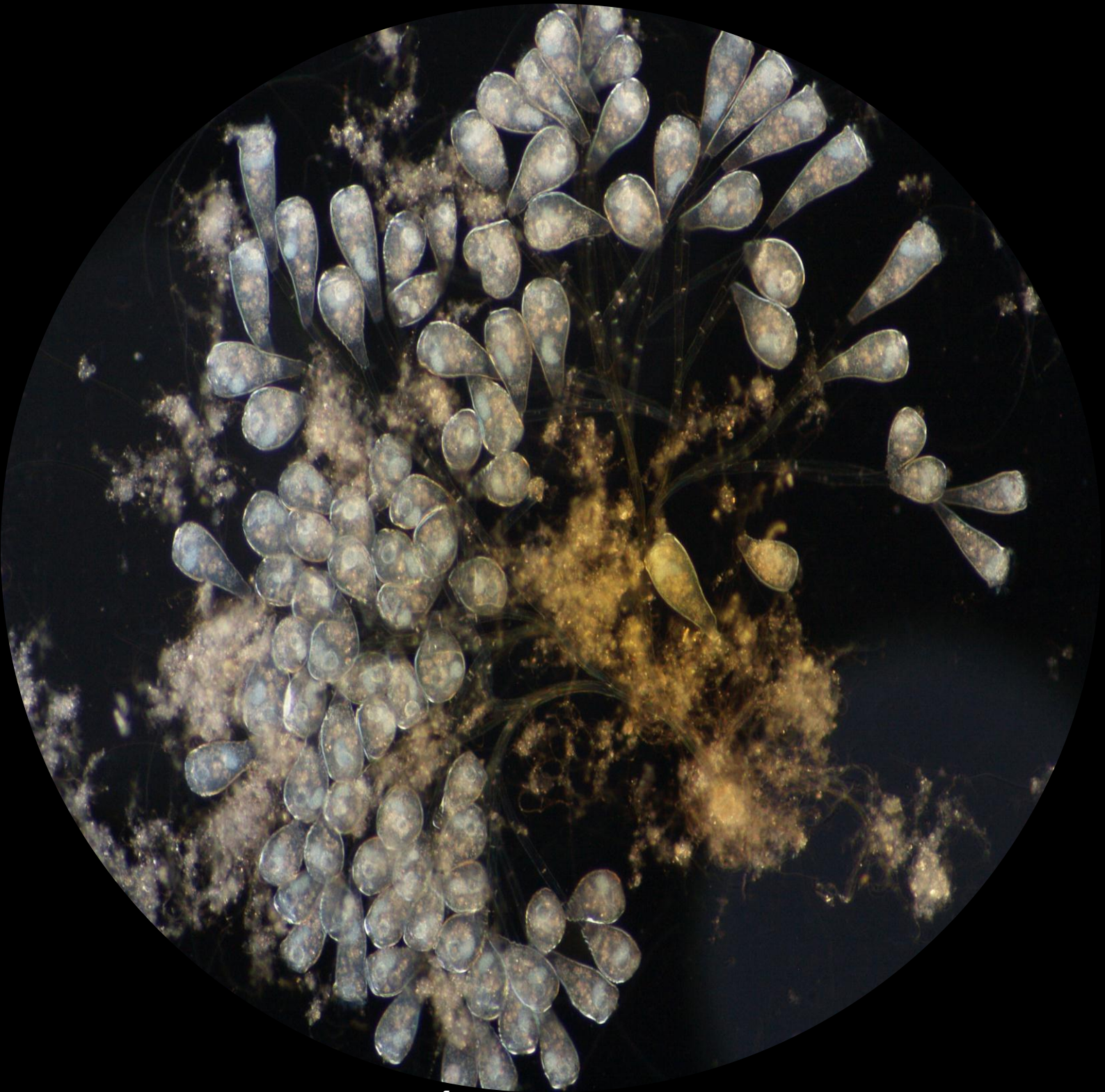


DESCOBRIM EL MICRO-MÓN



BIOINDICACIÓ A L'AIGUA RESIDUAL





ÍNDEX

1. Motivació personal	1
2. Depuració i reutilització de l'aigua residual	2
2.1. Introducció	2
2.2. Funcionament d'una EDAR.....	2
2.3. Com podem saber el grau de qualitat del tractament de l'aigua?	5
2.4. Punts de recollida de mostres	5
3. Anem al laboratori.....	8
3.1. Normativa bàsica de prevenció del laboratori de l'EDAR de Palamós.....	8
3.2. Procediments normalitzats de treball. Analítiques del laboratori.....	10
3.2.1. Alcalinitat i àcids volàtils	10
3.2.2. Clorurs	13
3.2.3. Conductivitat	15
3.2.4. Demanda bioquímica d'oxigen (DBO ₅)	16
3.2.5. Demanda química d'oxigen (DQO)	18
3.2.6. Fòsfor total	21
3.2.7. Matèries en suspensió	24
3.2.8. Nitrats.....	26
3.2.9. Nitrits.....	28
3.2.10. Nitrogen amoniacal (NH ₄ ⁺).....	30
3.2.11. Nitrogen Kjeldhal (NTK).....	32
3.2.12. pH	34
3.2.13. Sòlids totals, fixes i volàtils.....	35
3.2.14. Sulfurs.....	37
4. Mirem a través del microscopi	39
4.1. Abans de res... preparació i conservació de les mostres	39
4.2. Coneguem més a fons el microscopi.....	39
4.3. Tècniques microscòpiques	42
4.4. Un altre mètode d'observació	43
4.4.1. Tinció Gram.....	43
4.4.2. Tinció Neisser.....	45
5. Endinsem-nos al micro-món.....	46
5.1. El paper bioindicador de la microfauna en l'ecosistema dels fangs actius.....	46
5.2. Estructura de l'ecosistema. Els indicadors biològics.....	46
5.3. La biocenosi del fang.....	46
5.4. Què són els flòculs?.....	47
5.5. Com es formen?	47
5.6. Estat metabòlic.....	48
5.7. Estructura del flòcul	49





5.8. Possibles problemes al flocul, causes, observació microscòpica i efectes causats	50
6. Els habitants del micro-món.....	52
6.1. Què són els bacteris?	52
6.2. I els protozous?	53
6.3. I els metazous?.....	55
7. El meu estudi	56
7.1. Bacteris filamentosos.....	59
7.1.1. <i>Bacillus sp.</i>	60
7.1.2. <i>Beggiatoa sp.</i>	61
7.1.3. <i>Cyanophyceae</i>	62
7.1.4. <i>Flexibacter sp.</i>	63
7.1.5. <i>Haliscomenobacter hydrossis</i>	64
7.1.6. <i>Microthrix parvicella</i>	65
7.1.7. <i>Nocardia sp.</i>	66
7.1.8. <i>Nostocoida limicola I</i>	67
7.1.9. <i>Nostocoida limicola II</i>	68
7.1.10. <i>Spirillum sp</i>	69
7.1.11. <i>Spirochaeta sp</i>	70
7.1.12. <i>Streptococcus sp.</i>	71
7.1.13. <i>Thiothrix I</i>	72
7.1.14. <i>Thiothrix II</i>	73
7.1.15. <i>Tipus 021N</i>	74
7.1.16. <i>Tipus 0041</i>	75
7.1.17. <i>Tipus 0092</i>	76
7.1.18. <i>Tipus 0581</i>	77
7.1.19. <i>Tipus 0675</i>	78
7.1.20. <i>Tipus 0914</i>	79
7.1.21. <i>Tipus 0961</i>	80
7.1.22. <i>Tipus 1851</i>	81
7.1.23. <i>Tipus 1863</i>	82
7.2. Protozous	83
7.2.1. Amebes.....	84
7.2.1.1. <i>Gimnamebes</i>	84
7.2.1.2. <i>Tecamebes</i>	85
7.2.1.2.1. <i>Arcella sp</i>	85
7.2.1.2.2. <i>Centropyxis sp</i>	86
7.2.1.2.3. <i>Euglypha sp</i>	87
7.2.2. Ciliats	88
7.2.2.1. <i>Acineria uncinata</i>	88
7.2.2.2. <i>Acineta sp.</i>	89





7.2.2.3. <i>Aspidisca cicada</i>	90
7.2.2.4. <i>Cinetochilum margaritaceum</i>	91
7.2.2.5. <i>Colpidium sp.</i>	92
7.2.2.6. <i>Cyclidium sp.</i>	93
7.2.2.7. <i>Dexiotricha granulosa</i>	94
7.2.2.8. <i>Drepanomonas revoluta</i>	95
7.2.2.9. <i>Epistylis sp</i>	96
7.2.2.10. <i>Holophrya sp</i>	97
7.2.2.11. <i>Litonotus lamella</i>	98
7.2.2.12. <i>Opercularia sp</i>	99
7.2.2.13. <i>Paramecium aurèlia</i>	100
7.2.2.14. <i>Periacineta sp</i>	101
7.2.2.15. <i>Podophrya sp</i>	102
7.2.2.16. <i>Spirostomum teres</i>	103
7.2.2.17. <i>Tokophrya infusionum</i>	104
7.2.2.18. <i>Tokophrya lemnarum</i>	105
7.2.2.19. <i>Uronema nigricans</i>	106
7.2.2.20. <i>Vaginicola sp</i>	107
7.2.2.21. <i>Vorticella convallaria</i>	108
7.2.2.22. <i>Vorticella infusionum</i>	109
7.2.2.23. Larves telotroques	110
7.2.3. Flagel·lats.....	111
7.2.3.1. <i>Astasia sp</i>	111
7.2.3.2. <i>Bodo saltans</i>	112
7.2.3.3. <i>Entosiphon sp</i>	113
7.2.3.4. <i>Euglena sp</i>	114
7.2.3.5. <i>Peranema trichophorum</i>	115
7.2.3.6. <i>Trepomonas sp</i>	116
7.3. Metazous.....	117
7.3.1. <i>Aelosoma variegatum</i>	118
7.3.2. Àcar	119
7.3.3. <i>Nematodes</i>	120
7.3.4. <i>Rotaria sp</i>	121
8. Interpretació dels resultats	122
8.1. Taules qualitatives	122
8.2. Taules i gràfiques quantitatives	124
9. Conclusió.....	138
10. Valoració personal	144
11. Agraïments.....	145
12. Bibliografia.....	146







1. MOTIVACIÓ PERSONAL

L'interès pel camp de la ciència i la investigació, així com també la consegüent intenció de voler cursar una carrera en aquest mateix àmbit, és el principal motiu que m'ha empès a encaminar el treball de recerca cap al laboratori.

A més a més, cal dir que el fet d'haver tingut la possibilitat de treballar els mesos de juliol i agost de 2014 a l'Empresa Mixta d'Aigües de la Costa Brava S.A., m'ha fet acabar d'acotar encara més la temàtica sobre la qual m'he centrat: els microorganismes implicats en la depuració de les aigües residuals de Palamós i rodalies.

El treball està dividit en dues parts. Primerament, trobem l'explicació teòrica del tractament de l'aigua residual, on es parla del procés que segueix, de la presa de mostres, les analítiques fisicoquímiques que es duen a terme al laboratori i, tot seguit, hi ha l'apartat dedicat a l'observació microscòpica, en el qual es parla del microscopi i de les tincions que es realitzen per a complementar els resultats de la resta d'analítiques bisetmanals. A continuació, es parla dels diferents grups de microorganismes que conformen la biodiversitat d'aquestes aigües i que intervenen en el procés depuratiu.

A la segona part, trobem el gruix del meu estudi, on s'engloba el seguit de procediments que he dut a terme al llarg de tot aquest temps per assolir la meua fita: descobrir l'estat de les aigües residuals de cada una de les depuradores de les quals s'han pres mostres, amb els microorganismes que hi són presents. En aquest apartat s'hi recullen totes les fitxes de les espècies identificades, juntament amb les taules i gràfiques, gràcies a la interpretació de les quals he arribat a formular les conclusions finals del treball.

A través de la recerca, doncs, s'han volgut assolir una sèrie d'objectius, entre els quals cal distingir, d'una banda, els d'investigació sobre la qüestió a esbrinar i, de l'altra, la formació personal i l'aprenentatge de nous coneixements que poden ser útils de cara al meu futur acadèmic.





2. DEPURACIÓ I REUTILITZACIÓ DE L'AIGUA RESIDUAL

2.1. INTRODUCCIÓ

Totes les funcions i necessitats de la humanitat estan lligades a la presència i a la disponibilitat de l'aigua. Les diverses activitats humanes generen residus, la majoria dels quals són eliminats amb l'aigua, tot originant l'aigua residual.

Aquesta aigua residual, ja sigui d'origen industrial o urbà (procedent de les vivendes), no és apta pel consum degut a que està carregada de substàncies contaminants i de microorganismes patògens, perjudicials per a la salut, (bacteris i protozous, fonamentalment).

Les estacions depuradores d'aigües residuals (EDAR), s'encarreguen de rebre aquesta aigua bruta, d'eliminar les substàncies contaminants que conté i de tornar-la de nou al medi ambient en condicions satisfactòries perquè pugui ser reutilitzada, tancant així el cicle natural de l'aigua.

2.2. FUNCIONAMENT D'UNA EDAR

El sistema de clavegueram condueix l'aigua residual de les vivendes o de les indústries fins les estacions de bombament. Aquestes instal·lacions disposen de grans dipòsits subterranis i d'una sèrie de bombes que impulsen contínuament l'aigua fins a un sistema de col·lectors, tubs de grans dimensions que, situats sota terra, condueixen l'aigua residual fins les EDAR.

Des que arriba (influent) fins que surt de l'estació depuradora (efluent), l'aigua residual és sotmesa a diverses etapes successives de tractament.

En una primera etapa, l'anomenat pretractament, l'influent passa per una sèrie de tamisos (1) on queden retinguts els sòlids arrastrats per l'aigua (draps, plàstics, i restes orgàniques), residus que gràcies a una cinta transportadora seran abocats posteriorment a un contenidor de deixalles (2). A continuació, gràcies a l'acció dels bufadors (3), el canal extractor de sorres i greixos (4) permet separar les partícules sòlides de calibre mitjà (sorres) i els greixos de l'aigua, que queden en flotació.



(1) Reixes automàtiques de desbast a l'entrada de l'EDAR. Pretractament.



(2) Recollida de matèries grolleres al contenidor. Pretractament.



(3) Edifici de bufadors. Pretractament.



(4) Canal dessorador-desgreixador. Pretractament.

Tot seguit, l'aigua residual és conduïda, a través del canal Parshall (5), fins a uns grans tancs circulars de formigó en forma d'embut d'uns 20 metres de diàmetre i 4 metres de profunditat: els decantadors primaris (6). Al seu interior es realitza el tractament primari, és a dir, la separació física per decantació, gràcies a la llei de la gravetat universal, de les partícules sòlides més fines (llots), que encara es mantenen en suspensió a l'aigua.



(5) Canal Parshall. Pretractament.



(6) Decantadors primaris. Tractament primari.

Els llots acumulats al fons dels decantadors primaris segueixen, a partir d'aquest moment, un camí diferent al de l'aigua (7). Seran tractats de manera adequada fins ser transformats en adob orgànic per a usos agrícoles, dipositats en abocadors controlats o bé, incinerats.



(7) Espesidor primari. Línia de fangs.





L'aigua que surt dels decantadors primaris passa a una arqueta (8) i d'aquí, als reactors biològics (9), uns grans tancs on té lloc el tractament secundari; és a dir, la depuració biològica. D'això s'encarreguen, precisament, els microorganismes que viuen a l'aigua residual, duent a terme l'autodepuració. Els bacteris descomponen la matèria orgànica en aigua, diòxid de carboni i sals minerals, i els protozous s'alimenten de bacteris i de matèria orgànica. És suficient amb oxigenar bé l'aigua residual dels tancs mitjançant turbines (a la superfície) o bufadors (tubs d'aire a pressió al fons), perquè d'aliment no els en falta.



(8) Arqueta de primaris.



(9) Reactor biològic i canal de recirculació.

A continuació, aquesta aigua amb menor càrrega orgànica arriba als decantadors secundaris, similars als primaris però de major diàmetre on, finalment, es tornen a separar els llots per gravetat (10).

L'aigua que vessa d'aquests decantadors, també anomenats clarificadors perquè contenen aigua menys tèrbola que els primaris, està ja en condicions de ser retornada al medi ambient: és aigua depurada. Aquest efluent pot enviar-se al mar, a partir d'un emissari submarí (sistema de canonades de gran diàmetre que connecten la sortida de l'EDAR amb el fons marí), o bé a un riu o riera, moment en què es completa el cicle de l'aigua (11).



(10) Decantadors secundaris.



(11) Canal de sortida de l'EDAR cap a l'emissari submarí de Castell.





Cal recordar, però, que l'aigua depurada no és apta per al consum. El que sí que es fa a l'EDAR és desinfectar-la. Per això, s'utilitzen diferents sistemes que constitueixen el denominat tractament terciari. El mètode més simple consisteix en tractar l'aigua depurada amb hipoclorit sòdic (un dels components principals del lleixiu comercial). Altres sistemes més complexos utilitzen l'ozó (un compost triatòmic d'oxigen), la llum ultraviolada o la combinació d'ambdós. El producte resultant d'aquest tractament terciari rep el nom d'aigua regenerada, que encara que no sigui apta pel consum humà, sí que s'utilitza per a netejar els carrers, regar els jardins i camps de golf, o inclús per a usos agrícoles no dirigits al consum humà. És una forma de reduir el consum d'aigua potable, que cada vegada esdevé més escassa.

Per a obtenir aigua potable, o sigui, apta pel consum humà, fa falta que l'aigua depurada o regenerada passi per les instal·lacions de tractament d'una estació potabilitzadora (ETAP), però això ja és una altra història...

2.3. COM PODEM SABER EL GRAU DE QUALITAT DEL TRACTAMENT DE L'AIGUA?

Per poder tenir un control exhaustiu de l'estat de l'aigua que entra a la depuradora, es duen a terme una sèrie d'analítiques setmanals, els resultats de les quals han de ser introduïts en un programa informàtic per tal de poder verificar-ne la validesa i evitar que es produeixin anomalies. A més a més de les analítiques fisicoquímiques, és necessari fer-ne una observació més acurada, la microscòpica.

Abans de res, el primer pas del control consisteix en la recollida de mostres en diferents punts del procés de depuració.

2.4. PUNTS DE RECOLLIDA DE MOSTRES

Per a realitzar les diferents analítiques fisicoquímiques, així com també l'observació microscòpica, és necessari prendre una sèrie de mostres dos cops per setmana en diferents punts del procés, tant de la línia d'aigua com de la de fang.

Al laboratori de l'EDAR de Palamós -que recull les aigües residuals de Calonge i Sant Antoni, Palamós, Vall-llobrega, Mont-ras i Palafrugell-, a part d'analitzar les mostres de la pròpia planta, també es duen a terme les analítiques de l'EDAR de Castell d'Aro -que aplega les procedents de Castell-Platja d'Aro i s'Agaró, Santa Cristina d'Aro i Sant Feliu de Guíxols. Si comparem els punts on es recullen les mostres, hi ha petites diferències entre ambdues instal·lacions. Comencem pel mostreig de l'aigua a Palamós.

Inicialment, es va als reactors biològics, on trobem les basses d'aeració i es recull mostra de cadascuna de les tres que funcionen, prenent-la al costat de les turbines que s'encarreguen d'oxigenar el fang actiu (12). Al costat mateix trobem la recirculació, on s'agafa la mostra en el canal d'entrada als reactors biològics, procedent dels decantadors secundaris.

A continuació ens dirigim cap a la zona de cap de planta, on entra l'aigua residual a l'EDAR. La mostra s'agafa al canal dessorrador.

Llavors, s'agafa la mostra de sortida dels decantadors primaris. Es pren a l'arqueta que recull els sobreeixidors dels tres decantadors primaris (13).





(12) Recollida de mostra al reactor biològic.



(13) Recollida de mostra a l'arqueta de primaris. Tractament primari.

Finalment, s'agafa la mostra de la sortida de planta, just al canal que recull els sobreixidors dels tres decantadors secundaris.

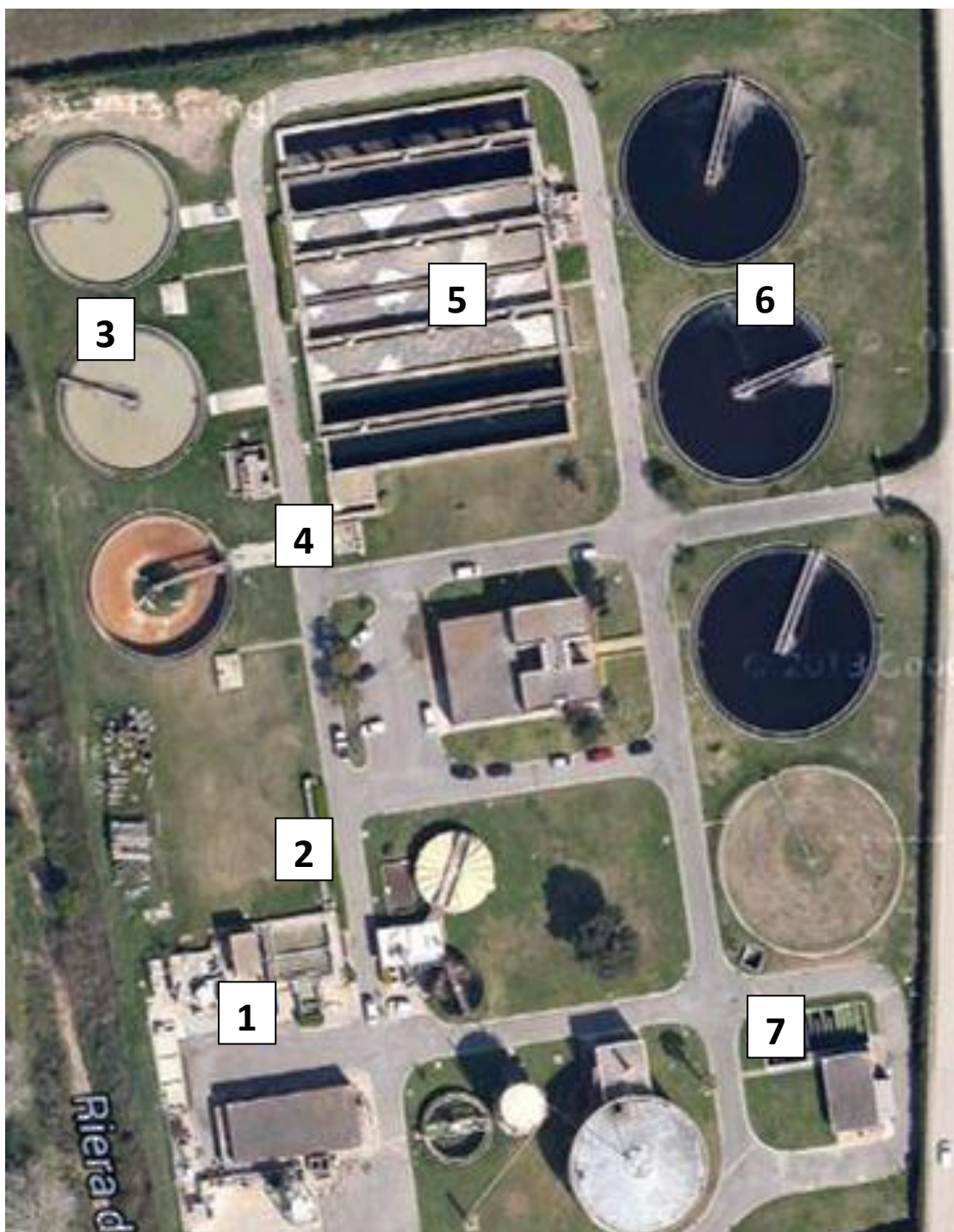
Quant a les mostres de la línia de fangs, es prenen en quatre punts del procés. Els fangs que, per gravetat, queden dipositats a la part inferior dels decantadors primaris, són purgats periòdicament cap a l'espessidor primari i d'aquest, s'envien al digester anaerobi. La canonada d'entrada d'aquests fangs a l'esmentat digester -l'alimentació- és un primer punt de mostreig.

Els fangs de l'interior del digester anaerobi es troben entre 30 i 40 °C, temperatura a la qual els bacteris termòfils degraden la matèria orgànica. Es pren una mostra dels fangs que recirculen pel digester. Els fangs que surten del digester passen a un dipòsit, pas previ a la seva centrifugació. D'aquest punt també se n'agafa una mostra. I, un cop passats per la centrífuga, els fangs deshidratats són enviats a una gran sitja. Aquest és un altre punt de mostreig.

En el cas de l'EDAR de Castell d'Aro, hi ha tres variacions respecte a l'EDAR de Palamós. D'entrada, treballen només amb dos reactors biològics, prenen mostra de purga dels dos decantadors primaris per separat i, a més, el digester és aerobi, no anaerobi.

A la pàgina següent es pot observar una vista aèria de les instal·lacions de l'EDAR de Palamós.





1. Entrada, cap de planta i pretractament.
2. Canal Parshall
3. Decantadors primaris
4. Arqueta de recollida dels decantadors primaris
5. Reactors biològics
6. Decantadors secundaris
7. Canal de sortida en direcció a l'emissari submergit.





3. ANEM AL LABORATORI

3.1. NORMATIVA BÀSICA DE PREVENCIÓ DEL LABORATORI DE L'EDAR DE PALAMÓS

Per tal d'evitar accidents que puguin provocar conseqüències greus per a la seguretat i la salut de tot el personal del laboratori, cal respectar les següents normes d'obligat compliment:

Per a mantenir un mínim acceptable d'higiene en el laboratori, és necessari:

- Utilitzar bata de màniga llarga en tot moment.
- Fer servir guants de nitril homologats (marca CE) sempre que es manipulin productes químics o aigua residual. Tenir la precaució de canviar-los cada vegada que es trenquin o es foradin.
- No fumar, ni beure, ni menjar dins del recinte del laboratori.
- Rentar-se bé les mans després de treure's els guants.
- Buidar les escombraries quan estiguin plenes.
- Netejar setmanalment el laboratori.

Per tal d'evitar caigudes, relliscades o cops contra objectes immòbils, cal:

- Mantenir ordenat el laboratori i deixar els passadissos lliures.
- Recollir el vessament de líquids (aigua, productes químics...) al terra o sobre les taules de treball.

Per tal d'evitar cremades:

- Tenir la precaució de no tocar objectes o aparells que hagin estat sotmesos a temperatures elevades (plaques calefactores, agitadors magnètics, mufla), fins després d'un temps prudencial.
- Utilitzar pinces adients i guants resistents a altes temperatures.

Per tal d'evitar la inhalació, la ingestió o el contacte amb productes químics perillosos (nocius, tòxics, corrosius, irritants, inflamables...), és imprescindible:

- Consultar els fulls de seguretat dels productes químics usats al laboratori.
- Abans de manipular el producte, llegir atentament l'etiqueta de l'envàs on es detallen els riscos específics (frases R) i els consells de prudència que cal observar (frases S).
- Etiquetar i identificar tots els productes químics preparats al laboratori.
- Utilitzar peres de goma i no pipetejar directament amb la boca cap substància líquida (aigua residual, productes químics o aigua destil·lada).
- Per evitar esquitxos o vapors de productes químics perillosos sobre la cara (pell, mucoses i ulls) cal treballar sempre sota la vitrina de gasos, amb l'extractor connectat i el vidre baixat al màxim.
- Connectar l'extractor de la mufla sempre que aquesta estigui en funcionament. Així s'evitarà la inhalació de fums. Alhora també cal procurar netejar el filtre periòdicament.



- Quan es treballi amb dissolvents orgànics o amb altres substàncies inflamables, procurar no fer-ho a prop de fonts de calor i sempre dins la vitrina de gasos, amb l'extractor connectat i el vidre baixat al màxim.

En la manipulació de material procedent d'anàlisis microbiològiques, esterilitzar a l'autoclau (20 min. i 1 atm.) qualsevol objecte que hagi estat en contacte amb agents biològics (bacteris, virus...) abans de llençar-lo a les escombraries.

Per tal d'evitar possibles malalties causades per agents biològics, seria aconsellable l'administració de les vacunes del tètanus i l'hepatitis B.



Bata, guants de nitril i pera de succió, són imprescindibles per a treballar al laboratori.



Panoràmica del laboratori de l'EDAR de Palamós.





3.2. PROCEDIMENTS NORMALITZATS DE TREBALL. ANALÍTQUES DE LABORATORI

3.2.1. ALCALINITAT I ÀCIDS VOLÀTILS

DEFINICIÓ

L'alcalinitat d'una mostra d'aigua o fang és la seva capacitat per a neutralitzar àcids i representa la suma de totes les bases titulables: carbonats, bicarbonats i hidròxids.

L'alcalinitat d'una mostra de sobrenedant del fang recirculat del digestor és una mesura de la seva capacitat tamponadora: evita que els àcids orgànics formats provoquin un descens del pH. Si el pH baixés, els microorganismes esdevindrien inactius o fins i tot podrien morir, alterant el funcionament del digestor.

La concentració dels àcids volàtils i l'alcalinitat són els primers canvis mesurables quan s'altera el digestor. La relació establerta entre ells pot variar de 0,1 a 0,5, sense canvis en el rendiment del digestor. L'augment de la relació és un avís de canvis no desitjats. Si aquesta puja per sobre de 0,5, el digestor perd efectivitat, varia la composició del gas molt ràpidament, tot seguit disminueix la seva producció i finalment baixa el pH.

En un digestor que funciona adequadament, els processos biològics que es donen en l'interior estan en equilibri. Quan s'hi bombeja fang fresc, alguns microorganismes produeixen àcids orgànics volàtils. En un digestor sa, altres microorganismes s'alimenten d'aquests àcids recents i els converteixen en biogàs (amb, aproximadament, un 65 % de metà), en part combustible.

CONSERVACIÓ DE LA MOSTRA, INTERFERÈNCIES I LIMITACIONS

Per aconseguir resultats òptims, cal fer l'anàlisi el més aviat possible i a temperatura ambient. Si cal emmagatzemar la mostra, és important conservar-la en frigorífic (4°C). Després de la centrifugació cal que quedi un sobrenedant net de sòlids, doncs aquests interfereixen en la determinació.

MATERIAL INSTRUMENTAL

- Centrífuga amb tubs de 50 ml.
- pH-metre.
- Agitador i mosca magnètica.
- Buretes.
- Vas de precipitats de 250 ml.
- Vareta de vidre.
- Placa calefactora.
- Vitrina extractora de gasos.

MATERIAL REACTIU

- Àcid sulfúric (H₂SO₄) 0,1 N.
- Hidròxid sòdic (NaOH) 0,025N o 0,1 N.





DESCRIPCIÓ DEL MÈTODE ANALÍTIC

Per fer l'anàlisi de l'alcalinitat cal col·locar 25 o 50 ml de fang de recirculació del digestor anaerobi en un o més tubs de centrífuga.

Tot seguit s'ha de centrifugar la mostra d'una sola tirada (30 minuts a 1.500 rpm) o en tres operacions més breus, de 10 minuts cadascuna, a 4.000 rpm. En aquest segon cas, cal recollir els sobrenedants en un vas i redissoldre els dos primers precipitats amb aigua destil·lada i una vareta de vidre i rebutjar el precipitat final.

Llavors, es posa el vas amb el sobrenedant i una mosca magnètica a l'agitador per tal de començar-ho a agitar suaument. Un cop fet això, cal submergir l'elèctrode de pH en el sobrenedant i mesurar en mode continu. Quan el pH sigui estable, començar a afegir gota a gota àcid sulfúric 0,1 N des d'una bureta.

El volum d'àcid gastat per baixar el pH de la mostra fins a 5,75 indica l'alcalinitat parcial (AP), la deguda als bicarbonats, expressada en mg CaCO₃/l.

Es continua afegint àcid fins a pH 4,3. Amb el volum gastat des de l'inici s'obté l'alcalinitat total (AT) en mg CaCO₃/l, que dona una idea del valor tampó del medi.

L'alcalinitat intermèdia (AI) és la diferència entre la total i la parcial (AT-AP) i indica l'alcalinitat deguda a les sals dels àcids volàtils. Baixant el pH fins a 4 i comptabilitzant els mil·lilitres d'àcid emprats des de l'inici del procés s'aconsegueix determinar l'alcalinitat final (AF).

A continuació, s'acidifica la mostra fins a pH 3,5 i es porta a ebullició durant 3 minuts. Tot seguit cal refredar-la immediatament amb bany d'aigua freda fins a temperatura ambient (és suficient amb uns 30 minuts).

Quant a l'anàlisi dels àcids volàtils, simplement s'actua sobre la mostra sotmesa a la determinació de l'alcalinitat. Es tracta de pujar el pH del sobrenedant, ja refredat, fins a 4, afegint hidròxid sòdic (0,1 N o 0,025 N) gota a gota des d'una bureta. Amb el volum de sosa gastat per passar el pH de 4 a 7 es calculen els àcids volàtils (AV), que s'expressen en mg CH₃COOH/l.

CÀLCULS

Alcalinitat final:

$$AF \text{ (mg CaCO}_3\text{/l)} = \frac{\text{volum sulfúric (ml)} \times \text{normalitat sulfúric} \times 50.000}{\text{volum mostra (ml)}}$$

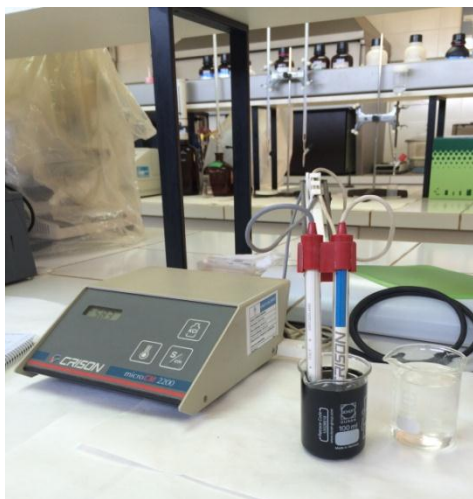
Àcids volàtils:

$$AV \text{ (mg CH}_3\text{COOH/l)} = \frac{\text{volum sosa (ml)} \times \text{normalitat sosa} \times 60.000}{\text{volum mostra (ml)}}$$

RESULTATS

L'alcalinitat es dona en mg CaCO₃/l i els àcids volàtils, en mg CH₃COOH/l. Les alcalinitats parcial (AP), total (AT) i intermèdia (AI) s'expressen amb una xifra decimal, mentre que l'alcalinitat final (AF) i els àcids volàtils (AV) es donen sense decimals.





Lectura de conductivitat (a l'esquerra) i del potencial redox (a la dreta) d'una mostra de fang del digester anaerobi.



Centrifuga orbital.



Introducció d'un tub a la centrifuga.



Recuperació del sobrenedant de la mostra centrifugada.



Redissolució del fang centrifugat.



Homogeneïtzació del fang centrifugat.



Mostra de fang de digester anaerobi centrifugat en ebullició.





3.2.2. CLORURS

DEFINICIÓ

El clorur, en forma d'ió (Cl^-), és un dels anions inorgànics principals en l'aigua natural i residual. La concentració de clorur és major en les aigües residuals urbanes degut a que el clorur de sodi (NaCl) és comú a la dieta i passa inalterat per l'aparell digestiu.

Al llarg de la costa, el clorur pot ser present en concentracions altes com a conseqüència de la infiltració d'aigua marina a la xarxa de clavegueram.

Malgrat tot, les aigües residuals d'origen industrial són també una font important de clorurs. Cal afegir que, un contingut elevat de clorur pot malmetre les conduccions i estructures metàl·liques i, alhora, perjudicar el creixement vegetal.

CONSERVACIÓ DE LA MOSTRA, INTERFERÈNCIES I LIMITACIONS

Cal procurar fer l'analítica a temperatura ambient. Si cal emmagatzemar la mostra, és important conservar-la en frigorífic (4°C).

El pH de la mostra ha d'estar entre 7 i 10. Aquesta, ha de ser incolora; en el cas que hi hagués color, caldria addicionar sulfat alumínic potàssic o sulfat alumínic amònic. A més, si hi hagués ions sulfur, tiosulfat i sulfit, seria necessari afegir peròxid d'hidrogen.

Quant a les principals interferències destaquen, per una banda, el fet que l'ortofosfat es trobi a nivells per sobre de 25 mg/l , ja que precipita com a fosfat de plata. I de l'altra, que el ferro estigui per sobre de 10 mg/l , cosa que pot interferir perquè emmascara el punt final.

MATERIAL INSTRUMENTAL

- Matrassos Erlenmeyer de 250 ml.
- Bureta de 50 ml.
- Vas de precipitats.
- Pipeta de 25 ml.
- Matràs aforat de 100 ml.

MATERIAL REACTIU

- Solució indicadora de cromat potàssic.
- Titulant de nitrat de plata patró, $0,0141 \text{ M}$ ($0,0141 \text{ N}$).
- Clorur de sodi patró, $0,0141 \text{ N}$ (500 ppm de Cl^-).

A més a més, s'empren reactius especials per eliminar interferències:

- Suspensió d'hidroxid d'alumini.
- Solució indicadora de fenolftaleïna.
- Hidroxid sòdic, NaOH 1 N .
- Àcid sulfúric, H_2SO_4 1 N .
- Peròxid d'hidrogen, H_2O_2 (30%).





DESCRIPCIÓ DEL MÈTODE ANALÍTIC

Es tracta de posar 50 ml de mostra en un Erlenmeyer (1). Si la mostra té molt de color, s'han d'afegir 3 ml d' $\text{Al}(\text{OH})_3$, barrejar, deixar sedimentar i filtrar. En el cas que la mostra tingui sulfur, sulfit o tiosulfat, cal afegir 1 ml d' H_2O_2 i agitar durant 1 minut.

Lavors, s'ha d'ajustar el pH de la mostra entre 7 i 10 amb NaOH o H_2SO_4 1 N (normalment, la mostra ja sol estar entre aquests valors de pH). Un cop fet això, cal afegir 1 ml de solució indicadora de cromat potàssic. Després, s'ha de valorar amb nitrat de plata patró fins que adquireixi un to ataronjat o vermellós.

A part, s'ha d'establir el valor d'un blanc amb 50 ml d'aigua destil·lada. Normalment té un consum de 0,2 a 0,4 ml de nitrat de plata.

CÀLCULS

Per poder determinar la normalitat del nitrat de plata titulant cal, primer de tot, estandarditzar el nitrat de plata titulant. Per fer això, es necessita la solució de clorur de sodi patró amb la següent concentració:

Es posen 10 ml de solució NaCl patró en un matràs i s'enrasa amb aigua destil·lada fins a 50 ml, i finalment se'n fa la valoració com si fos una mostra.

El càlcul de la normalitat del nitrat de plata és el següent:

$$N = (0,0141 \times V_{\text{patró}}) / (V_{\text{gastat pel patró}} - V_{\text{gastat pel blanc}})$$

Per a calcular la concentració de clorurs de la mostra s'aplica la fórmula:

$$\text{mg Cl}^-/\text{l} = ((A - B) \times N \times 35450)/B$$

En la qual:

A = ml gastats en la valoració de la mostra.

B1 = ml gastats en la valoració pel blanc.

B = ml de mostra utilitzats.

N = normalitat del nitrat de plata obtinguda després d'estandarditzar-lo.

RESULTATS

Les unitats emprades per expressar la concentració de clorurs són $\text{mg Cl}^-/\text{l}$ (ppm).

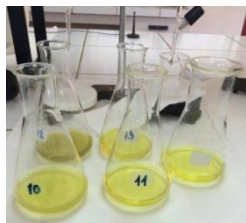
El resultat obtingut es dona amb tres xifres significatives.



Addició de 50 ml d' H_2O destil·lada a un Erlenmeyer.



Presca d'1 ml d'indicador de K_2CrO_4 .



Mostres amb indicador de K_2CrO_4 per valorar.



Addició de AgNO_3 , gota a gota.



Valoració final.





3.2.3. CONDUCTIVITAT

DEFINICIÓ

Quan parlem de conductivitat ens referim al paràmetre que permet mesurar la capacitat d'una solució per a deixar passar el corrent elèctric, és a dir, la seva aptitud per a deixar circular lliurement les càrregues elèctriques. Aquesta, varia en funció de la presència d'ions, la valència, la seva concentració i mobilitat.

CONSERVACIÓ DE LA MOSTRA, INTERFERÈNCIES I LIMITACIONS

Cal mesurar la conductivitat de les mostres a temperatura ambient.

La temperatura és un factor que fa variar la conductivitat. Per aquest motiu, la sonda ha de disposar de compensació automàtica de temperatura (CAT).

La conductivitat té relació directa amb la concentració de sals, fet que permetrà detectar problemes de salinització.

Per tal d'evitar problemes d'interferències, s'ha de realitzar de forma periòdica una sèrie de controls que verificaran el bon funcionament de l'aparell. És per aquest motiu que es realitzen lectures de conductivitat de diferents solucions patró de KCl 0,001M, 0,01M, 0,1M, les quals tenen uns valors específics en funció de la temperatura.

MATERIAL INSTRUMENTAL

Conductímetre de sobretaula o portàtil que disposi de compensador automàtic de temperatura.

MATERIAL REACTIU

Únicament s'utilitzen les solucions patró de KCl 0,001M, 0,01M, 0,1M.

DESCRIPCIÓ DEL MÈTODE ANALÍTIC

Consisteix en submergir l'elèctrode en la mostra de la qual es vol determinar la conductivitat, homogeneïtzant-la durant el moment de la lectura i esperar que el valor s'estabilitzi.

Cal rentar l'elèctrode amb aigua destil·lada i assecat-lo després de cada mesura. En acabat, es deixa l'elèctrode submergit en un vas amb aigua destil·lada.

CÀLCULS

El conductímetre dóna el resultat directament. No cal fer càlculs a part.

RESULTATS

La conductivitat es mesura en $\mu\text{S}/\text{cm}$ o mS/cm .



Valoració de la conductivitat d'una mostra.





3.2.4. DEMANDA BIOQUÍMICA D'OXÍGEN (DBO₅)

DEFINICIÓ

Es tracta d'emplenar una ampolla Winkler de tanca hidràulica amb mostra i deixar-la en un incubador a una temperatura de 20 °C durant 5 dies. La DBO₅ es calcula com a diferència entre la concentració d'oxigen inicial i final.

CONSERVACIÓ DE LA MOSTRA, INTERFERÈNCIES I LIMITACIONS

Les mostres poden degradar-se de forma significativa, de manera que és aconsellable realitzar l'anàlisi de la DBO₅, com a molt tard, 2 hores després de prendre la mostra. Si no és possible, s'ha de conservar a 4 °C durant un període no superior a 24 hores. En el moment de fer l'anàlisi, la mostra ha d'estar a temperatura ambient.

S'ha de tenir en compte el possible consum d'oxigen per part d'organismes nitrificadors, fet que comporta un augment en la DBO. És per això que té molta importància inhibir la nitrificació, sobretot en mostres d'aigua depurada, ja que té quantitats significativament més grans d'organismes nitrificants.

Una altra interferència pot ser deguda a una sobresaturació d'oxigen en la mostra, fet que s'explica quan la mostra no es troba a temperatura ambient. Per últim, també és important el segellat correcte de les ampolles de tanca hidràulica.

MATERIAL INSTRUMENTAL

- Ampolles Winkler de 250 ml.
- Pipetes de 50, 25 i 10 ml.
- Oxímetre amb sonda que porti agitador incorporat.
- Incubador per mantenir les mostres a 20 ± 1 °C i en condicions de foscor.

MATERIAL REACTIU

- Solució de clorur de calci.
- Solució de clorur fèrric.
- Solució de sulfat de magnesi.
- Solució de clorur amònic.
- Solució tampó fosfat.
- Inhibidor de la nitrificació.

DESCRIPCIÓ DEL MÈTODE ANALÍTIC

Es fa servir el mètode de la Demanda Bioquímica d'Oxigen durant un període de 5 dies.

A una ampolleta Winkler de tanca hidràulica, per així tenir la mínima evaporació, i de volum conegut, se li aboca un volum de mostra tal que als 5 dies la concentració d'O₂ inicial hagi disminuït entre un 66 i un 33 %. El volum que normalment es pren per a una aigua residual d'entrada i primaris és entre 1 i 10 ml de mostra, i entre 20 i 500 ml per a una de sortida, i s'emplena totalment amb aigua de dilució. També es prepara un





blanc únicament amb aigua de dilució. Inicialment, les mostres han de tenir una concentració d'oxigen d'entre 7 i 9 mg/l.

Transcorreguts 5 dies, la diferència entre l'oxigen inicial i el final en el blanc haurà de ser, preferiblement, de 0,2 mg/l com a màxim.

És important que mentre s'emplenen les ampolles no hi hagi turbulències. Per aconseguir-ho, només cal emplenar-les deixant lliscar el líquid per les parets.

Es mesura el contingut d'oxigen amb un oxímetre i es col·loca l'ampolleta, durant 5 dies, en una incubadora que manté la mostra a una temperatura de 20°C i en absència de llum, per evitar que es formi oxigen fotosintèticament i disminueixi la DBO real. Passat aquest temps, es torna a mesurar el contingut d'oxigen.

CÀLCULS

Per determinar la DBO₅ es fa el següent càlcul:

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

on F és el factor de dilució, definit com: $F = \frac{\text{volum total} - \text{volum mostra}}{\text{volum total}}$

RESULTATS

La DBO₅ s'expressa en mg/l d'O₂ i sense xifres decimals.



Presa de mostra amb la pipeta per introduir al matràs aforat.



Enràs del matràs aforat amb aigua de dilució.



Determinació de la concentració d'oxigen d'una mostra.



Ampolles de Winkler després de 5 dies, a punt per llegir.





3.2.5. DEMANDA QUÍMICA D'OXIGEN (DQO)

DEFINICIÓ

Es fa la digestió d'una mostra en un medi àcid fort amb un excés conegut de reactiu (en aquest cas, dicromat de potassi). Després de la digestió, el dicromat no reduït es valora amb el sulfat ferrós amònic per a determinar la quantitat de dicromat consumit i calcular la matèria orgànica oxidable en termes d'equivalència d'oxigen.

CONSERVACIÓ DE LA MOSTRA, INTERFERÈNCIES I LIMITACIONS

És preferible analitzar la mostra el més aviat possible. En tot cas, cal realitzar la DQO abans de transcórrer 48 hores de la recollida de la mostra, sempre que aquesta es conservi a 4 °C. Quan això no sigui possible, convindrà acidificar-la a pH <2, amb àcid sulfúric concentrat.

Concentracions elevades de clorurs infravaloren la DQO de la mostra; fet que es soluciona afegint sulfat de mercuri proporcionalment a la conductivitat de la mostra, ja que és indicadora de la presència de clorurs. Si no s'ha eliminat del tot aquesta interferència, la mostra queda tèrbola després de la digestió.

També interfereixen tots els compostos químics susceptibles de ser oxidats, com els nitrits, sulfurs... Per solucionar la interferència dels nitrits, cal afegir àcid sulfàmic. Tot i que això no passa en condicions normals, perquè les concentracions de nitrits que presenten les aigües depurades són inferiors a 2 ppm, i això no comporta cap interferència significativa.

MATERIAL INSTRUMENTAL

- 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 20 ml.
- Bureta de 50 ml amb dipòsit.
- Matràs Erlenmeyer de 250 ml.

MATERIAL REACTIU

- Sulfat de mercuri II.
- Solució de dicromat potàssic 0,25 N.
- Solució de sulfat de plata (10,12 g/l) en àcid sulfúric concentrat.
- Solució indicadora de ferroïna 0,025 M.
- Solució de sulfat ferrós amònic 0,1 N.
- Porcellana porosa o perles de vidre.
- Ftalat d'hidrogen de potassi patró.





DESCRIPCIÓ DEL MÈTODE ANALÍTIC

S'utilitza el mètode del reflux obert, amb ebullició a volum constant.

Per a una aigua d'entrada s'analitzen de 5 a 10 ml de mostra; per a les mostres procedents de decantadors primaris, es prenen 10 ml de mostra i per a les de sortida, 20 ml de mostra. Cal afegir-hi llavors aigua destil·lada fins a un volum final de 20 ml. Amb l'anàlisi d'aquests volums de mostra s'assegura que el consum de sulfat ferrós amònic en la valoració sigui, com a mínim, la meitat del consum pel blanc. El blanc es prepara amb 20 ml d'aigua destil·lada. El factor, amb 90 ml.

L'anàlisi es realitza en tubs de digestió per a DQO i el factor es prepara en un matràs Erlenmeyer de 250 ml.

A cada mostra s'hi afegeix una punta d'espàtula d'HgSO₄ en proporció a la conductivitat. A continuació es posen 10 ml exactes de K₂Cr₂O₇. I, per últim, s'addicionen 30 ml de Ag₂SO₄ de solució 10,12 g/l en H₂SO₄ concentrat.

A cada tub se li connecta un condensador i es posa en procés d'ebullició a 150 °C durant 2 hores, amb una rampa lenta de temperatura. És aconsellable afegir trossets de porcellana porosa o perles de vidre per evitar que es produeixi una ebullició violenta. El factor es deixa a temperatura ambient.

Un cop acabada la digestió, es deixa refredar la barreja fins a temperatura ambient i es renta el condensador amb aigua destil·lada per a poder retornar a la solució algun component que hagi pogut quedar en les seves parets.

A continuació es fa la valoració amb sulfat ferrós amònic 0,1 N (SFA), usant solució de ferroïna com a indicador per a determinar l'excés de dicromat.

Primer es valora el factor per estandarditzar el SFA que s'utilitza com a agent valorant, i a continuació es valora el blanc i les mostres. A mesura que es va addicionant el SFA, la barreja passa de groc taronja a verd blau, i el punt final de la titulació ve marcat quan la mostra vira a un to entre marró i vermellós.

CÀLCULS

El càlcul de la concentració del SFA és el següent:

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

El càlcul de la DQO (expressada en mg/l d'O₂) es realitza de la següent manera:

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

RESULTATS

Es donen en mg/l d'O₂ i sense xifres decimals.





Preses de mostra per a la DQO.



Addició de mostra a un baló.



Transvès de 20 ml d'aigua destil·lada a la proveta i d'aquesta a un baló.



Dossificació de dicromat potàssic amb la bureta.



Mostres a punt per afegir àcid sulfúric concentrat.



Addició d'àcid sulfúric concentrat i sulfat de plata als balons.



Mostres en ebullició durant el procés de reflux obert.





3.2.6. FÒSFOR TOTAL

DEFINICIÓ

El fòsfor de les aigües residuals sol presentar-se en forma de fosfats (ortofosfats, fosfats condensats, polifosfats, etc.) procedents, sobretot, de productes de neteja i fertilitzants. El fòsfor orgànic de les aigües residuals prové dels residus corporals i d'aliments. També es pot formar a partir dels ortofosfats durant els processos de tractament biològic.

El fòsfor és bàsic pel creixement dels éssers vius. Per això, la descàrrega d'aigües residuals pot afavorir la proliferació de micro i macroorganismes aquàtics fotosintètics en quantitats molestes.

CONSERVACIÓ DE LA MOSTRA, INTERFERÈNCIES I LIMITACIONS

Guardar la mostra en frigorífic mentre no es realitzi l'anàlisi. Si s'ha d'emmagatzemar durant un període llarg de temps, afegir-hi 1 ml de HCl concentrat i congelar-la.

No emmagatzemar mostres amb baixa concentració de fòsfor en envasos de plàstic, a no ser que es congelin, perquè els fosfats s'adsorbeixen a les parets.

Per evitar distorsions en els resultats, s'ha de procurar rentar el material de vidre emprat en les analítiques de fòsfor amb detergents lliures de fosfats.

MATERIAL INSTRUMENTAL

- Vitrina extractora de gasos.
- Bloc digestor amb calefacció elèctrica, regulador digital de temperatura i sistema extractor de fums.
- Graella amb tubs micro-Kjeldhal 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.

MATERIAL REACTIU

- Àcid sulfúric concentrat (H_2SO_4 95-98%).
- Àcid nítric concentrat (HNO_3 65%).
- Solució indicadora de fenoltaleïna.
- Hidròxid sòdic 1 N.
- Reactiu de vanadat-molibdat.
- Dihidrogenfosfat de potassi (KH_2PO_4).





DESCRIPCIÓ DEL MÈTODE ANALÍTIC

La determinació del fòsfor total es fa en dues etapes: una digestió àcida que el transforma en ortofosfat i una colorimetria posterior que permet quantificar-lo.

En una solució diluïda d'ortofosfat, el molibdat amònic reacciona en condicions àcides i forma l'àcid molibdofosfòric. En presència de vanadi, s'obté l'àcid vanadomolibdofosfòric, de color groc. La intensitat del color és proporcional a la concentració de fòsfor.

A un tub de digestió micro-Kjeldhal s'hi addicionen 25 o 50 ml de mostra homogeneïtzada i 4 o 5 perles de vidre o bé fragments de porcellana porosa. Seguidament, i sota la vitrina extractora, s'hi afegeixen 1 ml d'àcid sulfúric i 5 ml d'àcid nítric concentrats.

La barreja es porta a ebullició a 200 °C, amb pujada lenta de temperatura (posició DQO), fins que la mostra sigui clara i transparent, sense els fums blancs de l'àcid nítric. Això succeeix transcorreguts, aproximadament, de 30 a 50 minuts després d'arribar als 200 °C. Les perles de vidre o els fragments de porcellana porosa eviten una ebullició violenta.

Acabada la digestió, es deixa refredar la solució fins a temperatura ambient. A continuació, cal rentar el tub amb uns 25 ml d'aigua destil·lada, afegir 2 o 3 gotes de fenolftaleïna i la quantitat necessària de NaOH 1 N perquè la solució viri a color rosa fúcsia. Es pot treballar amb altres concentracions de sosa sense afectar els resultats.

Tot seguit es passa la solució a una proveta o a un matràs aforat de 100 ml i es fan rentats successius del tub de digestió amb aigua destil·lada que s'aniran afegint a la proveta o matràs fins arribar als 100 ml.

Un cop ben homogeneïtzada, es prenen 35 ml d'aquesta solució i es transvasen a un matràs aforat de 50 ml o a un tub de Nessler, que també disposa d'enràs als 50 ml.

Després, només cal afegir 10 ml de reactiu de vanadat-molibdat, amb la qual cosa la solució pren un lleuger color groc, i enrasar amb aigua destil·lada (5 ml).

Les mostres es deixen reposar un mínim de 10 minuts i es llegeix l'absorbància a l'espectrofotòmetre: a 400 nm si la concentració de fòsfor és inferior a 5 mg/l i a 470 nm si aquesta és superior als 5 mg/l.

Cal fer un blanc amb aigua destil·lada seguint el mateix procés.

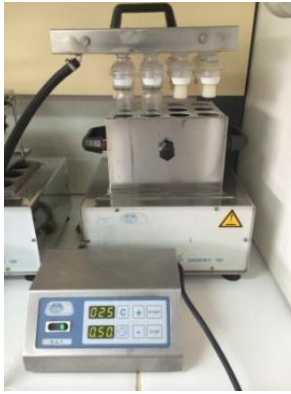
CÀLCULS

S'aplica la recta patró a l'absorbància mesurada.

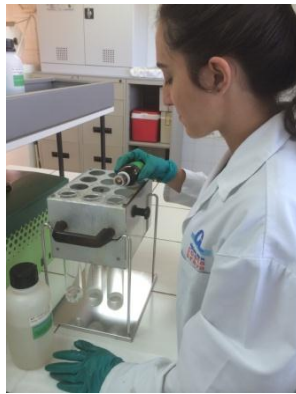
RESULTATS

Es donen en mg de P/l i s'expressen amb dues xifres significatives.

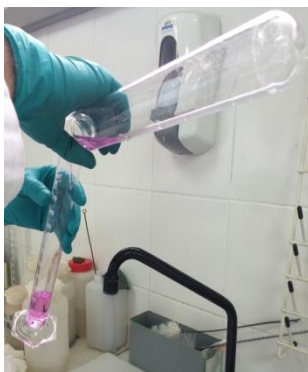




Digestió àcida de mostres.



Addició d'indicador de fenolftal·leïna a les mostres i coloració final després d'afegir hidròxid sòdic.



Transvàs de mostra a una proveta.



Presca de 10 ml de reactiu de vanadat-molibdat.



Mostres abans d'addicionar reactiu de vanadat-molibdat (rosades) i després (groga).



Mostres a punt de ser llegides a l'espectrofotòmetre. El groc més intens indica major concentració de fòsfor total.



Interior de l'espectrofotòmetre amb una cubeta per a llegir el fòsfor total d'una mostra.





3.2.7. MATÈRIES EN SUSPENSIO

DEFINICIO

Els sòlids són els materials dissolts o suspesos en les aigües residuals. La seva anàlisi és important per poder avaluar el compliment de les limitacions que regulen l'abocament de les mateixes.

CONSERVACIO DE LA MOSTRA, INTERFERENCIES I LIMITACIONS

Es poden usar ampolles de plàstic o de vidre refractari, per evitar que el material en suspensió s'adhereixi a les parets. Si la mostra no s'ha d'analitzar d'immediat, s'ha de conservar a 4°C fins al moment de l'anàlisi, per reduir al mínim la descomposició microbiològica dels sòlids. Cal eliminar les grans partícules flotants que poden distorsionar el pes del filtre de manera exagerada.

MATERIAL INSTRUMENTAL

- Equip de filtració al buit capaç d'aconseguir una atmosfera de pressió.
- Matràs Kitasato i embut Büchner.
- Paper de filtre de fibra de vidre (de Ø adequat).
- Estufa de dessecació a 103-105°C.
- Dessecador de vidre amb dipòsit de sílica-gel.
- Balança analítica amb precisió de 0,1 mg.
- Provetes de 50, 250 i 500 ml.

MATERIAL REACTIU

En aquesta analítica no s'utilitza cap reactiu.

DESCRIPCIO DEL MÈTODE ANALÍTIC

S'ha de condicionar el paper de filtre, posant-lo a l'estufa de dessecació durant 3 hores per així eliminar la humitat que pugui tenir, i després al dessecador durant, aproximadament, uns 15 minuts. Un cop estigui a temperatura ambient, s'ha de pesar a la balança de precisió; així s'obté el pes inicial. Quan s'usa paper de fibra de vidre, cal que la capa rugosa quedi mirant cap amunt a l'embut Büchner.

El volum a filtrar depèn del tipus de mostra. Així, per a una mostra d'entrada i una de decantador primari, es filtren de 50 a 100 ml; en canvi, per a una mostra de sortida, es filtren de 250 a 500 ml. Per a les mostres d'aeració i recirculació, és suficient un volum de 50 ml. El volum de mostra que cal filtrar ha de permetre obtenir un residu, un cop assecat, d'entre 2 i 200 mg.

Per a totes les mostres cal emprar filtres de fibra de vidre. Per a les recirculacions es poden usar papers de filtre de cel·lulosa. Abans de filtrar, cal impregnar prèviament el paper de filtre amb uns 10 ml d'aigua destil·lada, i homogeneïtzar bé la mostra.

Per a les mostres de sortida, acabada la filtració, és necessari rentar el residu obtingut amb, aproximadament, 30 ml d'aigua destil·lada per així lixiviar tots els sòlids dissolts





presentes en forma de sals. Així s'evita sobreestimar la concentració real de sòlids com a conseqüència d'una presència excessiva de ions solvatats.

Després de filtrar cada mostra, es deixa el paper de filtre a l'estufa de dessecació fins a pes constant (3 hores, aproximadament). Seguidament es posa al dessecador fins a temperatura ambient (uns 15 minuts) i finalment es pesa per a obtenir el pes dessecat.

CÀLCULS

La concentració de sòlids totals en suspensió s'obté restant el pes inicial del pes dessecat, multiplicant el resultat per 10^6 i dividint-ho pel volum de mostra filtrat.

RESULTATS

Es donen sense decimals per valors de 10 o superiors i amb un decimal per valors inferiors.



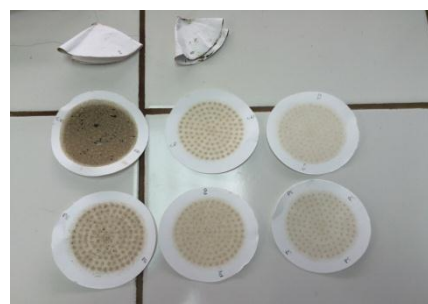
Sistema de filtració al buit amb embuts Büchner i matrassos Kitasato.



Filtrant mostres al buit.



Aspecte dels filtres a través dels quals han passat mostres d'entrada, de sortida o de reactor biològic d'una EDAR.



Filtres de fibra de vidre després de la filtració dels sòlids en suspensió.





3.2.8. NITRATS

DEFINICIÓ

El nitrat es troba en petites quantitats a les aigües residuals domèstiques, però en les estacions depuradores d'aigües residuals biològiques podem trobar-hi alts nivells per la nitrificació de les altres formes de nitrogen, per l'entrada d'aigües i de zones agrícoles adobades o també per l'aportació d'aigües residuals industrials. El nitrat és un nutrient essencial per a molts organismes fotosintètics.

Els nitrats es redueixen quantitativament a nitrits en presència de Cadmi. El NO_2^- produït es determina per diazotat amb sulfanilamida i acoblament amb dihidroclorhidrat de N-(1-naftil)-etilendiamina donant lloc a un colorant azo de color rosa molt intens. L'absorbància es mesura a 543 nanòmetres.

CONSERVACIÓ DE LA MOSTRA, INTERFERÈNCIES I LIMITACIONS

S'han de determinar el més aviat possible, sinó, cal conservar la mostra en el frigorífic a 4°C fins un màxim de 48 hores, per mostres no clorades. Mai s'hi ha d'afegir àcid.

MATERIAL INSTRUMENTAL

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

MATERIAL REACTIU

- Aigua exempta de nitrats, és a dir, destil·lada.
- Grànuls de cadmi.
- Reactiu colorant.
- Solució de clorur d'amoni-EDTA.
- Solució diluïda de clorur d'amoni-EDTA.
- Solució de sulfat de coure, 2%.
- Solució mare de nitrats.
- Solució patró de nitrats i nitrits.

DESCRIPCIÓ DEL MÈTODE ANALÍTIC

Si la mostra conté sòlids en suspensió, s'ha de passar prèviament a través d'un filtre de fibra de vidre amb 0,45 μm de diàmetre de porus. Llavors, si és necessari, cal ajustar el pH entre 7 i 9 amb HCl 1N o NaOH.

Per a fer la reducció de la mostra hem d'afegir 75 ml de solució NH_4Cl -EDTA a 25 ml de mostra (o a una dilució d'aquesta, normalment 10:25) i barrejar bé.

A continuació, s'ha d'abocar la mostra barrejada a la columna. Els primers 25 ml es llancen. Es recullen els 50 ml següents en un matràs aforat de 50 ml i es deixa passar la resta de la mostra per la columna, els 25 ml restants, que es desprecien.





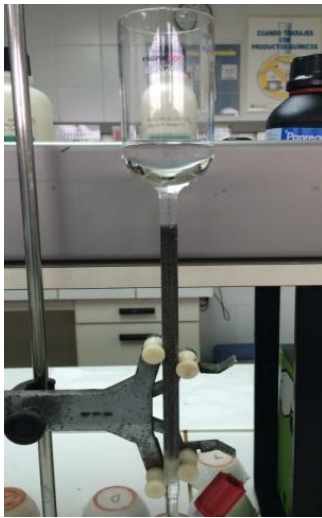
Un cop feta la reducció, toca afegir 2 ml de reactiu colorant als 50 ml de mostra i barrejar-ho bé. Al cap d'una hora ja es pot llegir l'absorbància a 543 nm, com es fa amb els nitrats, havent passat prèviament per la columna un blanc d'aigua destil·lada, seguint el mateix procés que les mostres.

CÀLCULS

S'aplica la recta patró a l'absorbància mesurada i, en cas que s'hagi diluït la mostra, es multiplica pel factor de dilució utilitzat.

RESULTATS

La concentració de nitrats s'expressa en mg/l de N-NO_3^- (ppm) i el resultat es dona amb dues xifres significatives.



Columna de Cadmi.



Recollida de mostra, gota a gota, després de passar a través de la columna de Cadmi.



Dues mostres amb reactiu colorant de l'anàlítica dels nitrats. A la dreta, el blanc, a l'esquerra, mostra amb nitrats.





3.2.9. NITRITS

DEFINICIÓ

El nitrit és un estat intermedi d'oxidació del nitrogen; tant de l'oxidació de l'amoni a nitrat com de reducció del nitrat a nitrogen. Aquesta oxidació i reducció es pot donar en el tractament d'aigües residuals, en els sistemes de distribució d'aigua i en les aigües naturals.

Els nitrits es determinen per formació d'un colorant azo porpra rogenc, que s'obté a pH 2,0 - 2,5 per acoblament de la sulfanilamida diazotada amb diclorhidrat de N-(1-naftil)-etilendiamina. Es mesura l'absorbància a 543 nanòmetres.

CONSERVACIÓ DE LA MOSTRA, INTERFERÈNCIES I LIMITACIONS

Els nitrits s'han de determinar el més aviat possible per evitar la conversió bacteriana en nitrats o amoníac. Per una conservació a curt termini, durant 1 o 2 dies, s'ha de congelar la mostra a -20°C .

Ajustar el pH de la mostra entre 5 i 9. Els ions Fe^{3+} , Sb^{3+} , Bi^{3+} i Pb^{2+} poden precipitar en les condicions de la prova. L'ió cúpric catalitza la descomposició de la sal de diazoni.

MATERIAL INSTRUMENTAL

- Espectrofotòmetre per a 543 nm, amb 1 cm de recorregut de llum.
- Matràs de 50 ml.
- Pipetes de diferents volums.

MATERIAL REACTIU

- Reactiu colorant.
- Solució mare de nitrits (250 mg/l).
- Solució Stock de nitrits (100 mg NO_2^- /l).
- Solució patró de nitrits (0,5 mg NO_2^- /l).

DESCRIPCIÓ DEL MÈTODE ANALÍTIC

Si la mostra conté sòlids en suspensió, és necessari passar-la prèviament per un filtre de fibra de vidre de $0,45\ \mu\text{m}$ de diàmetre de porus. Llavors, si cal, ajustar a pH entre 5 i 9 amb HCl 1 N o NH_4OH .

A continuació, s'agafen 50 ml de mostra o una dilució a 50 ml (normalment 10 ml de mostra en un aforat de 50 ml). I després, s'hi afegeixen 2 ml de reactiu colorant.

Mesurar l'absorbància a 543 nm entre 10 minuts i 2 hores després, tot i que és recomanable fer-ho al cap d'una hora.

Paral·lelament a les mostres, cal passar un blanc amb 50 ml d'aigua destil·lada, seguint el mateix procés que s'ha fet amb la resta de mostres.





CÀLCULS

S'aplica la recta patró a l'absorbància mesurada i, en cas que s'hagi diluït la mostra, es multiplica pel factor de dilució utilitzat.

RESULTATS

La concentració de nitrats s'expressa en mg/l de N-NO_2^- (ppm) i el resultat es dona amb dues xifres decimals.



Blanc i dues mostres amb indicador colorant.





3.2.10. NITROGEN AMONIACAL (NH₄⁺)

DEFINICIÓ

Es tracta de determinar el contingut del nitrogen amoniacal d'una mostra d'aigua residual. L'amoni és un subproducte de la desaminació de compostos orgànics nitrogenats i de la hidròlisi de la urea. La concentració d'aquesta forma de nitrogen pot ser calculada després de realitzar una destil·lació.

CONSERVACIÓ DE LA MOSTRA, INTERFERÈNCIES I LIMITACIONS

Cal fer l'anàlítica el més aviat possible. Si cal emmagatzemar la mostra, s'ha de conservar acidificada a un pH d'entre 1,5 i 2,0 amb àcid sulfúric concentrat i en un frigorífic a 4°C.

La presència del clorur de mercuri interfereix en l'eliminació de l'amoniac. A més, els resultats poden sortir distorsionats si les concentracions de nitrats superen els 10 mg/l.

MATERIAL INSTRUMENTAL

- Graella amb tubs micro-Kjeldhal de 100 ml.
- Bomba amb trompa de buit.
- Destil·lador automàtic o semi-automàtic.
- pH-metre.
- Agitador magnètic.
- Pipetes, buretes i provetes.
- Matrassos Erlenmeyer de 250 ml.

MATERIAL REACTIU

- Àcid bòric al 3%.
- Indicador mixt vermell de metil i blau de metilè.
- Solució d'hidròxid sòdic al 32%.
- Àcid sulfúric 0,01 N, preparat a partir d'àcid sulfúric 0,02 N.
- Clorur amònic al 99,5%.

DESCRIPCIÓ DEL MÈTODE ANALÍTIC

Inicialment s'agafen entre 40 i 50 ml la mescla d'àcid bòric amb indicador mixt. Es mesura el pH amb un pH-metre i un agitador magnètic. A continuació, a un tub de digestió micro-Kjeldhal s'hi addicionen 25 o 50 ml de mostra homogeneïtzada.

Tot seguit es fa la destil·lació, afegint primer hidròxid sòdic al 32% al tub de digestió. Cal recollir entre 150 i 200 ml de destil·lat total, que posteriorment seran valorats amb àcid sulfúric 0,01 N des d'una bureta. Durant aquest procés, el color verdós de la solució passa a lila, havent assolit el valor de pH inicial.

A part de realitzar el procés per totes les mostres agafades, és necessari fer un blanc amb 25 o 50 ml d'aigua destil·lada; resultat que també inclourem als càlculs.





CÀLCULS

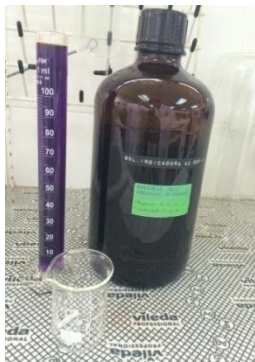
Els càlculs es realitzen segons la següent fórmula:

$$\text{NH}_4^+ (\text{mg} \cdot \text{N/l}) = \frac{[\text{volum sulfúric mostra (ml)} - \text{volum sulfúric blanc (ml)}] \times 14000 \times 0,01}{\text{volum mostra (ml)}}$$

On NH_4^+ és la concentració de nitrogen amoniacal.

RESULTATS

Es donen en $\text{mg} \cdot \text{N/l}$ i s'expressen amb dues xifres significatives.



Àcid bòric amb indicador.



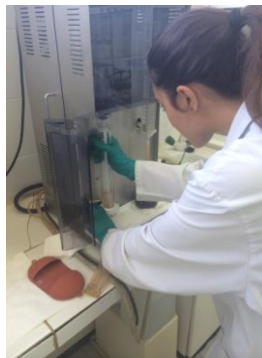
Valoració del pH d'una solució d'àcid bòric amb indicador.



Transvàs de 25 ml de mostra a un tub de digestió.



Tub de digestió amb mostra preparat per a la destil·lació.



Introducció del tub de digestió en el destil·lador.



Mostres i Erlenmeyers a punt per a la destil·lació.



Destil·lació d'una mostra.



Mostres obtingudes després de la destil·lació.



Afegint àcid sulfúric, gota a gota.



Valoració final del nitrogen amoniacal.





3.2.11. NITROGEN KJELDHAL (NTK)

DEFINICIÓ

El nitrogen Kjeldhal és la suma del nitrogen orgànic i del nitrogen amoniacal. Les formes de nitrogen de major interès a les aigües residuals són el nitrogen orgànic (proteïnes, pèptids, àcids nucleics, urea...), nitrogen amoniacal, nitrit i nitrat. Totes elles són interconvertibles bioquímicament i formen part del cicle del nitrogen, que és molt important a la natura.

CONSERVACIÓ DE LA MOSTRA, INTERFERÈNCIES I LIMITACIONS

Per garantir resultats òptims, és recomanable fer l'anàlisi el més aviat possible. En el cas que s'hagi d'emmagatzemar la mostra, cal conservar-la acidificada a pH entre 1,5 i 2,0 amb àcid sulfúric concentrat i al frigorífic a 4°C.

El clorur de mercuri II, provoca interferències en l'eliminació de l'amoniac. Concentracions de nitrats superiors a 10 mg/l distorsionen els resultats.

Controlar la temperatura de la digestió és molt important: si se superen els 400°C, es produeix la piròlisi del nitrogen, i si no s'arriba als 360°C, la digestió no es completa.

MATERIAL INSTRUMENTAL

- Vitrina extractora de gasos.
- Bloc digestor amb calefacció elèctrica, regulador digital de temperatura i sistema extractor de fums.
- Graella amb tubs micro-Kjeldhal 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.

MATERIAL REACTIU

- Àcid sulfúric concentrat del 95-98%.
- Catalitzador Kjeldhal de coure i seleni en pols.
- Àcid bòric, solució al 3%.
- Indicador mixt de vermell de metil i blau de metilè.
- Hidròxid sòdic al 32%.
- Àcid sulfúric 0,01 N, preparat a partir d'àcid sulfúric al 0,02 N.
- Acetanilida al 99,5%.

DESCRIPCIÓ DEL MÈTODE ANALÍTIC

El procés consta de dues etapes: una digestió àcida que transforma tot el nitrogen en nitrogen amoniacal i, després, una destil·lació seguida de valoració que permet calcular la concentració d'aquesta forma de nitrogen en una mostra determinada.





A un tub de digestió micro-Kjeldhal s'hi addicionen 25 o 50 ml de mostra homogeneïtzada i fragments de porcellana porosa o bé 4 o 5 perles de vidre. Seguidament, i sota la vitrina extractora, s'hi afegeixen 5 o 10 ml d'àcid sulfúric concentrat -segons el volum de mostra- i, finalment, 2 g de pols de catalitzador Kjeldhal. Homogeneïtzar-ho bé agitant el tub de digestió.

Cal fer un blanc amb 25 o 50 ml d'aigua destil·lada i seguir el mateix procés descrit per a les mostres d'aigua residual. El resultat del blanc s'inclou en els càlculs.

La graella amb els tubs s'introdueix en el bloc digestor i el sistema es porta a ebullició a 375°C durant 30 minuts, amb pujada ràpida de temperatura (posició NTK). Les perles de vidre o els fragments de porcellana porosa eviten una ebullició violenta.

Acabada la digestió, es deixa refredar la solució fins a temperatura ambient. A continuació s'addicionen 50 ml d'aigua destil·lada a cada tub.

Tot seguit es fa la destil·lació, afegint primer NaOH 32% al tub de digestió. Cal recollir de 150 a 200 ml de destil·lat per sota d'uns 40 o 50 ml d'àcid bòric al 3%, que ja conté indicador mixt a raó de 10 ml per cada litre d'àcid. Es valora amb àcid sulfúric 0,01N des d'una bureta. En el punt final, el color verd de la solució destil·lada passa a lila.

Alternativament, es pot fer la valoració de forma més precisa utilitzant un pH-metre i un agitador magnètic. Es tracta de valorar, prèviament, el pH de la mescla d'àcid bòric amb indicador mixt i de tornar la solució destil·lada a aquest mateix pH, amb l'addició d'àcid sulfúric 0,01N, amb el canvi de color abans esmentat, tal com es fa per al nitrogen amoniacal.

CÀLCULS

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

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

RESULTATS

Es donen en mg N/l i s'expressen amb dues xifres significatives.



Tubs de digestió per a mostres de nitrogen Kjeldhal abans de la hidròlisi àcida.





3.2.12. pH

DEFINICIÓ

El pH és la mesura que permet determinar la intensitat del caràcter àcid o bàsic d'una solució. Sorenson va definir-lo com l'antilogaritme de la concentració d'ions d'hidrogen $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$, que és el factor d'intensitat o acidesa.

CONSERVACIÓ DE LA MOSTRA, INTERFERÈNCIES I LIMITACIONS

Degut al fet que la temperatura interfereix en l'analítica, és necessari mantenir la mostra a temperatura ambient a l'hora de realitzar la mesura.

El pH varia en funció de la temperatura. Aquesta, afecta a la mesura de pH de dues maneres: d'una banda per un efecte mecànic produït per canvis en les propietats dels elèctrodes o de l'altra, per efectes químics causats per canvis d'equilibri. Per aquest motiu, és important ajustar la temperatura sempre que aquesta s'allunyi dels 20°C.

MATERIAL INSTRUMENTAL

Per a mesurar-lo, s'utilitza un pH-metre que pot ser de sobretaula o bé portàtil.

MATERIAL REACTIU

Únicament s'utilitzen les solucions tampó de pH: 4,01 , 7,02 i 9,21 per a verificar i calibrar els pH-metres.

DESCRIPCIÓ DEL MÈTODE ANALÍTIC

Primer de tot es submergeix l'elèctrode a la mostra de la qual es vol determinar el pH, homogeneïtzant-la prèviament per tal de garantir una mesura correcta.

És important que entre les diferents mostres es renti l'elèctrode amb aigua destil·lada i que s'eixugui amb cura. Un cop finalitzades les mesures, cal deixar l'elèctrode submergit en aigua destil·lada o bé dins d'un cilindre roscat amb solució electrolítica del tipus KCl 3M + AgCl, de la mateixa casa comercial.

CÀLCULS

El pH-metre dona el resultat directament, així que no cal fer càlculs a part.

RESULTATS

La mesura del pH s'expressa amb una sola xifra decimal, ja que el límit de precisió que es determina és de $\pm 0,1$ unitats de pH.



**Valoració del pH
d'una mostra.**





3.2.13. SÒLIDS TOTALS, FIXES I VOLÀTILS

DEFINICIÓ

Els sòlids totals són tots aquells residus de material que queden en un recipient després de l'evaporació de la mostra i el seu consecutiu assecat en una estufa a temperatura definida.

Els sòlids fixes són els residus de sòlids totals, suspesos o dissolts després de sotmetre'ls a ignició durant un temps determinat i a una temperatura especificada.

Els sòlids volàtils són aquells sòlids que resten després de la volatilització i/o descomposició de la matèria fixada.

CONSERVACIÓ DE LA MOSTRA, INTERFERÈNCIES I LIMITACIONS

Es poden utilitzar ampolles de plàstic o de vidre refractari per evitar que el material en suspensió s'adhereixi a les parets. Si la mostra no s'ha d'analitzar d'immediat, s'ha de conservar a 4°C fins al moment de l'anàlisi, per reduir al mínim la descomposició microbiològica dels sòlids.

La determinació de sòlids, tant volàtils com totals, porta associat un error negatiu degut a la pèrdua de carbonats (càlcic i amònic) i matèria orgànica volàtil durant la dessecació.

MATERIAL INSTRUMENTAL

- Càpsula de porcellana.
- Estufa de dessecació a 103-105°C.
- Forn mufla a 550°C.
- Dessecador de vidre amb dipòsit de sílica gel.
- Balança analítica amb precisió de 0,1 mg.

MATERIAL REACTIU

Per realitzar aquesta analítica no s'utilitza cap tipus de reactiu.

DESCRIPCIÓ DEL MÈTODE ANALÍTIC

Primer de tot, es tara la càpsula on s'hi posa la mostra de fang (de centrífuga, de purgues de primaris, d'espessidor o de digestió). Seguidament, es pesa la càpsula i la mostra per tenir el pes inicial i després es posa a l'estufa a 103 a 105°C fins a pes constant (24 hores, aproximadament). A continuació, es posa la càpsula al dessecador fins a temperatura ambient (15 minuts, aproximadament) i es pesa obtenint el pes dessecat. D'aquesta manera s'obtenen els sòlids totals.

Per a determinar el tant per cent de sòlids volàtils cal posar la mostra dessecada a la mufla, a una temperatura de 550°C fins a pes constant (1 hora aproximadament). Així es calcina la mostra i es desprenen els sòlids volàtils que es determinen per diferència de pes.





Per a la mostra d'aeració també es calculen els sòlids volàtils. Només cal col·locar la mostra dessecada en una càpsula prèviament tarada i posar-la a la mufla a 550°C fins a pes constant (30 minuts aproximadament).

CÀLCULS

Sòlids totals:

$$ST (\%) = \frac{(C - A)}{(B - A)} \times 100 \quad \text{on A és la tara, B el pes inicial i C el pes dessecat.}$$

Sòlids volàtils:

$$SV (\%) = \frac{(C - D)}{(C - A)} \times 100 \quad \text{on C és el pes dessecat, D el pes calcinat i A la tara.}$$

RESULTATS

El % de sòlids totals i el de sòlids volàtils es donen amb una sola xifra decimal.



Càpsules de porcellana amb mostres de fang dessecat.



Càpsules de porcellana amb mostres de fang calcinat.



Pesada d'una càpsula amb fang calcinat.





3.2.14. SULFURS

DEFINICIÓ

Els sulfurs provenen de la descomposició de la matèria orgànica i de la reducció bacteriana dels sulfats en condicions anòxiques.

CONSERVACIÓ DE LA MOSTRA, INTERFERÈNCIES I LIMITACIONS

En els casos en què sigui necessària la conservació de la mostra, s'afegeixen 2 ml d'acetat de zinc 2 N per cada litre de mostra. L'oxigenació de la mostra pot fer baixar la concentració de sulfurs, que són oxidats; aquesta seria una interferència.

MATERIAL INSTRUMENTAL

- Bureta de 50 ml amb dipòsit.
- Matràs Erlenmeyer de 250 ml.
- Provena de 50 ml.
- Pipetes de 10 i 50 ml.

MATERIAL REACTIU

- Solució de iode 0,025 N.
- Àcid clorhídric 6N.
- Aigua destil·lada.
- Solució de midó al 2%.
- Solució de tiosulfat sòdic 0,025 N.

DESCRIPCIÓ DEL MÈTODE ANALÍTIC

En un matràs Erlenmeyer de 250 ml s'hi posen 5 ml de solució de iode 0,025 N, 15 ml d'aigua destil·lada, 2 ml d'àcid clorhídric 6 N i 100 ml de mostra directament dins la solució per evitar el contacte amb l'aire.

A continuació, es valora la barreja amb tiosulfat sòdic 0,025 N. S'afegeix l'indicador (solució de midó al 2%) poc abans d'assolir el punt d'equivalència, quan el color taronja inicial s'ha tornat ja molt pàl·lid. En aquest punt, la barreja adquireix un color blau-lilós. Llavors, es segueix afegint tiosulfat sòdic amb la bureta, i es dona per acabada la valoració quan es produeix el viratge de la tonalitat blavosa a incolor tèrbola.

CÀLCULS

La concentració de sulfur es calcula restant el volum de solució de iode del volum gastat de tiosulfat sòdic. El resultat obtingut es multiplica per 1600 i es divideix pel volum total de mostra.

RESULTATS

La concentració de sulfurs es dona amb dues xifres significatives i s'expressa en mg/l.

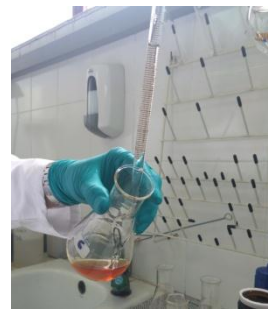




Erlenmeyers amb 5 ml de solució de iode.



Addició de 15 ml d'H₂O destil·lada a un Erlenmeyer.



Addició de 2 ml de HCl a un Erlenmeyer.



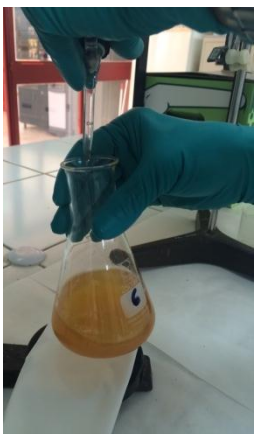
Omplint la proveta amb 100 ml de mostra.



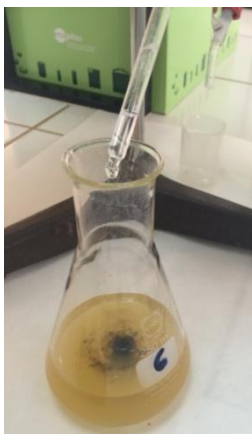
Addició de la mostra a un Erlenmeyer lliscant per les parets.



Mostres a punt per a valorar.



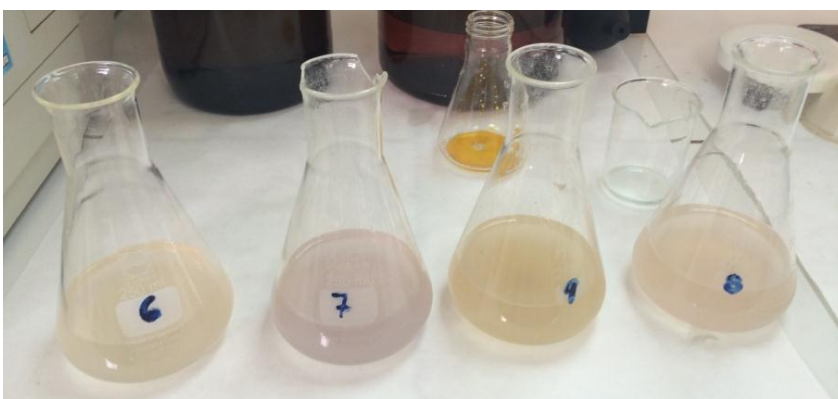
Addició de solució de tiosulfat sòdic a una mostra.



Addició de solució indicadora de midó a una mostra.



Decoloració progressiva d'una mostra afegint solució de tiosulfat sòdic.



Punt final de l'anàlisi de sulfurs.





4. MIREM A TRAVÉS DEL MICROSCOPI

4.1. ABANS DE RES... PREPARACIÓ I CONSERVACIÓ DE LES MOSTRES

De totes les mostres, són les aeracions les que es fan servir per mirar al microscopi, doncs, és en els reactors biològics on té lloc l'oxigenació de l'aigua i on es concentren més microorganismes, fet que facilita la seva identificació.

Quan s'observa una mostra de fang de reactor biològic al microscopi, ha de ser fresca, acabada de recollir, per evitar que canviïn les seves característiques. En cas que no pugui ser analitzada directament, cal guardar-la en el frigorífic, a una temperatura d'entre els 4 i els 7 °C, en ampolles mig plenes -per deixar oxigen suficient per als microorganismes-, durant un parell de dies i, sobretot, sense afegir substàncies conservants que generalment distorsionen la mostra.

L'emmagatzematge de les mostres afecta principalment a algunes espècies de protozous, mentre que els bacteris filamentosos i l'estructura dels floculs romanen gairebé inalterables.

És millor fer una primera observació "in vivo" per poder apreciar l'estat general del fang i determinar així el tipus de flocul, la diversitat i l'abundància de microfauna... Tot seguit, es pot recórrer a l'ús dels colorants -les tincions- per destacar-ne determinades estructures.

4.2. CONEGUEM MÉS A FONS EL MICROSCOPI

Tenir un control microscòpic dels fangs és quelcom essencial, doncs els microorganismes que hi viuen són els que poden patir alguna alteració, i alhora, els que determinen el funcionament i la qualitat del procés.

A l'hora d'estudiar una mostra de fang actiu, el microscopi òptic és una eina indispensable que ens permet no només la identificació i quantificació de les diverses espècies pobladores -bacteris, protozous i metazous-, sinó el coneixement d'altres característiques relacionades amb l'estructura de la unitat morfològica i estructural d'aquesta suspensió biològica, és a dir, el flocul del fang actiu.

Per poder realitzar una anàlisi microscòpica dels fangs dels processos de depuració, és necessari que el nostre microscopi disposi de tres components bàsics: un sistema mecànic, un sistema d'il·luminació i un sistema òptic.

El sistema mecànic és la unitat bàsica d'un microscopi que consta d'un seguit de parts diferenciades. La seva funció principal és constituir l'estructura bàsica del microscopi, ja que en aquesta, hi ha integrades totes les altres parts. Forma part també de la base on habitualment s'instal·la el sistema d'il·luminació, i és el responsable de gran part de l'estabilitat de l'instrument. Una altra peça d'aquest suport és la columna ancorada a la base, on es troben els sistemes d'enfocament de la platina i del condensador. Finalment, també es troba el braç del suport, el qual aguanta el revòlver porta-objectius i porta-oculars. Els elements principals a destacar són els següents:





- **Platina:** és la taula mecànica, la qual està situada sobre el suport, i sobre la que es col·loca el portaobjectes, que, mitjançant un sistema de translació dotat de comandaments, podrà fer-se desplaçar a ambdues direccions del pla, corresponents als eixos x i y. A més, el fet de tenir regles mil·limètriques situats sobre la platina, permeten conèixer l'abast del moviment així com la localització precisa de qualsevol àrea d'interès de la preparació.
- **Sub-platina:** element que suporta la platina i el condensador, disposant d'un sistema senzill de desplaçament a l'altura del condensador.
- **Porta-objectius o revòlver porta-objectius:** és un dispositiu mecànic d'alta precisió on s'allotgen els objectius mitjançant una rosca.
- **Porta-filtres:** és un dispositiu que sol ser senzill, on s'allotgen els filtres que intervenen en la il·luminació de la mostra. Pot anar instal·lat en qualsevol posició, sempre que sigui davant de la làmpada i a sota del condensador.
- **Porta-oculars:** és la peça on s'instal·len els prismes distribuïdors de la imatge i els tubs on hi ha els oculars. Els més habituals són els binoculars. Cal afegir que aquesta peça disposa d'un sistema mecànic amb la capacitat d'ajustar la distància interpupilar per diferents usuaris, disposant d'un sistema d'ajustament de l'altura d'un o bé dels dos oculars per poder corregir la possible diferència diòptrica de l'observador.
- **Comandaments d'enfocament:** permeten el desplaçament en el pla vertical de la platina, allunyant o acostant la preparació fins als elements òptics. L'enfocament macromètric, dit també enfocament gruixut, permet una aproximació ràpida a la preparació, mentre que el micromètric proporciona un enfocament fi de la mateixa.

El conjunt d'elements responsables d'enviar la quantitat de llum necessària a la mostra en les condicions adequades, és el sistema d'il·luminació, el qual està format per:

- **Font d'il·luminació:** sol ser una làmpada halògena de baix voltatge, d'entre 6 i 12 volts i 25 i 100 watts. La seva lluminositat pot ser regulada gràcies a un potenciòmetre.

El tercer sistema esmentat és l'òptic, doncs és el responsable de la formació de la imatge que requerim identificar o estudiar, per la qual cosa podem dir que és l'element més important de l'aparell.

- **Oculars:** elements òptics responsables d'ampliar la imatge resolta pels objectius, oferint una imatge virtual i invertida. Les seves dues característiques principals són l'augment i l'índex de camp. Estan formats per dues lents que es situen sobre un suport mòbil que permet que siguin ajustades a la distància ocular de l'observador. Aquestes lents són les encarregades d'amplificar la imatge resolta pels objectius, al mateix temps que la inverteixen. Un dels oculars permet un ajust diferencial per les diòptries de cada ull. Normalment, un dels oculars consta de micròmetre, és a dir, un disc intercalat entre les seves lents que presenta una espècie de regla amb una sèrie de marques distribuïdes regularment.





- **Filtres:** es troben situats sobre un porta-filtres, els més habituals són el filtre verd i el blau. El verd, que augmenta el poder de resolució, s'utilitza en l'òptica de contrast de fases; el blau s'usa en l'observació en camp clar, doncs podem veure tincions o ressaltar contorns dels microorganismes vius.
- **Condensadors:** elements amb la finalitat de proporcionar un con de raigs lluminosos, l'angle d'incidència dels quals empleni parcial o totalment la lent posterior de l'objectiu, per tal de poder utilitzar l'obertura numèrica íntegra d'aquest, doncs només en aquestes condicions els objectius proporcionen la resolució màxima de la que són capaços.

Aquesta peça no millora la qualitat de resolució de l'objectiu, però si se'n fa un ús incorrecte, la pot disminuir. Una funció fonamental del condensador és facilitar l'observació de la mostra en condicions especials, ja sigui en contrast de fases, camp fosc... A més, ha d'il·luminar completament el camp de visió de l'objectiu.

Els dos condensadors que conté estan situats al peu del cos principal. El primer és el condensador de camp, que juntament amb el seu diafragma, té la funció d'amplificar i col·limar els raigs lluminosos projectats per la font lluminosa. Llavors, a la part inferior de la platina trobem el condensador d'obertura, amb el diafragma corresponent, i elements de centratge. Aquest darrer, pretén fer convergir la llum cap a la preparació. El centratge del condensador es duu a terme tancant el diafragma de camp i portant al centre el punt lluminós amb l'ajut dels mecanismes de centratge.

- **Objectius:** es tracta dels components òptics responsables de la resolució de les imatges. Han d'estar col·locats en un ordre lògic, de menor a major augment. Els objectius de camp clar i contrast de fases es distingeixen, l'un de l'altre, gràcies a la llegenda pH d'aquest últim. En l'òptica de contrast de fases, el condensador il·lumina amb un anell de llum que ha d'estar sintonitzat amb l'anell de fases de l'objectiu en ús.

Cal dir en aquest apartat, que tant en camp clar com en contrast de fases, els objectius de 100x requereixen l'ús d'oli d'immersió. Fet que significa, que un cop utilitzats, s'ha de retirar l'oli de la lent amb un drap suau impregnat en una solució d'èter o etanol.

- **Càmera fotogràfica:** tenir al nostre abast un equip micro-fotogràfic permet obtenir imatges dels diferents camps que observem, perquè llavors puguem identificar amb més calma cada una de les diferents espècies.

El resultat final de la qualitat d'un microscopi és la suma resultant d'una bona òptica, un sistema d'il·luminació suficient i una mecànica de precisió, ja que una òptica mediocre en un bon microscopi donaria una imatge pobre de la mostra, i si disposem d'una bona òptica però no està a la seva altura la resta del microscopi, ens veurem molt limitats i amb problemes derivats d'una mecànica general de baixa qualitat.





Microscopi òptic Olympus BX 51 amb càmera digital Olympus incorporada, amb el que s'han fet totes les fotografies dels microorganismes protagonistes d'aquest treball.

4.3. TÈCNIQUES MICROSCÒPIQUES

L'observació dels microorganismes més petits, com ara bacteris, determinades estructures de protozous o fins i tot l'organització del flòcul, poden ser dificultoses en camp clar. Per aquest motiu, són més fàcilment observables amb altres tècniques microscòpiques, com és el cas del contrast de fases.

Normalment, l'equipament microscòpic en un laboratori d'aigües residuals compta amb l'òptica de contrast de fases, a més de la de camp clar. El principal avantatge de disposar d'un microscopi òptic amb contrast de fases és el fet que permet una millor observació de les estructures més fines: flagels, cilis, filaments... que són essencials per a la identificació precisa de moltes espècies de protozous i bacteris filamentosos.

Camp clar: és una tècnica microscòpica que emprava la il·luminació "normal" per tal d'observar mostres prèviament tenyides. Els components de la mostra es visualitzen gràcies a les diferències de contrast que existeixen entre ells i el mitjà que els envolta. Les diferències de contrast es produeixen perquè les cèl·lules o elements més grans, com els flòculs del fang actiu, absorbeixen o dispersen la llum en diferents graus. Per aquesta raó, aquesta il·luminació s'utilitza amb tincions o mostres en les que els microorganismes són pigmentats, ja que el contrast s'incrementarà degut al color. El contrast de la preparació també pot controlar-se en camp clar amb el diafragma del condensador, el diafragma d'obertura.

Contrast de fases: és una tècnica que s'utilitza per estudiar preparacions de densitats homogènies, en les quals baixa la capacitat d'absorció de la llum dels seus elements, les cèl·lules i el mitjà, fa que la imatge obtinguda no presenti diferències de lluminositat entre ells. El contrast de fases permet la visualització de cèl·lules sense la





necessitat de tinció. Aquest tipus d'òptica es basa en el fet que les cèl·lules tenen índex de refracció diferents al mitjà, i que per tant, fan que es generi una desviació dels raigs de llum que les travessen, que són retardats. Aquest efecte és amplificat per un anell especial que té l'objectiu dels microscopis de contrast de fases, per la qual cosa es forma una imatge fosca amb un fons brillant.

4.4. UN ALTRE MÈTODE D'OBSERVACIÓ

És possible obtenir una visió millor de diverses parts de les cèl·lules dels bacteris filamentosos gràcies a una tinció específica. Hi ha moltes tècniques emprades per fer les tincions, però sempre hi ha parts de la cèl·lula que presenten més afinitat pel pigment que d'altres.

Les tincions utilitzades per realitzar el meu estudi han estat la de Gram i la de Neisser.

4.4.1. TINCIÓ DE GRAM

Reactius

Solució 1: solució de violeta cristall oxalat.

Solució 2: solució iode iodurada de Lugol.

Solució 3: propanol-acetona 4:1.

Solució 4: safranina, solució 0,25%.

Procediment

Primerament, es posa en un portaobjectes una gota fina i escampada del fang que es pretén observar i es deixa assecar a l'aire, mai amb escalfor. Tot seguit es tenyeix un minut amb la solució 1 i un cop passat aquest temps, s'esbandeix durant uns segons amb aigua destil·lada.

El següent pas és tenyir durant un minut amb la solució 2 i esbandir-la amb aigua. Després, cal aguantar el portaobjectes en un angle d'aproximadament 45° i decolorar amb propanol-acetona, gota a gota, durant exactament vint-i-cinc segons. Després, assecar el portaobjectes suaument amb paper.

Abans de posar-nos a observar la mostra, cal tenyir-la amb la solució 4 durant un minut; llavors, esbandir-la bé amb aigua i assecar-la suaument amb paper. Finalment, només cal examinar al microscopi a 1000x amb il·luminació directa, mai amb contrast de fases.

Resultats

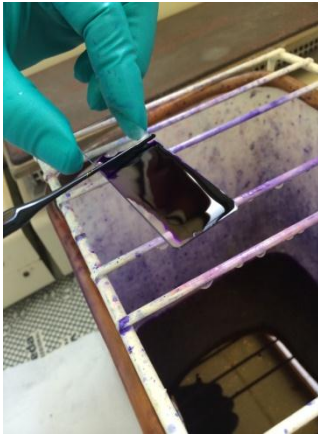
Els bacteris Gram negatius queden tenyits de color vermell rosat, mentre que els bacteris Gram positius es veuen d'un color lila o blau fosc. La població del fang actiu està constituïda, majoritàriament, per bacteris Gram negatius.

En algun cas, ens podem trobar que no tot el filament quedi tenyit d'un color uniforme. Això és degut, principalment, pel creixement associat d'altres bacteris. Aquest creixement emmascara el filament en certa quantitat, fet que fa que el colorant blau no pugui penetrar suficientment.

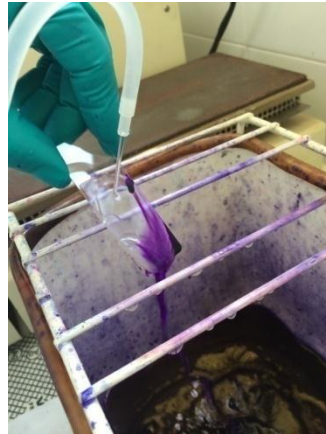




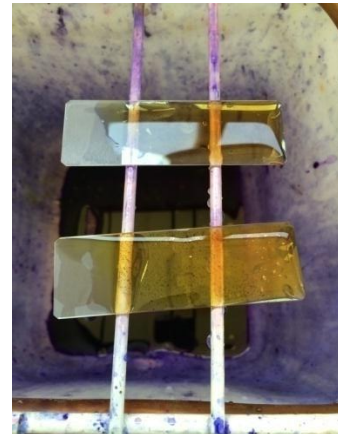
En aquest cas, el resultat de la tinció s'ha de jutjar principalment per l'observació dels extrems dels filaments.



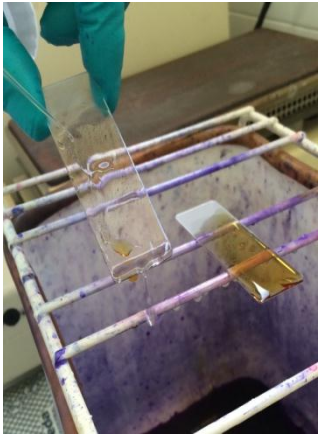
Addició de solució de violeta cristall.



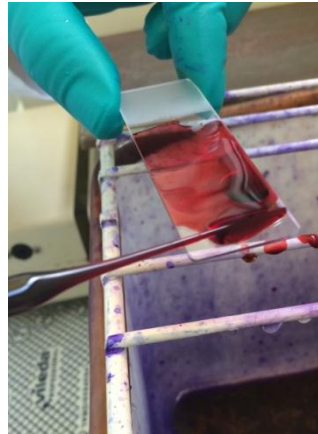
Rentat de la solució de violeta cristall amb H₂O.



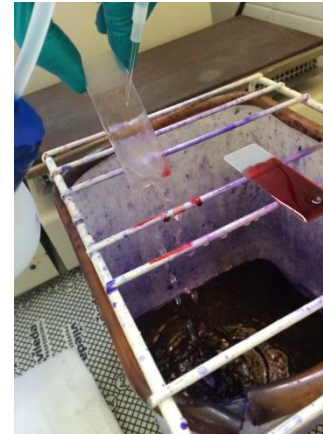
Portaobjectes amb líquid de Lugol.



Rentat del portaobjectes amb propanol-acetona.



Addició de safranina.



Rentat amb H₂O destil·lada del portaobjectes amb mostra tenyida.



Portaobjectes amb mostres de les EDAR de Palamós i Castell d'Aro.





4.4.2. TINCIÓ DE NEISSER

Reactius

Solució 1: blau de metilè – cristall violeta en proporció 2:1.

Solució 2: marró de Bismarck.

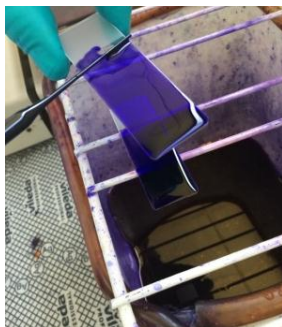
Procediment

Es comença posant en un portaobjectes una gota fina i escampada del fang a observar i, tot seguit s'ha de deixar assecat a l'aire, sense aportar-hi escalfor. Després, cal tenyir durant trenta segons amb la solució 1, i esbandir uns segons amb aigua destil·lada.

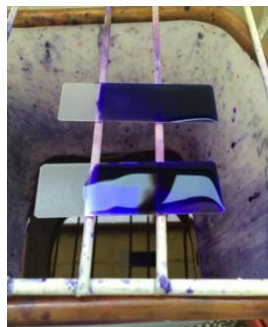
A continuació, cal tenyir durant un minut amb la solució 2, esbandir bé amb aigua destil·lada i assecat suaument amb paper. Per acabar, ja només fa falta examinar al microscopi a 1000x amb il·luminació directa, mai amb contrast de fases.

Resultats

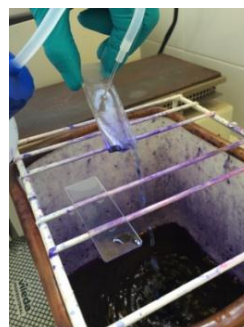
Els filaments Neisser negatius es tenyeixen de color marró clar o groc, i sovint, són difícilment visibles. Els filaments Neisser positius contenen grànuls foscos o es tenyeixen sencers de color blau.



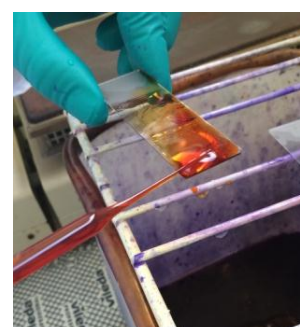
Addició de Blau de Metilè amb Violeta cristall.



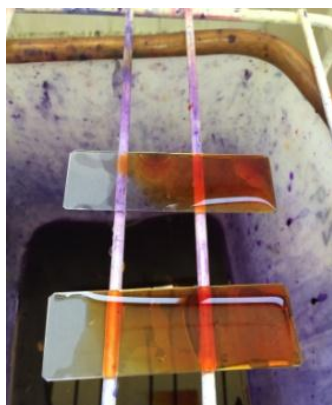
Mostres tenyides amb blau de metilè i violeta cristall.



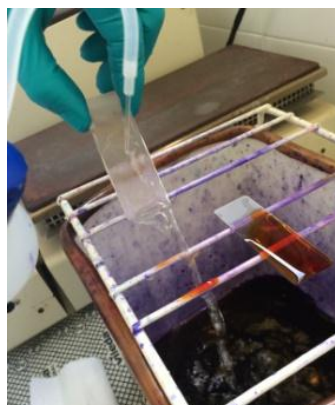
Rentat amb H₂O del blau de metilè i violeta cristall.



Addició de marró de Bismarck.



Mostres tenyides amb marró de Bismarck.



Rentat amb H₂O del marró de Bismarck.



Portaobjectes amb mostres de les EDAR de Palamós i Castell d'Aro.





5. ENDINSEM-NOS AL MICRO-MÓN

5.1. EL PAPER BIOINDICADOR DE LA MICROFAUNA EN L'ECOSISTEMA DELS FANGS ACTIUS

El sistema de depuració dels fangs actius és, en realitat, un ecosistema artificial on els grups de microorganismes vius, amb major o menor abundància, constitueixen comunitats biològiques complexes interrelacionades entre si i amb el medi físic que els envolta a la planta depuradora.

Suposa el desenvolupament d'un cultiu microbiològic capaç de degradar i flocular la matèria orgànica present en aquestes aigües. L'estabilitat d'aquesta població depèn de les condicions ambientals i operacionals en les que es reproduïxen.

5.2. ESTRUCTURA DE L'ECOSISTEMA. ELS INDICADORS BIOLÒGICS

Components abiòtics

Constituïts pel medi físic, és a dir, la planta depuradora i les característiques tecnològiques d'aquesta. Es tracta de totes aquelles característiques del medi, com són la composició de l'aigua residual, la concentració de l'oxigen dissolt en el reactor, la temperatura, la càrrega orgànica que arriba a la planta... Tots ells poden afectar a la distribució dels microorganismes en el sistema.

Components biòtics

Representats per les comunitats de microorganismes descomponedors i consumidors, els darrers dels quals constitueixen la microfauna. Tots ells formen la biocenosi.

L'ambient fisicoquímic determina els límits entre els quals els microorganismes poden desenvolupar-se i els consegüents canvis que pot causar a l'aigua residual que està sent tractada. Dins dels límits fixats per l'ambient, les comunitats biològiques són, a més, controlades per les interrelacions dels microorganismes que les formen. La competència pels nutrients i l'oxigen, juntament amb la depredació, són els exemples més representatius d'aquestes interrelacions.

5.3. LA BIOCENOSI DEL FANG

Als fangs actius hi intervenen molts tipus d'organismes fortament interrelacionats.

La comunitat dels éssers vius està composta pels descomponedors (bacteris, fongs i alguns protozous flagel·lats) i els consumidors (protozous ciliats, flagel·lats, rizòpodes o sarcodins i petits metazous), que estableixen relacions de competència entre si per l'aliment i la depredació, constituint així una complexa xarxa tròfica.

Els bacteris tenen un paper fonamental en el procés d'esgotament de la matèria orgànica, i així aprofiten per formar biomassa cel·lular nova per tal de poder reproduir-se. Malgrat tot, no s'aconsegueixen bons rendiments d'eliminació de la matèria orgànica sense la presència d'organismes més complexes com els protozous i els metazous.





5.4. QUÈ SÓN ELS FLÒCULS?

Es tracta de la unitat ecològica i estructural del fang que consta d'un conjunt d'agregats microscòpics de consistència gelatinosa, formats per bacteris formadors de flòcul, bacteris filamentosos i per partícules de matèria orgànica i/o inorgànica.

5.5. COM ES FORMEN?

Una de les característiques més importants que presenten els bacteris és que, en medi líquid, formen agrupacions anomenades flòculs, el que permet una sedimentació i la seva separació de l'aigua ja depurada.

Amb la formació de flòculs, adquireixen una sèrie d'avantatges:

- L'adsorció en la superfície del flòcul de partícules orgàniques i inorgàniques de les que poden anar-se alimentant. Els enzims extracel·lulars dels bacteris permeten la degradació i la posterior assimilació d'aquesta matèria orgànica. Les partícules inorgàniques porten metalls micronutrients en quelació.
- Els hi confereix més seguretat limitant la depredació i dificultant la dessecació.

El procés d'adherència consta, en general, de tres etapes:

- La primera etapa és l'adsorció; un procés físic o químic en el que l'organisme no intervé. És el resultat de dos tipus de forces, la d'atracció de van der Waals (forces entre molècules menys intenses que les forces interatòmiques que expliquen la coherència de les xarxes cristal·lines moleculars), i de la repulsió electrostàtica. La majoria de bacteris tenen una càrrega negativa neta en la seva superfície, a pH fisiològic, degut al predomini dels grups aniònics (COO^-) en els polímers de les seves parets.

Moltes partícules, com ara les argiles i altres compostos de l'aigua residual, tenen càrregues positives i càrregues negatives, de manera que hi haurà un equilibri entre la repulsió de les càrregues i l'atracció per les forces de van der Waals. En aquest procés hi juga un paper molt important la concentració iònica de l'aigua. A concentracions baixes, hi ha una força d'atracció només a una distància molt propera. Aquesta força augmenta a concentracions intermèdies i apareix un altre punt d'atracció, el punt mínim secundari.

A concentracions altes, les forces electrostàtiques de repulsió són molt dèbils i les d'atracció es presenten des de la superfície de les partícules. La majoria dels bacteris no poden fer res per contrarestar-les, ja sigui nedant o movent-se en partícules menors a $0,2 \mu\text{m}$ en un líquid degut al xoc de les molècules d'aquest.

- La segona etapa és l'adhesió, la qual consisteix en el fet que els organismes secreten una matriu adhesiva proteica, polisacàrida o glicoproteica per la que queden unides just pel damunt de la superfície, en el punt del mínim secundari. En aquesta fase és molt important l'estat metabòlic de les cèl·lules, ja que en el cas de que sigui molt baix, la matriu serà molt petita i a l'inrevés.





- La darrera etapa és la colonització, que està regida pels factors ambientals que controlen el creixement i reproducció dels bacteris, així com de la forma de reproduir-se d'aquests, originant cèl·lules filles cap a l'aigua lliure o cap a la superfície, de manera que quedin enganxades formant una colònia.

El procés de formació dels flocs es pot seguir també en la posta en marxa d'una EDAR. Trobem diverses etapes en la floculació dels bacteris:

- A una fase prèvia, hi ha bacteris lliures que entren al sistema amb l'aigua d'entrada. L'elevada càrrega massica deguda a la falta de sòlids suspesos en l'aeració es correspon amb una mala qualitat de l'efluent i uns rendiments de depuració molt baixos.
- A la fase d'iniciació dels flocs veiem com al cap de vuit o nou dies, es pot fer un recompte per mides dels petits flocs existents, essent la mida mitja estadística aproximadament d'unes 80 μm . En aquesta etapa s'observa l'adsorció de partícules contaminants a la superfície dels flocs. La càrrega massica baixa en augmentar els sòlids en aeració, però, encara no treu qualitat en l'efluent.
- A la fase de creixement disminueix el nombre de flocs, però augmenta la seva mida, assolint valors d'entre uns 300 i 400 μm . Aquí, es té una qualitat i un rendiment òptim de depuració; el fang comença a sedimentar correctament.
- A la fase de maduració dels flocs segueix disminuint la quantitat de flocs, però la seva mida mitjana pot arribar als 1000 μm . El rendiment a aquesta etapa ja és molt elevat.
- Finalment, si no es purga el sistema, el floc entra en una etapa d'envelliment, de poca activitat metabòlica, disgregació, desfloculació, enterboliment de l'efluent i empitjorament del rendiment.

5.6. ESTAT METABÒLIC

Els trets importants a tenir en compte en un floc són, d'una banda, l'estat metabòlic dels seus bacteris de cara a la floculació i depuració de l'aigua; de l'altra, la mida dels flocs en vistes a la seva sedimentació en el decantador secundari.

Si ens centrem en l'estat metabòlic, veurem que el fang jove es caracteritza per una activitat metabòlica gran. S'ha de tenir en compte, però, que la mateixa estructura del floc condiciona l'existència d'un gradient de penetració i, per tant, de concentració de les substàncies dins del floc, donant lloc a la formació de diferents microambients dins d'ell.

En els flocs de mida elevada, existeix un gradient d' O_2 . Es pot arribar a crear una zona externa aeròbica, una zona intermitja anòxica i una d'interior anaeròbica. Aquests gradients tant d' O_2 com de matèria orgànica disponible, creen ambients favorables al desenvolupament de bacteris filamentosos i el funcionament del metabolisme de desnitrificació. L'adsorció de partícules orgàniques i inorgàniques a la superfície dels flocs, accentua encara més aquest fenomen.





Una activitat metabòlica elevada es tradueix en un aspecte bacterià de cèl·lules grosses i de forma anormalment allargada, algunes vegades amb les cèl·lules filles alineades. S'observa també en aquests casos, un gran desenvolupament de la matriu extracel·lular.

En un flòcul amb poca activitat metabòlica, les cèl·lules són petites i es troben molt juntes, degut al poc desenvolupament de la matriu. En presència d'algun compost tòxic o inhibidor parcial del creixement, l'aspecte és semblant, amb cèl·lules molt petites i de creixement molt lent.

5.7. ESTRUCTURA DEL FLÒCUL

En el flòcul es pot distingir dos tipus d'estructures. La macroestructura, formada per un entramat intern de bacteris filamentosos que poden sobresortir del flòcul al qual donen consistència. I llavors, la microestructura, constituïda pels bacteris formadors de flòcul, no filamentosos.

A partir d'aquests tipus d'estructura esmentats, es poden diferenciar 7 tipus de flòcul:

Flòcul ideal

És aquell en el que els dos tipus d'estructures estan en equilibri. La presència de bacteris filamentosos dóna resistència i coherència al flòcul sense interferir en la compactació i la sedimentació del fang.

Pin-floc o pin point floc

Conegut també amb el nom de flòcul de cap d'agulla; no té macroestructura i la matriu extracel·lular està molt poc desenvolupada, sent tot microestructura. Es distingeixen flòculs molt petits de dèbil consistència, motiu pel qual són fàcilment trencats per la pròpia turbulència del tanc d'aeració. El sobrenedant és tèrbol i es sol observar en sistemes d'aeració amb una edat del fang molt elevada, quan aquest ha entrat en un procés de desfloculació. A més a més, aquest tipus de flòcul no decanta bé.

Flòcul filamentós

Flòcul en el qual la proliferació de bacteris filamentosos és exagerada i, per tant, presenta molta macroestructura. El creixement dels filaments es dóna tant a l'interior com a l'exterior del flòcul, creant ponts interfloculars o trencant-los.

Flòcul de creixement dispers

Està relacionat amb una manca de floculació per part de les cèl·lules bacterianes. No hi ha sedimentació del fang i l'efluent és totalment tèrbol a causa de la gran quantitat de bacteris i manca de depuració del fang, fet que pot dificultar el control del paràmetre de l'edat del fang. Aquesta situació es dóna principalment en casos de manca greu d'oxigenació, o per l'entrada d'un tòxic a la bassa d'aeració.

Flòcul gelatinós

Tipus de flòcul que és present quan les càpsules bacterianes estan molt desenvolupades. Al ser de textura gelatinosa i majoritàriament formades per sucres i





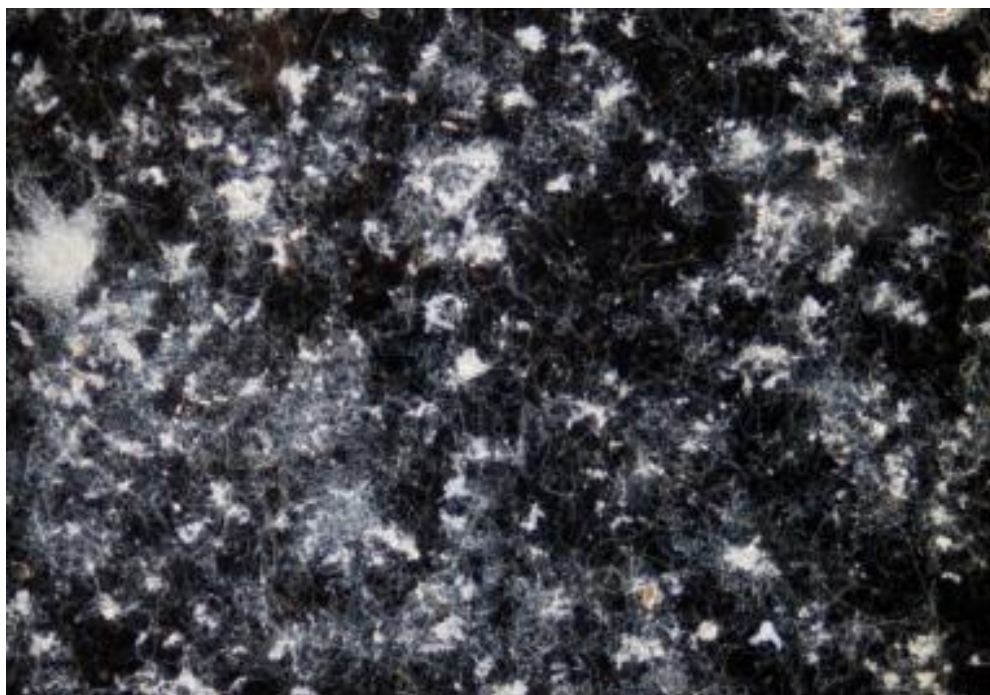
aigua, tendeixen a flotar. Produeix l'efecte de *bulking* o esponjament. Es dona a càrregues màssiques molt elevades, sobretot en cas d'alta concentració de part soluble i altament degradable pels bacteris. En episodis de manca de nutrients, també podem trobar-lo.

Flòcul amb estructura oberta o "disgregada"

En aquest cas, els filaments creixen majoritàriament dins del flòcul, disgregant la seva estructura, de manera que aquest creix adherit al voltant del filament. El flòcul pot arribar a ocupar gran superfície, sent difícil distingir-ne els contorns, de forma irregular i amb grans forats interns, presentant una estructura oberta.

Flòcul en estructura de xarxa, formant enllaços o ponts interfloculars

Tipus d'estructura en la qual els filaments creixen i s'estenen des de la superfície del flòcul fins a l'exterior, actuant com a barreres mecàniques que mantenen el flòcul separat. Els flòculs presenten, en aquest cas, una aparença compacta i de forma arrodonida.



Flòculs petits amb abundants ponts interfloculars. CF (40x).

5.8. POSSIBLES PROBLEMES AL FLÒCUL: CAUSES, OBSERVACIÓ MICROSCÒPICA I EFECTES CAUSATS

Gràcies a l'observació microscòpica de la mostra del reactor biològic, podem arribar a detectar un seguit d'aspectes que poden afectar el flòcul, com són, per exemple: la incidència del creixement o no de microorganismes filamentosos, veure'n la forma, adonar-nos de la seva abundància, així com també de la presència de partícules inorgàniques o bé de bacteris que es troben fora del flòcul.





Esponjament o “bulking” filamentós

El fet que el tipus de fang sedimenti i compacti, quan ho fa, de manera precària, produeix un sobrenedant molt clar, ja que la xarxa filamentosa actua de filtre, atrapant les petites partícules que d'una altra manera no sedimentarien. A més, provoca problemes de decantació al fang dels decantadors secundaris.

Esponjament o “bulking” gelatinós

El fang té una consistència gelatinosa degut a un excés de producció d'expolímer. Pot afectar la qualitat de l'efluent i generar problemes de sedimentació i compactació.

Espumament biològic o *Foaming*

Els microorganismes filamentosos generen una escuma espessa de tonalitats entre blanquinoses i marronoses, i se'n observen abundants restes amb flotabilitat al procés de decantació secundària.

Desfloculació

És el fet que molts floculs no puguin decantar degut a les seves dimensions, inferiors o propers a 150 µm. Produeix efluent tèrbol; els sòlids no poden ser retinguts en el decantador ja que no flocculen. A més, dificulten la determinació de l'edat del fang.

Escumes filamentoses

Es tracta del creixement de bacteris filamentosos escumants amb tendència hidròfoba. Els problemes que pot causar són la separació de sòlids als decantadors secundaris, problemes de nates a la superfície dels decantadors o de salubritat a les instal·lacions.

Escumes no filamentoses

Problema provocat per productes surfactants no biodegradables. Acostumen a donar problemes higiènics, ja que poden sobreixir dels reactors.

L'aparició d'aquests problemes biològics a les EDAR, ja siguin detectats alhora o per separat, fa imprescindible utilitzar l'observació microscòpica per a identificar els microorganismes que els originen.





6. ELS HABITANTS DEL MICRO-MÓN

Poder estudiar l'estructura de les aigües residuals i la vida dels microorganismes, així com la seva funció en el cicle de l'aigua i en els sediments, és possible gràcies a la microbiologia.

Quan parlem de microorganismes, ens referim a tots els éssers microscòpics tant vegetals com animals, és a dir, bacteris, fongs, protozous, algues i petits metazous. Els que destaquen en el procés depuratiu, però, són els bacteris, els protozous i els metazous.

Tenen un paper molt important en els mecanismes de depuració, a més d'estar adaptats a la vida en ambient aquàtic, doncs l'aigua és el seu hàbitat i alhora el medi que conté el seu aliment. A més, són la base de tota la cadena tròfica, fent d'enllaç entre el món orgànic i l'inorgànic.

Les característiques físiques i químiques del medi influeixen en la seva activitat biològica.

La temperatura ambiental és un factor de gran importància pel que fa a la regulació de la vida en el medi aquós. D'ella en depèn la velocitat amb què es produeixen les reaccions bioquímiques que genera l'activitat cel·lular. L'eficiència en els processos de reproducció i, per tant, el creixement de les poblacions, està invariablement lligat a la temperatura del medi.

Un altre factor destacat és el pH, el qual influeix en la presència de determinades espècies de microorganismes als sistemes biològics dels processos de depuració.

La disponibilitat d'oxigen també cal tenir-la en compte, doncs repercuteix en l'activitat que realitzen els microorganismes. En el medi aquós, i en condicions aeròbies, hi ha una relació inversa entre la temperatura i la concentració d'oxigen dissolt. A major temperatura, menor serà la capacitat de dissolució de l'oxigen a l'aigua, mentre que al disminuir la temperatura augmentarà la seva solubilitat.

A més a més, els nivells de salinitat, les concentracions de diferents productes químics, detergents, i metalls com el crom, el cadmi, el mercuri i el plom, poden tenir efectes tòxics sobre els microorganismes.

Les condicions en què es troba el medi, poden produir alteracions en els processos cel·lulars i en el ritme de creixement de les poblacions de microorganismes, fet que afectarà a l'eficiència del procés biològic de depuració de les aigües residuals.

6.1. QUÈ SÓN ELS BACTERIS?

Els bacteris són éssers unicel·lulars procariotes, és a dir, estan formats per una sola cèl·lula, el material genètic de la qual es troba dispers pel citoplasma cel·lular.

La membrana que envolta el citoplasma separa aquest de la paret cel·lular, que és la capa externa de la cèl·lula que s'encarrega de protegir-la del medi i conferir-li característiques especials.





Molts bacteris tenen mobilitat. Poden nedar mitjançant els flagels, que són orgànuls filamentosos formats per proteïnes estructurals. El fet que siguin mòbils els ajuda a desplaçar-se en la recerca de les condicions ambientals més òptimes, per tal de garantir la seva supervivència.

Quant a la composició de la flora bacteriana, es pot dir que és molt variable, ja que depèn de les característiques del medi on es troba.

L'oxigen és un factor important en el desenvolupament dels bacteris. Així, en funció de com responen a la seva presència o absència, els bacteris poden classificar-se en: aerobis, anaerobis facultatius i anaerobis. Els primers depenen de l'oxigen, mentre que els anaerobis facultatius l'utilitzen si és que n'hi ha, però alhora poden créixer encara que els manqui. Finalment, els bacteris anaerobis són els que no poden utilitzar l'oxigen del medi, que els és tòxic.

A banda d'això, els bacteris que formen els fangs actius es poden dividir, a grans trets, en dos grups segons la macroestructura dels flòculs. D'una banda, tenim els formadors de flòculs i, de l'altra, els filamentosos. Els primers solen ser cèl·lules individualitzades, mentre que els darrers són cadenes de cèl·lules de diferents longituds i gruixos.

Actualment es coneixen una trentena de bacteris filamentosos, que s'identifiquen segons les seves característiques morfològiques. Només alguns d'ells són molt habituals, mentre que la majoria són difícils de veure. A uns se'ls anomena amb un binomi científic (gènere i espècie) i a altres, utilitzant un sistema alfanumèric.

6.2. I ELS PROTOZOUS?

Els protozous són organismes unicel·lulars eucariotes que viuen en aigües dolces, salades o en líquids interns dels organismes superiors, molts d'ells actuant com a paràsits. La seva complexitat estructural és molt gran. S'ha de tenir en compte que la seva evolució excedeix els centenars de milions d'anys.

Constitueixen una de les poblacions més importants de les comunitats d'organismes vius en els reactors biològics de les Estacions Depuradores d'Aigües Residuals (EDAR). Aquests microorganismes són essencials pel funcionament del sistema de tractament, perquè estan implicats en processos de depredació sobre les poblacions bacterianes contribuint, per una banda, al manteniment de les fases de creixement actiu i per l'altra, eliminant bacteris de l'aigua residual. A més, els protists contribueixen a la formació de bio-agregats i flòculs.

La identificació dels protists en una EDAR es basa en l'observació microscòpica de les mostres en viu.

El tipus de moviment i la presència o absència d'apèndix mòbils, és a dir, de flagels o cilis, és una característica fàcilment observable en els organismes presents en les mostres en fresc. Així, una primera aproximació a la identificació seria incloure'ls en algun dels grups següents segons:





La presència d'apèndix mòbils (flagels o cilis):

- **Flagel·lats:** és una classe de protozous formada per cèl·lules aïllades o colonials, proveïts d'una quantitat variable de flagels -entre 1 i 8-, els quals sorgeixen en posició apical o subapical i serveixen per a la locomoció i l'alimentació. Poden ser incoloros o bé tenir tons verdosos, fet que denota el seu metabolisme fotosintètic. Quan el procés depuratiu funciona correctament, no solen ser gaire abundants. La seva elevada densitat en els reactors es relaciona amb les primeres etapes de la posada en funcionament de la instal·lació, quan les poblacions estables dels protozous ciliats no s'han desenvolupat encara. La presència excessiva en un fang estable indica una baixa oxigenació d'aquest, o un excés de càrrega orgànica.
- **Ciliats:** és una classe de protozous formada per cèl·lules aïllades o colonials, cobertes de cilis que són emprats en la locomoció i/o l'alimentació. Tenen un nombre elevat de cilis somàtics organitzats en cineties, ciliació oral associada al citostoma, el qual pot ser superficial o en forma d'embut bucal. Presenten el material genètic dividit en dos nuclis el macronucli i el micronucli. La presència dels ciliats és de gran importància en el sistema dels fang actius, ja que contribueixen directament a la clarificació de l'efluent a través de dues activitats: d'una banda la floculació i, de l'altra, la depredació, sent aquesta darrera de major importància que la primera.

S'alimenten de bacteris patògens, per això, redueixen els seus nivells.

En funció de la seva relació amb el flocul biològic, tenim dos tipus de ciliats: els associats al flocul i els que no ho estan.

- **Ciliats associats al flocul:**

Es divideixen en dues categories: els ciliats reptants, que es mouen sobre la superfície del flocul i presenten cossos aplanats, i els ciliats sèssils, que estan adherits al flocul gràcies a peduncles de fixació i sovint tenen forma de campana invertida. En aquesta segona categoria hi trobem els perítrics, que s'alimenten de bacteris lliures en el medi, i els suctors, els quals són depredadors d'altres protozous ciliats.

- **Ciliats no associats al flocul:**

En aquest grup trobem els ciliats nedadors, els quals apareixen durant la fase de colonització, quan el flocul està en vies de formació i no s'han establert encara els ciliats reptants ni els pedunculats.

Conseqüentment, la presència dominant de ciliats nedadors en un fang ben format és un indicatiu d'anomalies en el procés, com per exemple una càrrega excessiva o un fang poc oxigenat.





El moviment mitjançant pseudòpodes:

- **Sarcodins:** classe de protozous que emet pseudòpodes no permanents, com podria ser el cas de les amebes sense teca o gimnamebes i les testàcies, o bé la presència de pseudòpodes permanents com els axòpodes dels heliozous.

Cada un d'aquests tres grups s'encarrega d'una funció concreta en el sistema, i la seva aparició i abundància reflecteixen les diferents condicions fisicoquímiques existents en els tancs d'aeració, cosa que sembla ser un índex molt útil per valorar l'eficiència del procés depuratiu.

6.3. I ELS METAZOUS?

Es tracta d'un regne compost per organismes pluricel·lulars de nutrició heteròtrofa, les cèl·lules dels quals s'agrupen en forma de teixits, òrgans i sistemes. En el procés depuratiu són els menys abundants, i moltes vegades no hi són presents, ja que estan condicionats per les edats del fang i les necessitats nutritives.

Els nematodes

El primer dels grups en què es divideixen els metazous és el dels nematodes. Es tracta d'uns organismes que es troben distribuïts en grans quantitats tant en ambients aquàtics com terrestres.

En general, els nematodes de forma lliure són molt similars quant a la seva aparença. Presenten un cos fusiforme: cilíndric amb extrems afuats. La seva longitud mitjana en la majoria de les espècies es mou entre els 0,5 i els 3 mil·límetres.

La major part dels que es veuen són predadors de bacteris dispersos i protozous, però també poden aparèixer algunes formes saprozoiques, capaces d'alimentar-se de la matèria orgànica dissolta i dels flòculs.

Els rotífers

Aquest grup de metazous està formada per organismes pluricel·lulars petits que amiden entre 50 i 500 micròmetres.

La seva estructura és complexa, doncs té cap, tronc i peu. Curiosament, té una beina o closca amb espines i crestes dorsals gràcies a les quals pot amagar el cap.

L'alimentació de les espècies més habituals dels sistemes de fangs actius es produeix mitjançant la filtració de bacteris dispersos, o bé de matèria orgànica particulada, de la mateixa manera que els ciliats perítrics sèssils, procés que es veu facilitat per la fixació del substrat amb el peu, o bé per la ingesta de petites porcions de flòculs, consumint bacteris i matèria orgànica.

Són els encarregats d'eliminar els bacteris dispersos i els protozous. Algunes espècies contribueixen a la formació del flòcul, gràcies a la secreció de mucus.





Els anèl·lids

És un tipus de metazous constituït per cucs segmentats en anells, anomenats metàmers, la majoria dels quals són idèntics entre sí, excepte els dels seus extrems.

Els gastròtrics

Són organismes pluricel·lulars de tamany comprès entre 70 i 500 micròmetres, d'aspecte més similar al dels ciliats que no pas a la resta dels metazous habituals en un sistema de fangs actius.

Tenen una cutícula freqüentment recoberta d'espines dorsals curtes i corbades. Sobre el costat ventral, presenten bandes de cilis que utilitzen per desplaçar-se. El seu cos sol estar bifurcat a la part posterior i presentar cilis i glàndules adhesives.

Una de les característiques més destacables és la flexibilitat del seu cos. A diferència dels ciliats, tenen l'extrem posterior acabat en dos apèndix o prolongacions. A més a més, com la resta de metazous, indiquen edats elevades del fang.





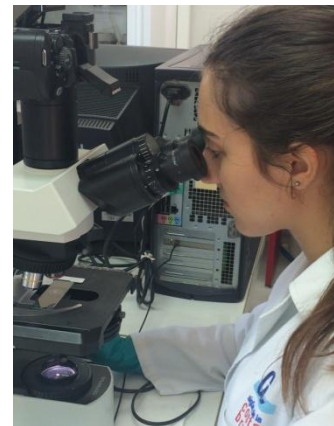
7. EL MEU ESTUDI

Amb la finalitat de determinar l'estat de l'aigua residual a diferents EDAR de la Costa Brava, he dut a terme un estudi exhaustiu de la biodiversitat present a cada planta.

Començant a principis de juliol, i repetint el mateix procés diversos cops per setmana fins a finals d'agost, el primer pas ha estat realitzar la presa de mostres als tancs d'aeració. Les depuradores estudiades han estat principalment Castell d'Aro, Palamós i Torroella de Montgrí, malgrat que hagi tingut la possibilitat d'obtenir puntualment una mostra de la depuradora Blanes i una altra de la de Lloret de Mar.

El següent pas ha estat agafar una gota de mostra amb una micro-pipeta, posar-la sobre un portaobjectes i al damunt, un cobreobjectes, per observar-ne la fauna; procés que he realitzat amb les 27 mostres de les quals he fet l'estudi.

Per fer-ho, he emprat un microscopi binocular amb contrast de fases i amb objectius de 4, 10, 20, 40 i 100 que, amb els oculars de 10x, donen uns augments de 40, 100, 200, 400 i 1.000. Gràcies a això, he pogut apreciar els detalls estructurals dels diferents tipus d'organismes presents en el fang actiu. Sobretot, m'ha sigut molt útil a l'hora d'observar les cèl·lules bacterianes i de poder fer la identificació de cadascuna de les espècies de bacteris, protozous i metazous presents.



Duent a terme l'observació microscòpica.

De cada mostra, n'he fet un informe on he calculat l'abundància de bacteris filamentosos, i he fet el comptatge tant de protozous com de metazous, a més d'observar l'estructura del flòcul. A mesura que he anat detectant microorganismes, els he anat fotografiant, classificant-los per grups i dissenyant les fitxes de cadascuna de les espècies, tot documentant-me per a conèixer-ne les característiques diferencials.

Un cop feta l'observació en viu, per tal d'acabar d'afinar en la identificació dels bacteris de cada mostra presa, he fet les tincions Gram i Neisser. Així, en finalitzar l'observació de totes les mostres, he obtingut fitxes de 60 espècies diferents.

Posteriorment, he organitzat totes les dades separant-les en tres grans blocs: el dels bacteris filamentosos, el dels protozous -petits flagel·lats i petites gimnamebes a part- i el dels metazous. I llavors, dins de cada bloc, he anotat el nombre i la classe d'individus vistos a cadascuna de les 5 EDAR durant tots els dies en què s'han realitzat observacions consultant, per fer aquesta tasca, els informes microscòpics.

Conseqüentment, les dades plasmades a les diferents taules les he transmès en format de gràfic de barres, on es pot veure clarament quines espècies i quina quantitat se'n ha vist cada un dels dies.

A més dels gràfics diaris, com que no es tenia el mateix nombre de mostres de totes les plantes depuradores, i amb la finalitat de poder obtenir dades equiparables, s'ha fet





una mitjana aritmètica passada després a percentatge per aconseguir tenir una sola gràfica de cada EDAR. En el cas dels bacteris filamentosos, només es té en compte l'abundància calculada segons el mètode Jenkins explicat més avall.

La fórmula per calcular el nombre de microorganismes inferiors a 20 µm (*Bodo saltans* i Gimnamebes) per cada mil·lilitre és la següent:

$$\text{Núm. d'individus/ml} = \frac{N_i \times A}{\pi r^2 \times V_m}$$

on:

N_i : mitjana del nombre d'individus observats

A: 0,0004

π : 3,141592654...

r^2 : $7,5625 \times 10^{-8}$

V_m : 0,025 ml

La fórmula per calcular el nombre de microorganismes superiors a 20 µm (ciliats, grans flagel·lats, amebes i metazous) per cada mil·lilitre, és la següent:

$$\text{Núm. d'individus/ml} = \frac{N_i \times 1000 \mu\text{l}}{25 \mu\text{l} \times 1 \text{ ml}}$$

on N_i és la mitjana del nombre d'individus observats

El mètode Jenkins consisteix en avaluar l'abundància de cada bacteri filamentós en funció dels següents criteris:

Valor numèric	Abundància	Comentaris
0	Cap	
1	Pocs	Filaments presents, però només en alguns flòculs.
2	Algun	Filaments observats freqüentment, però no són presents en tots els flòculs.
3	Comú	Filaments observats a tots els flòculs, però en baixa densitat (1-5 filaments per flòcul).
4	Molt comú	Filaments observats a tots els flòculs amb una densitat mitjana (5-20 per flòcul).
5	Abundant	Filaments observats a tots els flòculs, amb alta densitat (>20 per flòcul).
6	Excessiu	Filaments presents a tots els flòculs. Apareixen més filaments que flòculs i/o aquests creixen abundantment en el licor mescla.

Tot seguit, ha estat el moment d'interpretar els resultats i veure quines espècies han estat més abundants perquè després, finalment, es poguessin extreure conclusions sobre l'estat de l'aigua de cada estació on es duu a terme la depuració.





7.1. BACTERIS FILAMENTOSOS

Al llarg del meu estudi he aconseguit identificar 23 espècies de bacteris filamentosos, les fitxes dels quals apareixen a continuació classificades per ordre alfabètic.

D'una banda, de cada espècie n'he estudiat les característiques morfològiques i estructurals, com són: el tipus de filament, la localització, la seva forma cel·lular, les característiques més destacades i la clau identificativa de cada un d'ells. De l'altra, també he anotat les característiques ecològiques, que consisteixen en els paràmetres bioindicadors i, en alguns casos, he pogut incloure-hi el tipus d'alimentació.

- *Bacillus sp.*
- *Beggiatoa sp.*
- *Cyanophyceae*
- *Flexibacter sp.*
- *Haliscomenobacter hydrossis*
- *Microthrix parvicella*
- *Nocardia sp.*
- *Nostocoida limicola I*
- *Nostocoida limicola II*
- *Spirillum sp.*
- *Spirochaeta sp.*
- *Streptococcus sp.*
- *Thiothrix I*
- *Thiothrix II*
- *Tipus 021N*
- *Tipus 0041*
- *Tipus 0092*
- *Tipus 0581*
- *Tipus 0675*
- *Tipus 0914*
- *Tipus 0961*
- *Tipus 1851*
- *Tipus 1863*





7.1.1. Bacillus sp.

CARACTERÍSTIQUES MORFOLÒGIQUES I ESTRUCTURALS

Filament: es tracta d'una cadena irregular de cèl·lules d'una longitud total d'entre 20 i 5,0 μm , i un diàmetre que pot mesurar de 0,8 a 1 μm .

Localització: sol observar-se lliure pel fang, però normalment és al voltant del flocul.

Forma cel·lular: les cèl·lules, en forma de bacils, mesuren de 2 a 4 μm de longitud, els extrems de les quals, tenen els extrems arrodonits.

Característiques més destacades: presenta septes i constriccions cel·lulars, però no té beina, ni ramificacions, ni creixement epifític, ni capacitat mòbil. Tampoc s'observen grànuls de sofre ni de polifosfats, és a dir, grànuls de fòsfor.

Clau identificativa: respon a Gram positiu o negatiu, i a Neisser i grànuls Neisser negatius.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: s'associa al creixement dispers del fang, generant terbolesa a l'aigua de l'entrada de la planta; problema que es pot solucionar amb l'addició de polímers que reforcen el procés de la decantació de tota la biomassa. A més a més, es relaciona amb el fet que hi hagi modificacions en la càrrega massica del sistema.



Bacillus sp. CF (400x). EDAR de Castell d'Aro (21-8-14).





7.1.2. Beggiatoa sp.

CARACTERÍSTIQUES MORFOLÒGIQUES I ESTRUCTURALS

Filament: sol ser llarg i recte o lleugerament corbat, mesurant entre 100 i 150 μm de longitud i d'1,0 a 3,0 μm de diàmetre.

Localització: es troba lliure entre els flòculs.

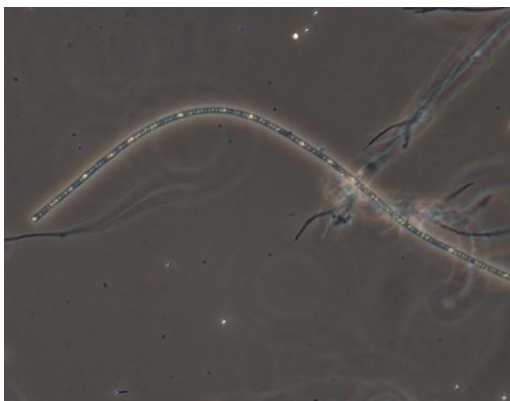
Forma cel·lular: les cèl·lules que el componen són rectangulars, d'una dimensió que oscil·la entre 1,0 i 3,0 μm d'amplada i de 4,0 a 8,0 μm de llargada.

Característiques més destacades: no presenta ni ramificacions, ni beina; però el que sí que té són septes cel·lulars sense constriccions. Quant al tema del moviment, es desplaça per lliscament o per flexió. Cal afegir que, al seu interior, té un cúmulo de nutrients en forma de grànuls de sofre, que sovint són refringents a la llum.

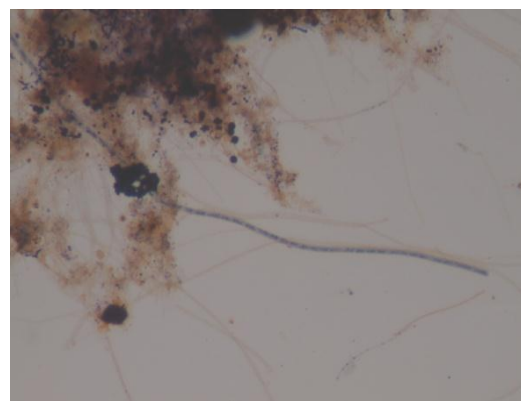
Clau identificativa: podem distingir-lo clarament tot realitzant el mètode de tincions proposat per Jenkins, a partir del qual s'observa que tant la tinció Gram com la Neisser són negatives (color rosat o marró clar, respectivament), mentre que els grànuls són Neisser positius (color blau fosc).

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: aquest bacteri filamentós sol associar-se a condicions d'elevada càrrega massica i septicitat, és a dir, situacions en les quals l'aigua és molt bruta, ja que prové de fosses sèptiques, que són dipòsits on s'acumulen els residus orgànics de les cases. A més a més, sol ser especialment abundant en sistemes de tractament de cultius fixes com és el cas dels biodiscs, que són filtres que retenen la brutícia de l'aigua residual.



***Beggiatoa sp.* CF (400x).
EDAR de Castell d'Aro (27-7-14).**



***Beggiatoa sp.* (N-, gr. +). (1.000x).
EDAR de Castell d'Aro (11-7-14).**





7.1.3. Cyanophyceae

CARACTERÍSTIQUES MORFOLÒGIQUES I ESTRUCTURALS

Filament: és recte, llarg i gruixut amb els extrems arrodonits.

Localització: sol trobar-se lliure enmig del fang actiu.

Forma cel·lular: es tracta de cèl·lules quadrades, rectangulars o discoïdals, amb una longitud que oscil·la entre els 5 i els 15 µm.

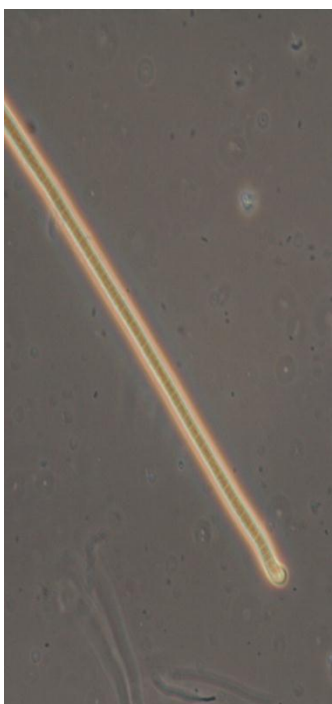
Característiques més destacades: el seu desplaçament es duu a terme per lliscament. Presenta septes i constriccions cel·lulars, però en canvi no té ni beina, ni creixement epifític, ni ramificacions, ni grànuls de sofre ni de reserva.

Clau identificativa: la resposta a les tincions és que tant la Gram, la Neisser o els grànuls donen negatiu.

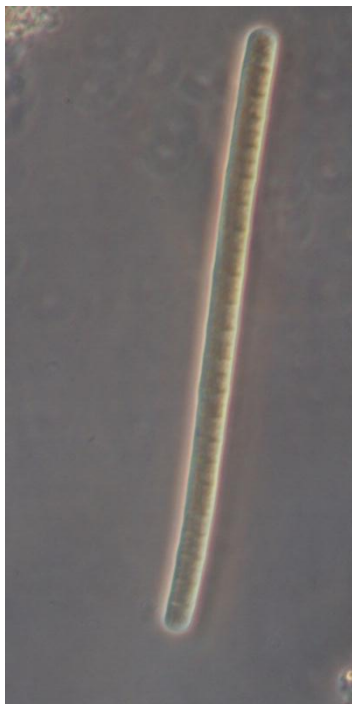
CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: s'associa a entrades d'aigua procedents de fosses sèptiques.

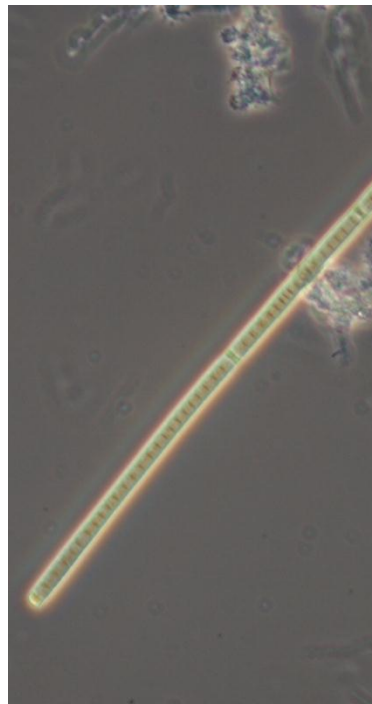
Alimentació: és un organisme autòtrof.



Cyanophyceae. CF (400x).
EDAR de Castell d'Aro
(11-7-14).



Cyanophyceae. CF (400x).
EDAR de Torroella de Montgrí
(12-8-14).



Cyanophyceae. CF (400x).
EDAR de Castell d'Aro
(7-8-14).





7.1.4. Flexibacter sp.

CARACTERÍSTIQUES MORFOLÒGIQUES I ESTRUCTURALS

Filament: recte o lleugerament corbat d'entre 20 i 100 μm de longitud i 1 μm de diàmetre.

Localització: sol trobar-se lliure en el fang actiu.

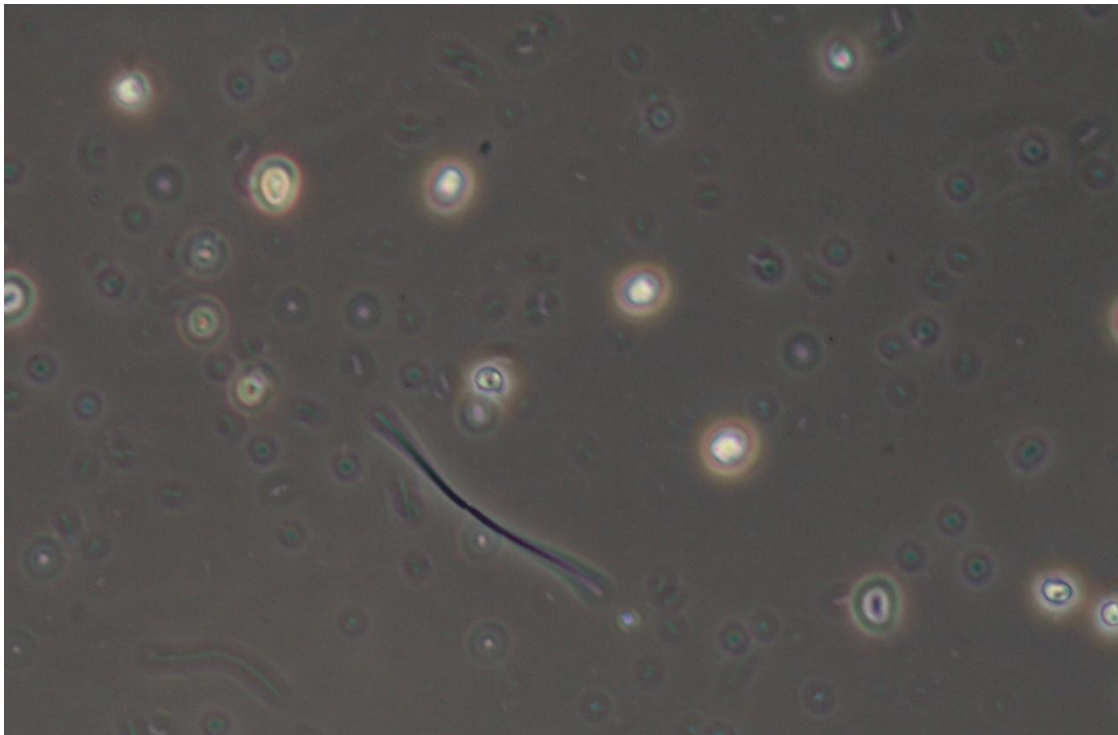
Forma cel·lular: les petites cèl·lules que el componen són arrodonides i tenen les dimensions d'1 μm d'amplada i de llargada.

Característiques més destacades: sol moure's per flexió molt lentament, no té beina, ni ramificacions, ni creixement epifític. Normalment no se solen observar septes cel·lulars; malgrat això, es pot veure una constricció cap a la meitat del filament. Té grànuls PHB però no de sofre.

Clau identificativa: les tincions Gram, Neisser i els grànuls donen resultats negatius.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: es relaciona amb fenòmens de creixement dispers generant terbolesa a l'aigua d'entrada de la planta.



Flexibacter sp. CF (400x). EDAR de Castell d'Aro (11-7-14).





7.1.5. Haliscomenobacter hydrossis

CARACTERÍSTIQUES MORFOLÒGIQUES I ESTRUCTURALS

Filament: curt, recte o torçat, en forma d'agulla entre 20 i 100 µm de longitud, i molt fi, d'entre 0,3 i 0,5 µm de diàmetre.

Localització: creix irradiant des de la superfície del flòcul cap a l'exterior, o bé es troba lliure. Se'l pot observar en grups en forma de manyoc. Cal dir també que pot trobar-se formant enllaços o ponts interfloculars.

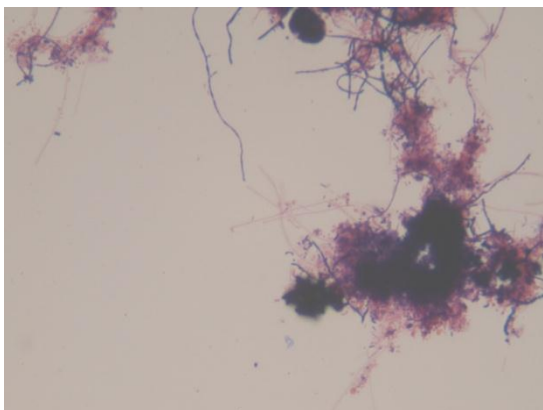
Forma cel·lular: no és possible apreciar-la, degut a que les cèl·lules que el componen són molt diminutes, fent uns 0,5 µm tant d'amplada com de llargada.

Característiques més destacades: no té mobilitat, ni ramificacions, ni grànuls de sofre. Tampoc s'observen els septes cel·lulars, malgrat que alguna vegada es puguin arribar a apreciar espais buits a l'interior del filament. Està dotat de beina i creixement epifític de caire variable, ja que pot arribar a ser molt abundant.

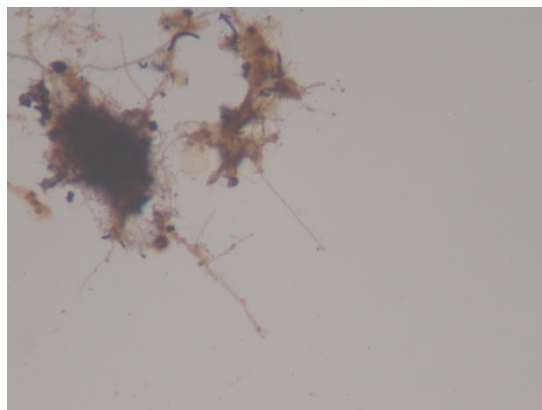
Clau identificativa: els resultats de les tincions Gram i Neisser són negatius.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: aquest tipus de bacteri filamentós no és considerat un bon indicador, doncs si el trobem en abundància, representa que el medi pateix deficiència d'oxigen dissolt i de nutrients. A més, indica alhora que la càrrega massica és bastant baixa.



Haliscomenobacter hydrossis (G-). (1.000x).
EDAR de Castell d'Aro (31-7-14).



Haliscomenobacter hydrossis (N-). (1.000x).
EDAR de Torroella de Montgrí (28-7-14).





7.1.6. Microthrix parvicella

CARACTERÍSTIQUES MORFOLÒGIQUES I ESTRUCTURALS

Filament: tendeix a enrotllar-se de forma irregular, és molt fi, i pot mesurar entre 100 i 400 μm , amb un diàmetre d'entre 0,6 i 0,8 μm . Degut a la seva disposició, és bastant complicat de mesurar-lo.

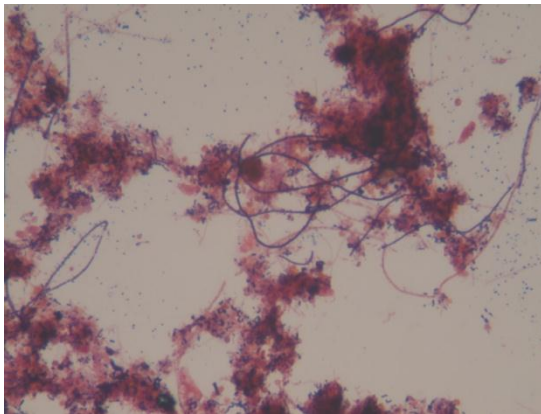
Localització: es troba dins del flocul o bé lliure en els espais interfloculars. Per aquest motiu, pot formar ponts interfloculars o desencadenar la disgregació flocular.

Característiques més destacades: no té mobilitat, ni ramificacions, ni beina, ni presenta septes, ni constriccions cel·lulars. A més, tampoc s'observa creixement epifític. Si trobem manyocs de filaments abundants, entrelaçats entre sí, senyal que la seva densitat és elevada. Cal dir que conté grànuls PHB.

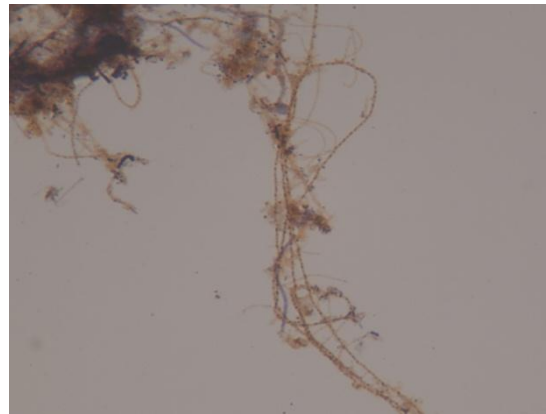
Clau identificativa: presenta petits bonys al contorn del filament i és Gram positiu, Neisser negatiu i amb grànuls Neisser positius.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: s'associa a baixes càrregues màssiques, baixes concentracions d'oxigen dissolt, influents rics en greixos, amb una capacitat metabòlica molt alta, i està especialitzat en substrats hidrofòbics, preferentment àcids grassos de cadenes llargues i en la seva forma estratificada.



***Microthrix parvicella* (G+). (1.000x).
EDAR de Palamós (31-7-14).**



***Microthrix parvicella* (N-, gr.+). (1.000x).
EDAR de Torroella de Montgrí (12-8-14).**





7.1.7. Nocardia sp.

CARACTERÍSTIQUES MORFOLÒGIQUES I ESTRUCTURALS

Filament: és curt i amb ramificacions que formen part de la continuïtat citoplasmàtica. La seva forma és micel·lial i té unes longituds d'entre 10 i 30 μm i un diàmetre que oscil·la al voltant d'1 μm .

Localització: es troba enmig del flocul o bé lliure en els espais interfloculars. Si la densitat és alta, es crea disgregació flocular.

Forma cel·lular: sol ser irregular, d'unes dimensions que oscil·len entre 1 i 2 μm .

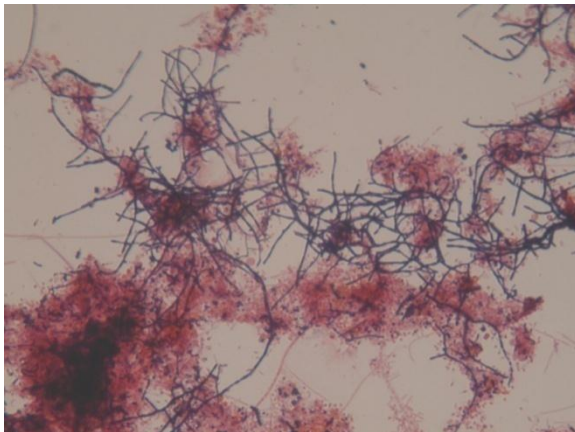
Característiques més destacades: no té mobilitat, ni beina, ni creixement epifític. No es distingeixen els septes cel·lulars. Té grànuls intracel·lulars PHB però no de sofre.

Clau identificativa: és Gram positiu i Neisser negatiu, amb grànuls Neisser positius.

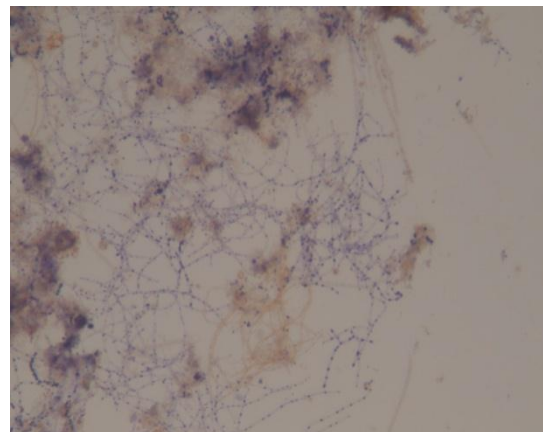
CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: la seva capacitat de poder formar una suspensió en un medi líquid causa l'aparició de capes gruixudes d'espuma greixosa de color marró al sobrenedant del clarificat, fet que es deu a que els seus filaments atrapen un munt de petites bombolles d'aire a causa del seu alt contingut en ceres i greixos.

S'associa a elevades edats del fang, bones condicions d'aeració degut a la bona oxigenació, períodes de temperatures elevades, compostos complexos com ara olis i greixos a l'aigua d'entrada de la depuradora i, finalment a càrregues orgàniques baixes.



***Nocardia sp.* (G+). (1.000x).
EDAR de Castell d'Aro (14-8-14).**



***Nocardia sp.* (N-, gr+). (1.000x).
EDAR de Castell d'Aro (15-7-14).**





7.1.8. Nostocoida limicola I

CARACTERÍSTIQUES MORFOLÒGIQUES I ESTRUCTURALS

Filament: corbat i enrotllat de forma irregular. És relativament fi, doncs el seu diàmetre es troba entre els 0,6 i 0,8 μm . A més, és força llarg: fa entre 100 i 300 μm .

Localització: sol estar ubicat a l'interior del flòcul i, en ocasions, pot aparèixer lliure als espais interfloculars.

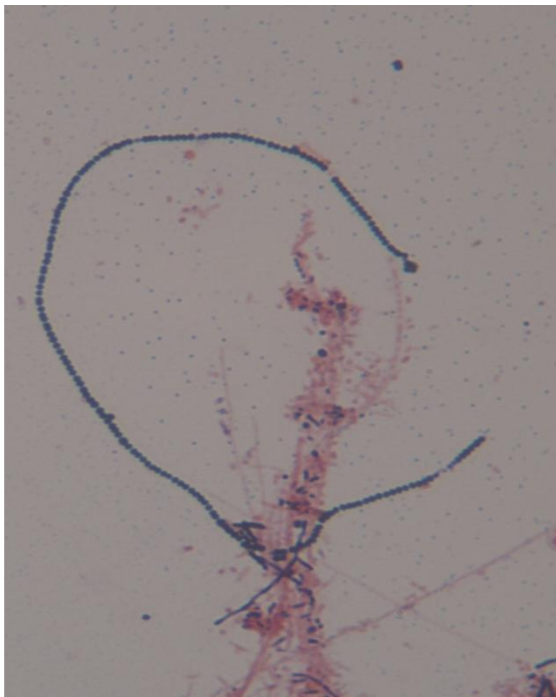
Forma cel·lular: generalment ovalada i d'un tamany entre 0,6 i 0,8 μm , tot i que pot arribar a ser esfèrica o discoïdal.

Característiques més destacades: no té mobilitat, ni ramificacions, beina o creixement epifític. És bastant difícil arribar a apreciar els septes cel·lulars, els grànuls de sofre i els de PHB.

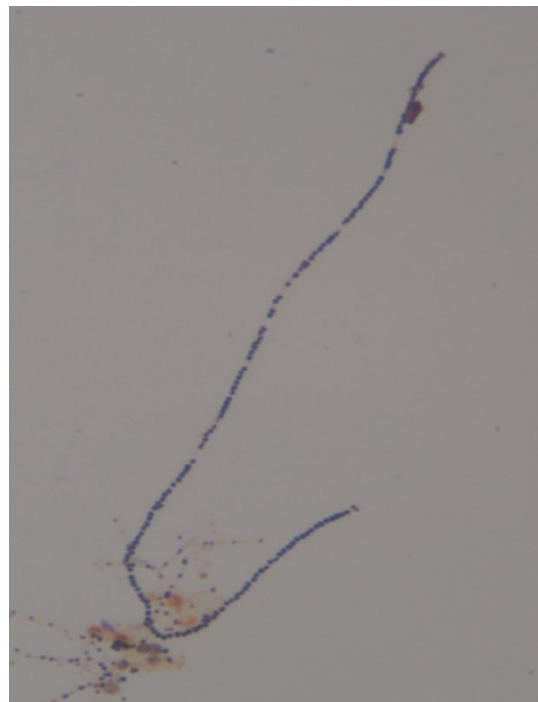
Clau identificativa: les tincions Gram i Neisser surten positives, mentre que els grànuls de Neisser solen ser negatius.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: s'associa a valors de baixa càrrega massica i a nivells baixos d'oxigen dissolt, condició en la qual se sol detectar un increment del seu creixement i proliferació.



***Nostocoida limicola I* (G+). (1.000x).
EDAR de Castell d'Aro (14-8-14).**



***Nostocoida limicola I* (N+). (1.000x).
EDAR de Castell d'Aro (24-7-14).**





7.1.9. Nostocoida limicola II

CARACTERÍSTIQUES MORFOLÒGIQUES I ESTRUCTURALS

Filament: corbat i enrotllat, de forma irregular, amb un diàmetre d'entre 1 i 1,4 μm i una longitud de 100 a 200 μm .

Localització: sol localitzar-se majoritàriament a l'interior del flòcul.

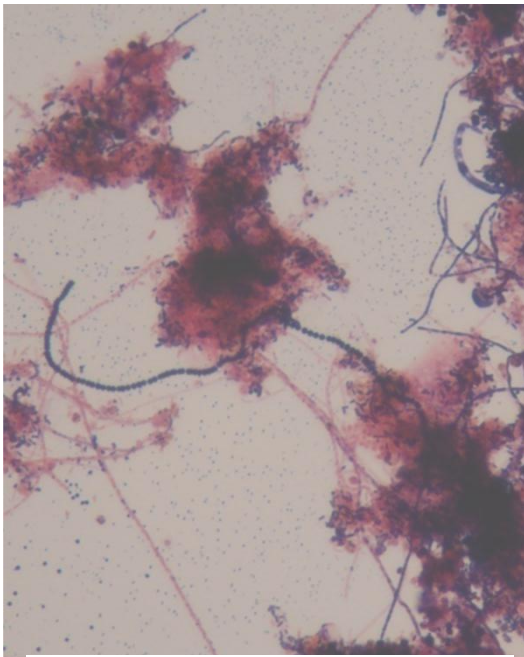
Forma cel·lular: la forma pot ser oval o discoïdal.

Característiques més destacades: no té mobilitat, ni beina, ni creixement epifític. Presenta grànuls de PHB, però no de sofre. Presenta septes cel·lulars amb constriccions.

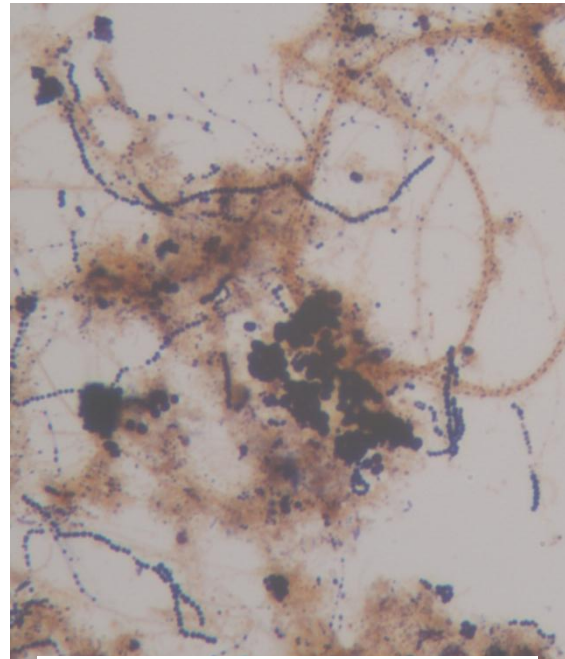
Clau identificativa: pel que fa a la resposta a tincions, acostuma a ser Gram i Neisser positiva.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: s'associa a valors baixos de càrrega màssica. Cal afegir que està considerada l'espècie més freqüent als fangs actius, tot i que no sempre és així.



Nostocoida limicola II (G+). (1.000x).
EDAR de Palamós (31-7-14).



Nostocoida limicola II (N+). (1.000x).
EDAR de Castell d'Aro (29-7-14).





7.1.10. Spirillum sp.

CARACTERÍSTIQUES MORFOLÒGIQUES I ESTRUCTURALS

Filament: tenen forma de bacil, són flexibles malgrat no ho siguin tant com les espiroquetes, ja que el seu diàmetre és el doble que el d'aquestes. Quant a la llargada, solen fer uns 14 μm .

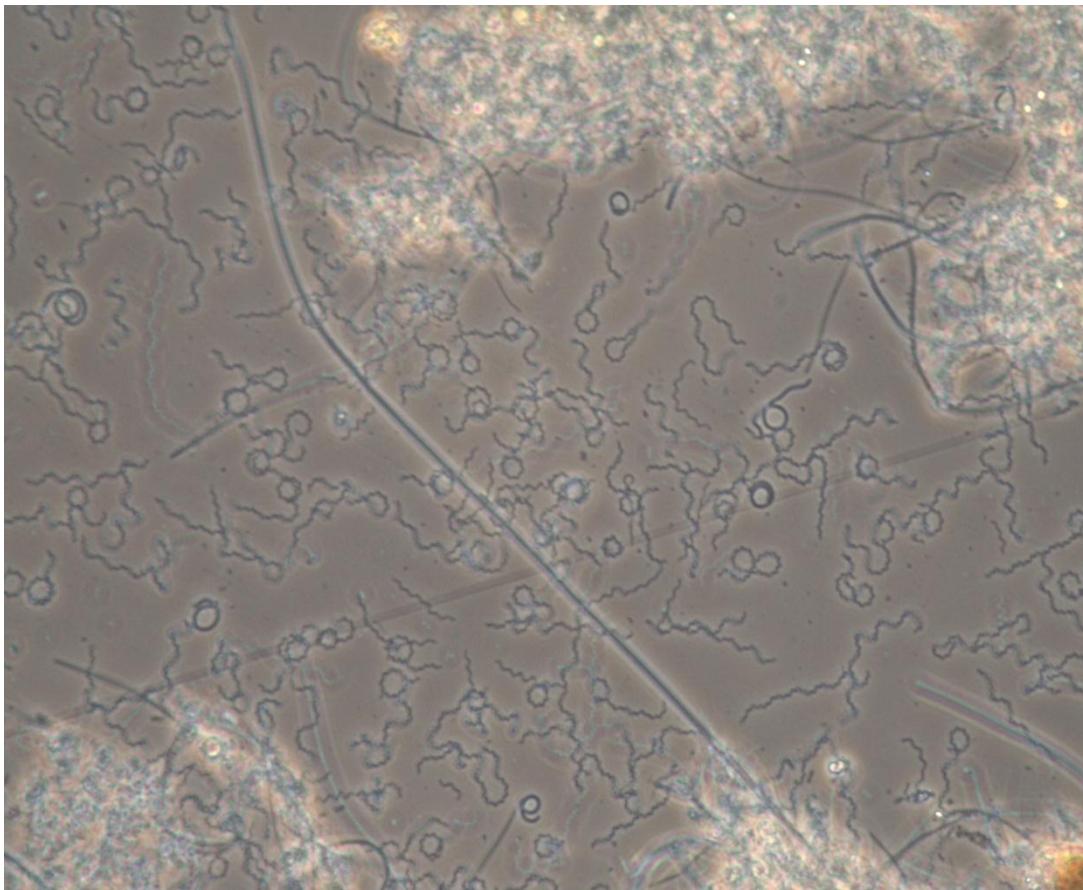
Localització: es troben dispersos pel flòcul.

Característiques més destacades: tenen beina, el seu moviment és espiral i encara més ràpid que el de les espiroquetes. El que no tenen és creixement epifític ni ramificacions.

Clau identificativa: el resultat de la tinció Gram és negatiu.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: s'associa al creixement quimio-autotròfic en condicions de baixa oxigenació.



Bacteris helicoidals. *Spirillum sp.* CF (400x). EDAR de Lloret de Mar (3-7-14).





7.1.11. Spirochaeta sp.

CARACTERÍSTIQUES MORFOLÒGIQUES I ESTRUCTURALS

Filament: la seva forma espiral recorda a la d'un llevataps d'uns 500 µm de longitud.

Localització: es troben disperses pel flòcul.

Característiques més destacades: la gran flexibilitat i la possibilitat de moure's helicoïdalment, fa que esdevinguin extremadament mòbils. No tenen ramificacions, ni creixement epifític, ni beina, ni septes cel·lulars.

Clau identificativa: la tinció Gram és negativa.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: s'associen a un període d'elevades temperatures, com és el cas de l'estiu, i en plantes poc carregades, és a dir, amb poca matèria orgànica. També es relacionen amb condicions d'oxigenació baixa.



Bacteris helicoïdals. *Spirochaeta sp.* CF (400x). EDAR de Torroella de Montgrí (6-8-14).





7.1.12. Streptococcus sp.

CARACTERÍSTIQUES MORFOLÒGIQUES I ESTRUCTURALS

Filament: es tracta d'una cadena irregular de cèl·lules d'un diàmetre d'entre 0,7 i 0,8 μm i una longitud menor de 100 μm .

Localització: sol estar dispers pel fang actiu.

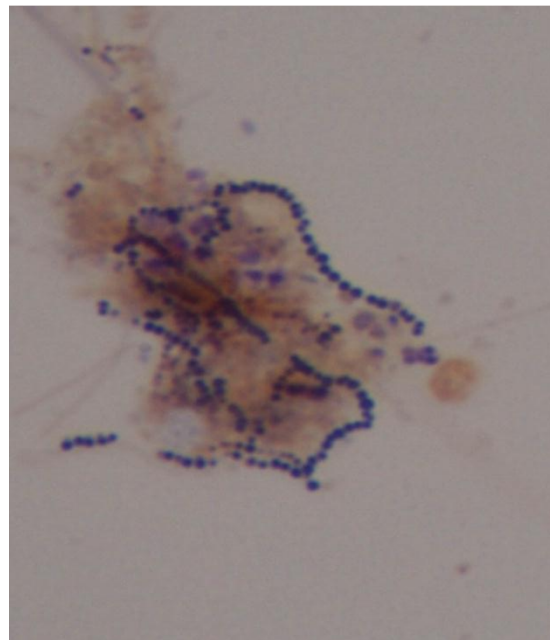
Forma cel·lular: és esfèrica, en forma de coco, i amb unes dimensions tant d'amplada com de llargada d'entre els 0,7 i els 0,8 μm .

Característiques més destacades: no té mobilitat, ni beina, ni ramificacions, ni creixement epifític. Presenta septes i constriccions cel·lulars. No té grànuls de sofre ni de reserva.

Clau identificativa: pel que fa a les tincions, són Gram i Neisser positius, amb grànuls Neisser negatius.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: s'associa a baixes concentracions d'oxigen dissolt. En un període de cloració a planta, pot observar-se en grans quantitats. A més, dona valors elevats de DBO en l'aigua d'entrada de la planta.



***Streptococcus* (N+) (1.000x). EDAR de Castell d'Aro (15-7-14).**





7.1.13. Thiothrix I

CARACTERÍSTIQUES MORFOLÒGIQUES I ESTRUCTURALS

Filament: pot ser recte o estar lleugerament corbat. La seva llargada oscil·la entre els 100 i 500 μm i el seu gruix, d'1,4 a 2,5 μm .

Localització: es troba irradiant des de la superfície del flòcul cap a l'exterior. Quan la seva densitat és elevada, provoca ponts interfloculars. Ocasionalment, pot formar rosetes i presentar gonidis apicals.

Forma cel·lular: les cèl·lules que el componen solen ser rectangulars i de dimensions compreses entre 1,4 – 2,5 x 3,0 – 5,0 μm .

Característiques més destacades: no té mobilitat, ni creixement epifític, ni ramificacions. Té beina o coberta que costa de detectar però, alhora, es poden observar septes cel·lulars sense constriccions. Presenta grànuls PHB i sol tenir-ne també de sofre, de forma esfèrica i refringents.

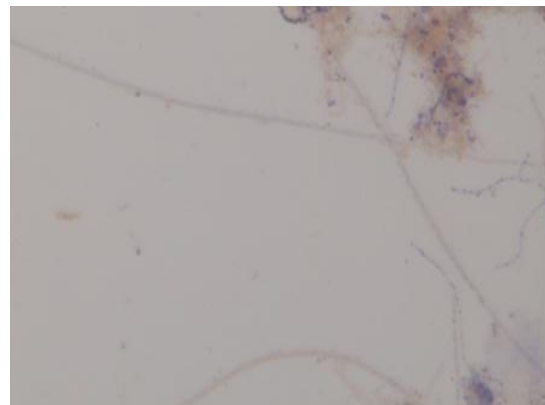
Clau identificativa: les tincions Gram i Neisser tenen resultats negatius, però quan la beina és gruixuda i no es pot decolorar bé, donen positiu. Grànuls Neisser positius.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: té la capacitat d'obtenir una font d'energia per a poder créixer a partir de l'oxidació de compostos inorgànics reduïts de sofre, com per exemple l' H_2S , el qual els resulta un avantatge competitiu respecte dels bacteris heteròtrofs, com ho són, per exemple els formadors de flòcul. És per això que proliferen en condicions sèptiques, aigües de l'entrada riques en sulfurs i àcids orgànics, així com en condicions de deficiència de nitrogen.



Thiothrix I (G-). (1.000x).
EDAR de Castell d'Aro. (15-7-14).



Thiothrix I (N-). (1.000x).
EDAR de Castell d'Aro. (15-7-14).





7.1.14. Thiothrix II

CARACTERÍSTIQUES MORFOLÒGIQUES I ESTRUCTURALS

Filament: pot ser recte o lleugerament corbat, d'un diàmetre menor que *Thiothrix I*, ja que mesura entre 0,8 i 1,4 μm . Alhora, és més llarg que aquest, assolint una longitud d'entre 50 i 800 μm .

Localització: creix partint de la superfície del flòcul, tot projectant-se cap a l'exterior. Sol formar gonidis apicals i rosetes.

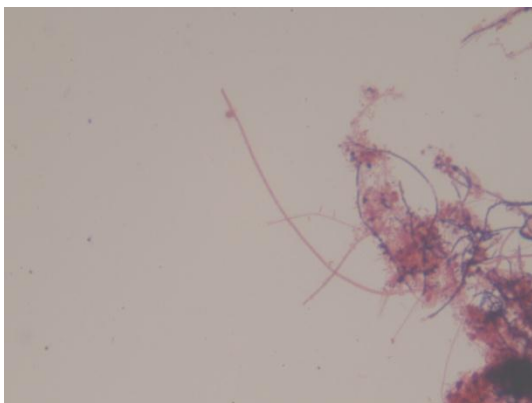
Forma cel·lular: les cèl·lules que el componen són rectangulars, de mides entre 0,8 - 1,4 x 1,0 - 2,0 μm .

Característiques més destacades: no té mobilitat, ni ramificacions. Normalment no té creixement epifític malgrat que, puntualment, pugui donar-se el cas. Té septes cel·lulars sense constriccions, que com la beina o coberta, poden ser difícilment observables si hi ha abundància de grànuls de sofre. Poden acumular grànuls de sofre i de PHB.

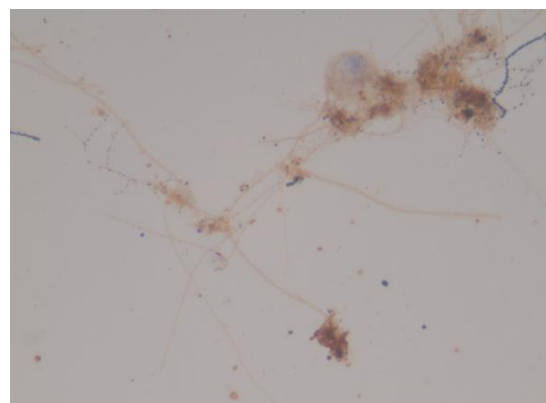
Clau identificativa: Gram variable, amb predomini de resultats negatius. Neisser negatiu.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: igual que *Thiothrix I*, s'associa a condicions de septicitat, aigua de l'entrada rica en sulfurs i àcids orgànics, així com també amb condicions de deficiència de nitrogen, les quals propicien un desequilibri nutricional.



***Thiothrix II* (G-). (1.000x).
EDAR de Castell d'Aro (24-7-14).**



***Thiothrix II* (N-). (1.000x).
EDAR de Castell d'Aro (24-7-14).**





7.1.15. Tipus 021N

CARACTERÍSTIQUES MORFOLÒGIQUES I ESTRUCTURALS

Filament: recte, amb una llargada d'entre 100 i 1000 μm i lleugerament corbat o suaument enrotllat, de gruix considerable ja que el seu diàmetre oscil·la entre 1 i 2 μm .

Localització: creix des de la superfície del flocul tot estenent-se cap a l'exterior, formant sovint ponts interfloculars.

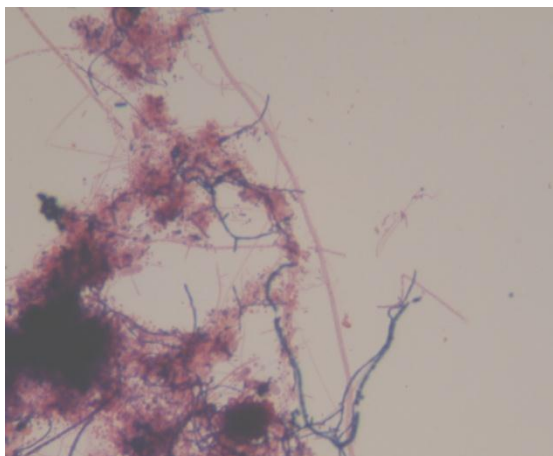
Forma cel·lular: molt variable. Les cèl·lules poden ser ovalades, discoïdals, rectangulars o quadrades. Cal dir, però, que hi ha un cert predomini de la forma discoïdal.

Característiques més destacades: no té mobilitat, ni ramificacions, ni creixement epifític, ni beina. Curiosament, el fet que després de la lisi o trencament de les cèl·lules que el constitueixen encara es mantingui la gruixuda paret cel·lular que les envoltava, pot generar confusió fent creure que sí que hi havia beina. Malgrat això, la paret cel·lular es diferencia de la beina pel fet que, inclús quan s'han perdut les cèl·lules, encara presenta els septes cel·lulars d'aquestes, cosa que no té lloc en una beina. Presenten grànuls de sofre combinats amb grànuls de PHB.

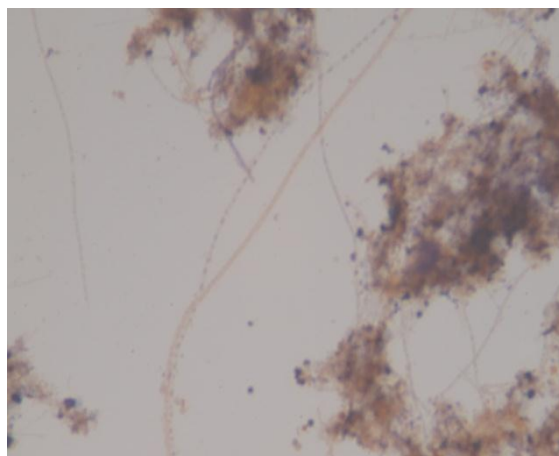
Clau identificativa: les tincions Gram i Neisser donen resultats negatius, mentre que els grànuls són, a vegades, Neisser positius. Amb presència elevada de grànuls de sofre, certes parts del filament poden aparèixer com Gram positives.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: s'associa a aigües sèptiques o que continguin quantitats importants de sulfurs i/o àcids orgànics. També es relaciona amb les baixes càrregues màssiques acompanyades de substrats fàcilment degradables, quan aquesta aigua conté quantitats apreciables de sucre o d'àcids orgànics fàcilment utilitzables.



T021N (G-). (1.000x).
EDAR de Castell d'Aro (31-7-14).



T021N (N-). (1.000x).
EDAR de Palamós (24-7-14).





7.1.16. Tipus 0041

CARACTERÍSTIQUES MORFOLÒGIQUES I ESTRUCTURALS

Filament: recte, lleugerament corbat; d'una longitud entre 100 i 500 μm i un gruix considerable, amb un diàmetre oscil·lant entre 1,2 i 1,6 μm .

Localització: depenent de la naturalesa de l'influent, és a dir, l'aigua que entra a la depuradora, pot trobar-se dins el flocul, en la zona interflocular, o lliure. La seva abundància pot causar disgregació flocular o generar la formació de ponts interfloculars.

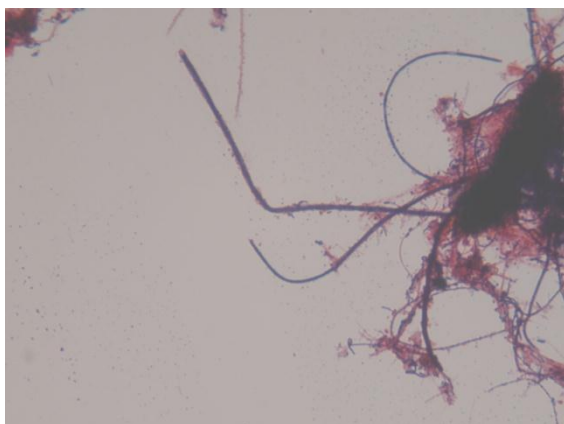
Forma cel·lular: les cèl·lules són quadrades o rectangulars i amiden entre 1,2 – 1,6 i 1,5 – 2,5 μm .

Característiques més destacades: té creixement epifític, que si es troba en excés, pot provocar la dificultat d'apreciació dels septes cel·lulars, que normalment solen ser visibles i sense constriccions. La beina és present malgrat sigui complicat detectar-la si no falta una cèl·lula o l'extrem del filament. Tampoc té mobilitat ni ramificacions. A més, no conté grànuls ni de sofre ni de PHB.

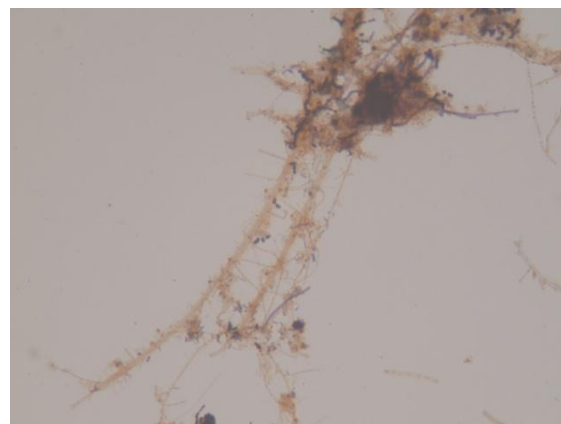
Clau identificativa: les tincions Gram solen ser positives tot i que algun cop poden esdevenir negatives; les Neisser són negatives i els grànuls, Neisser positius.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: sol associar-se a elevades edats del fang, és a dir, d'uns 10 a 40 dies d'edat, i amb baixes càrregues màssiques. En cap cas es relaciona amb la deficiència d' O_2 o amb condicions sèptiques.



T0041 (G+). (1.000x).
EDAR de Torroella de Montgrí (12-8-14).



T0041 (N-). (1.000x).
EDAR de Torroella de Montgrí (12-8-14).





7.1.17. Tipus 0092

CARACTERÍSTIQUES MORFOLÒGIQUES I ESTRUCTURALS

Filament: és recte, torçat o lleugerament corbat, curt; és a dir, de menys de 100 µm de longitud, i amb un diàmetre d'entre 0,8 i 1 µm.

Localització: normalment es localitza a l'interior del flòcul. La seva abundància pot generar la disgregació flocular.

Forma cel·lular: les seves cèl·lules són rectangulars, de 0,8 µm d'amplada i 1,5 µm de llargada, si és que es poden arribar a observar, ja que és bastant complicat.

Característiques més destacades: no té mobilitat, ni ramificacions, ni creixement epifític, ni beina, ni constriccions als septes cel·lulars, els quals tampoc són visibles. A més, tampoc té grànuls de sofre ni de PHB.

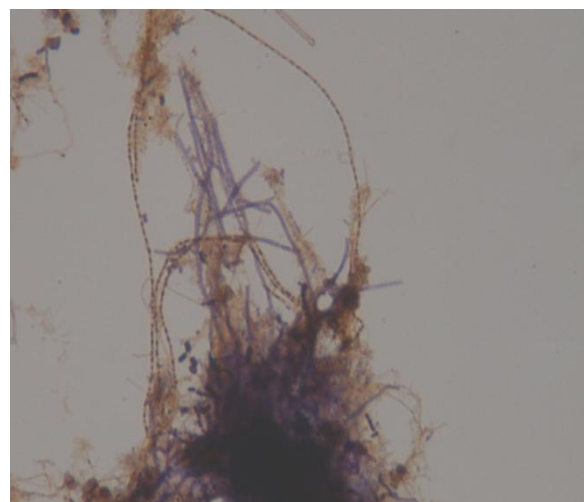
Clau identificativa: les tincions Gram i els grànuls de Neisser donen negatiu, mentre que les tincions Neisser donen positiu. Un aspecte important a destacar és que la tinció Neisser és imprescindible, ja que si no es duu a terme el filament pot passar desapercbut.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: s'associa a situacions de càrregues massives molt baixes i a altes edats del fang.



T0092 (N+). (1.000x).
EDAR de Torroella de Montgrí (15-7-14).



T0092 (N+). (1.000x).
EDAR de Torroella de Montgrí (12-8-14).





7.1.18. Tipus 0581

CARACTERÍSTIQUES MORFOLÒGIQUES I ESTRUCTURALS

Filament: està suaument enrotllat, corbat o torçat d'una longitud mitjana que oscil·la entre 100 i 300 μm i d'un diàmetre d'entre 0,4 i 0,7 μm , motiu pel qual se'l considera prim.

Localització: sol estar lliure al fang o bé estenent-se fora de la superfície flocular, sigui en solitari o constituint agrupacions de més d'un exemplar.

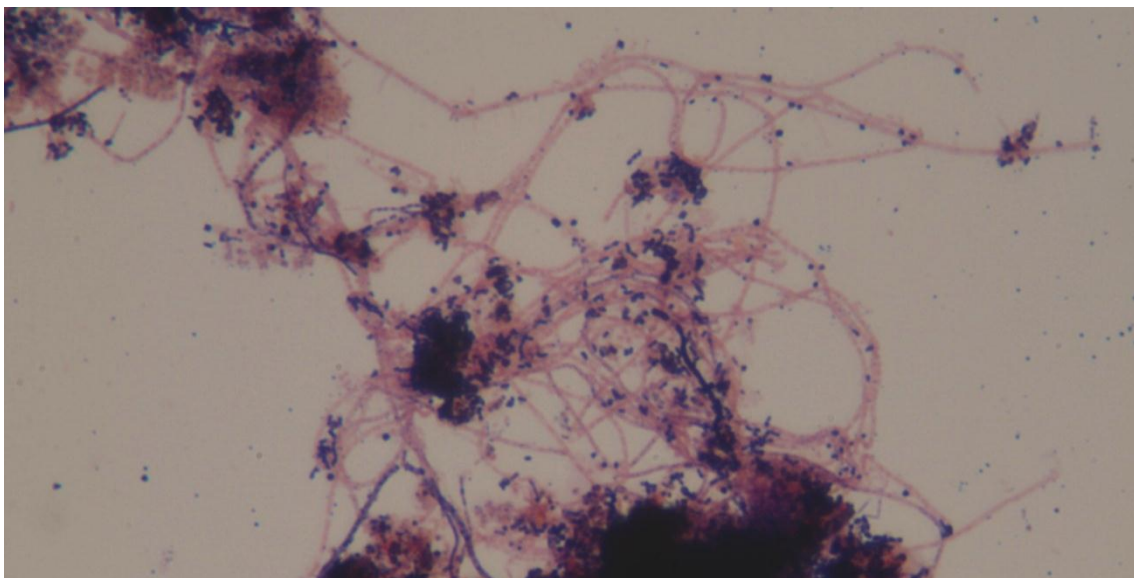
Forma cel·lular: les cèl·lules que el componen poden ser quadrades, tot i que molt sovint tenen certes irregularitats, amb mides aproximades d'entre 0,8 μm d'amplada i 1,5 μm de llargada.

Característiques més destacades: no té septes cel·lulars, ni constriccions. Tampoc té mobilitat, ramificacions, beina, creixement epifític ni grànuls de sofre o de PHB.

Clau identificativa: les tincions Gram sempre donen negatiu, mentre que les Neisser malgrat donar negatiu habitualment -fet que diferencia aquest filament de *Microthrix parvicella*- pot ser que algun cop donin positiu. Els grànuls són sempre Neisser negatius.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: sol ser bastant freqüent en aigües provinents d'abocadors industrials.



T0581 (G-). (1.000x). EDAR de Blanes (17-7-14).





7.1.19. Tipus 0675

CARACTERÍSTIQUES MORFOLÒGIQUES I ESTRUCTURALS

Filament: tendeix a ser recte, tot i que algun cop se'l pot observar lleugerament corbat, amb una longitud d'entre 50 i 150 μm , i un diàmetre comprès entre els 0,5 i 1,0 μm .

Localització: creix des de la superfície del flocul tot estenent-se cap a l'exterior, formant, sovint ponts interfloculars.

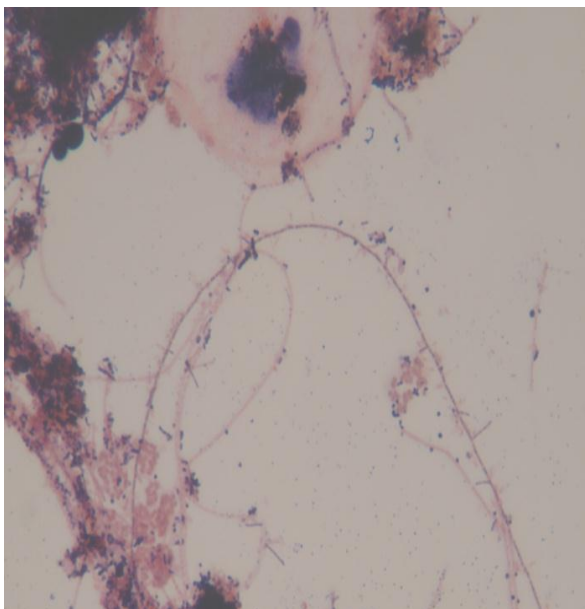
Forma cel·lular: quadrada, d'unes dimensions entre 0,5 i 1 μm .

Característiques més destacades: no té mobilitat, ni ramificacions i presenta beina. Quan el creixement epifític ho permet, es poden observar els septes cel·lulars sense constriccions. Aquesta espècie no conté grànuls de sofre ni de PHB.

Clau identificativa: el resultat de la tinció Gram dóna positiu o algun cop variable, mentre que la Neisser dóna negatiu, tot i que a vegades pot sortir positiu.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: ocasiona disgregació flocular i ponts interfloculars. A les plantes de les aigües residuals urbanes indica una edat elevada, d'entre 10 i 40 dies del fang, i s'associa a baixa càrrega massica i a desequilibris nutricionals.



T0675. (G+). (1.000x).
EDAR de Blanes (17-7-14).



T0675. CF (400x).
EDAR de Torroella de Montgrí (29-7-14).





7.1.20. Tipus 0914

CARACTERÍSTIQUES MORFOLÒGIQUES I ESTRUCTURALS

Filament: aquest organisme és recte o lleugerament corbat, d'un tamany entre els 0,7 i 1 μm de diàmetre i amb una llargària de 50 a 200 μm .

Localització: sol trobar-se lliure en el fang, malgrat que pot créixer des de la superfície del flòcul cap a l'exterior.

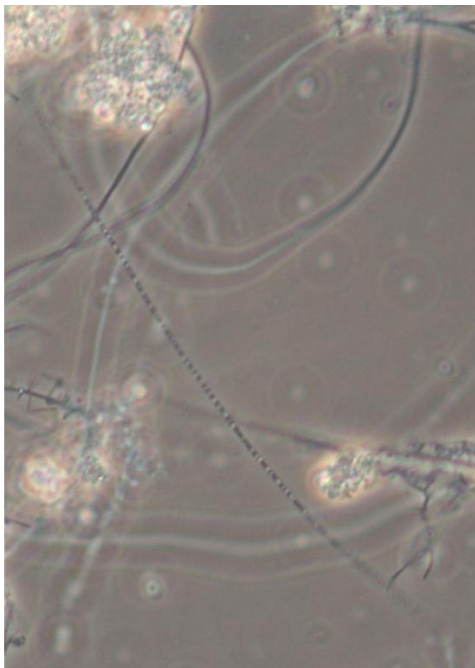
Forma cel·lular: té una morfologia quadrada, entre 0,7 i 1 μm .

Característiques més destacades: no té mobilitat, ni beina, ni ramificacions. Ocasionalment pot donar-se creixement epifític i és possible observar septes cel·lulars sense constriccions quan els grànuls de sofre ho permetin. Conté grànuls de sofre intracel·lulars i grànuls de PHB.

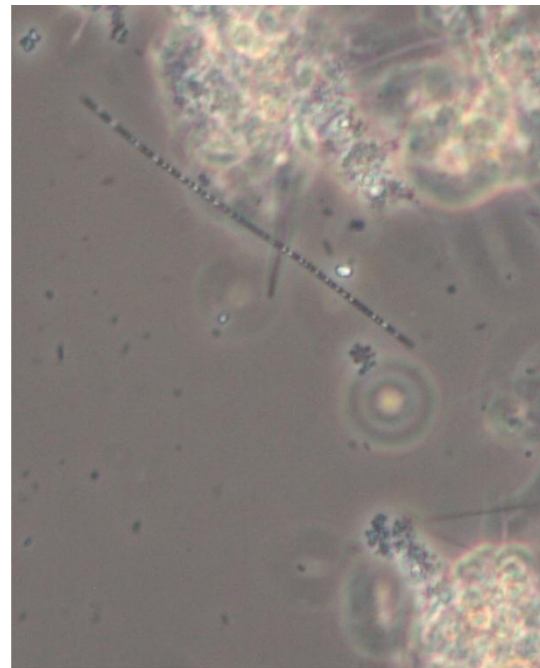
Clau identificativa: els resultats de les tincions Gram i Neisser surten negatius, però quan se'n troba en grans quantitats, és possible que doni positiu. Els grànuls són Neisser variables, ja que poden ser positius o negatius.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: s'associa a medis amb elevada septicitat.



T0914. CF (400x).
EDAR de Palamós (24-7-14).



T0914. CF (400x).
EDAR de Torroella de Montgrí (29-7-14).





7.1.21. Tipus 0961

CARACTERÍSTIQUES MORFOLÒGIQUES I ESTRUCTURALS

Filament: és recte i de longitud variable, de 100 a 500 μm i un diàmetre comprès entre els 0,8 i 1,4.

Localització: creix estenent-se des de la superfície del flòcul, mentre es dirigeix cap a l'exterior. Pot trobar-se formant enllaços o ponts interfloculars que dificultin la correcta "agregació flocular". Sovint es poden veure entrelaçats entre sí.

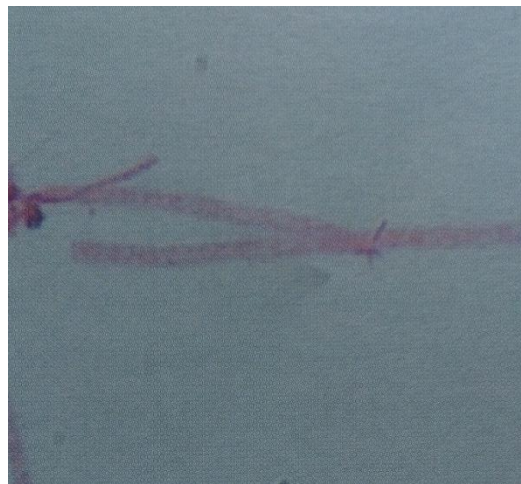
Forma cel·lular: la seva morfologia cel·lular és rectangular i les seves mides són d'entre 0,8 i 1,4 μm d'amplada i d'1,5 a 4 μm de llargada. Si s'observa en contrast de fases, es veu com les cèl·lules són transparents; cosa que ens permet comprovar que són buides per dins encara que incidentalment es vegi algun petit grànul fosc prop dels septes.

Característiques més destacades: no té mobilitat, ni ramificacions, ni beina, malgrat aquesta última pugui mal interpretar-se amb la presència d'una coberta molt fina. No presenta creixement epifític. El que sí que resulten clarament observables són els septes cel·lulars sense constriccions. Tampoc conté grànuls de sofre ni de PHB.

Clau identificativa: tant la tinció Gram com la Neisser, grànuls inclosos, donen un resultat negatiu.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: tendeix a desenvolupar-se de manera abundant als fangs actius amb càrregues màssiques baixes.



Tipus 0961. Fotos extretes del llibre "Manual práctico para el estudio de grupos bioindicadores en fangos activos", editat per GBS (2008).





7.1.22. Tipus 1851

CARACTERÍSTIQUES MORFOLÒGIQUES I ESTRUCTURALS

Filament: recte o lleugerament corbat, amb una longitud de 200 a 400 μm i un diàmetre de 0,5 a 0,8 μm .

Localització: creix de la superfície del flòcul fins a l'exterior, tot i que es pot trobar en manyocs de filaments entrelaçats. La seva proliferació és la responsable de la formació de ponts interfloculars.

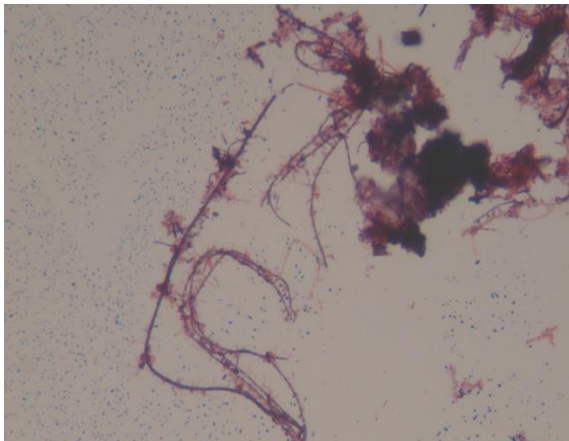
Forma cel·lular: la seva forma és rectangular, d'entre 0,5 a 0,8 μm d'amplada i de 0,8 a 1,5 - 2,5 μm de llargada.

Característiques més destacades: no té mobilitat, ni ramificacions. Els septes, sense constriccions, són sovint difícils d'apreciar. Presenta creixement epifític de forma perpendicular, encara que sigui escàs, i d'una beina que els envolta. Els grànuls de sofre i de PHB no són visibles.

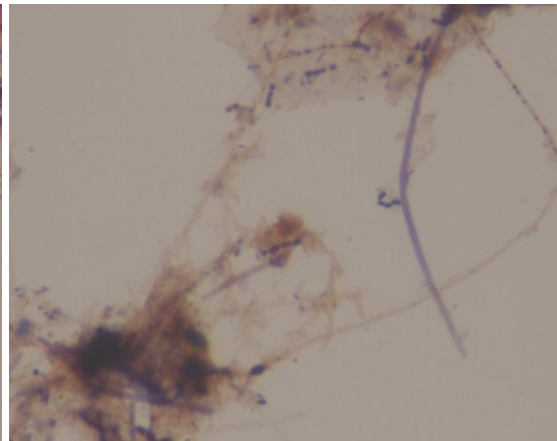
Clau identificativa: les tincions Gram solen ser negatives, encara que puntualment puguin sortir positives. D'altra banda, tant la tinció Neisser com els grànuls són negatius.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: s'associa generalment a situacions de baixa càrrega massica.



***T1851 (G+).* (1.000x).
EDAR de Torroella de Montgrí (6-8-14).**



***T1851 (N-).* (1.000x).
EDAR de Torroella de Montgrí (22-7-14).**





7.1.23. Tipus 1863

CARACTERÍSTIQUES MORFOLÒGIQUES I ESTRUCTURALS

Filament: es tracta d'una cadena irregular de cèl·lules d'una longitud menor als 150 μm i un diàmetre d'entre 8,0 i 1,5 μm .

Localització: es troba lliure als espais interfloculars.

Forma cel·lular: les cèl·lules que el constitueixen són esfèriques o coco-bacil·lars amb els extrems arrodonits i un diàmetre d'entre 0,8 i 1,5 μm . L'eix longitudinal de les cèl·lules va canviant al llarg del filament.

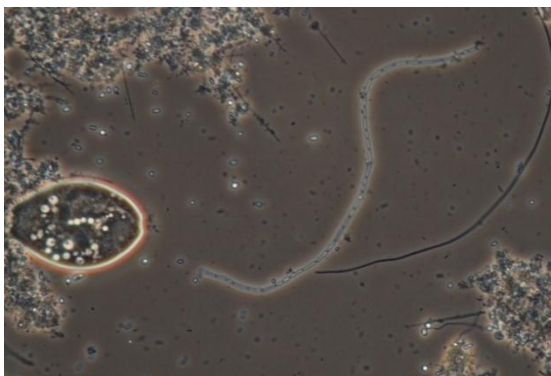
Característiques més destacades: no té mobilitat, ni ramificacions, ni beina, ni creixement epifític, ni grànuls de sobre o PHB. En canvi, sí que té septes cel·lulars amb constriccions clarament visibles.

Clau identificativa: els resultats obtinguts en les tincions del mètode Jenkins són negatius en la tinció Gram i en la Neisser, mentre que els grànuls surten Neisser positius.

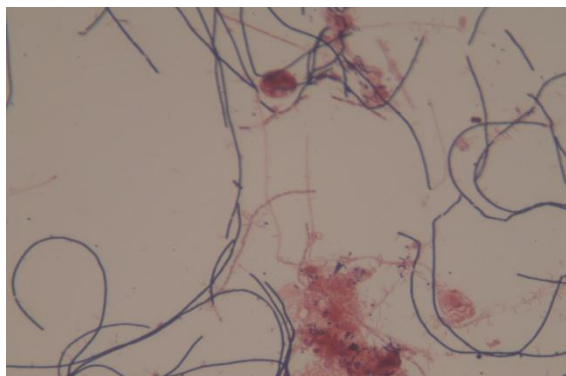
CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: s'associa a baixes concentracions d'oxigen dissolt. Durant un període de cloració a la planta, pot aparèixer en grans densitats. L'aigua de l'entrada té valors de DBO elevats.

La seva presència no afecta a l'estructura flocular ni interfereix en les propietats de decantació i compactació dels fangs actius. Si la seva proliferació és massiva, pot provocar la terbolesa a la sortida de la planta.



T1863. CF (400x).
EDAR de Palamós (18-7-14).



T1863. (G-). (1.000x).
EDAR de Torroella de Montgrí (21-7-14).





7.2. PROTOZOUS

Quant als protozoos, les 33 espècies detectades han estat subdividides en tres grups: flagel·lats, amebes, i ciliats. Posteriorment, han estat ordenats per ordre alfabètic.

D'aquest col·lectiu n'he estudiat les característiques funcionals, que són la forma corporal, les dimensions, la mobilitat i les característiques estructurals. Llavors, he afegit alhora, les característiques ecològiques, tant dels paràmetres bioindicadors com de la seva alimentació.

AMEBES

- *Gimnamebes*

- *Tecamebes*

- *Arcella sp.*

- *Centropyxis sp.*

- *Euglypha sp.*

- *Paramecium aurelia*

- *Periacineta sp.*

- *Podophrya sp.*

- *Spirostomum teres*

- *Tokophrya infusionum*

- *Tokophrya lemnarum*

- *Uronema nigricans*

- *Vaginicola sp.*

- *Vorticella convallaria*

- *Vorticella infusionum*

- Larves telotroques

CILIATS

- *Acineria uncinata*

- *Acineta sp.*

- *Aspidisca cicada*

- *Cinetochilum margaritaceum*

- *Colpidium sp.*

- *Cyclidium sp.*

- *Dexiotricha granulosa*

- *Drepanomonas revoluta*

- *Epistylis sp.*

- *Holophrya sp.*

- *Litonotus lamella*

- *Opercularia sp.*

FLAGEL·LATS

- *Astasia sp.*

- *Bodo saltans*

- *Entosiphon sp.*

- *Euglena sp.*

- *Peranema trichophorum*

- *Trepomonas sp.*





7.2.1. AMEBES

7.2.1.1. Gimnamebes

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: poden ser arrodonides o en forma de sac deformable.

Dimensions: n'hi ha de petites (inferiors a 20 μm), mitjanes (entre 20 i 50 μm) o grans (superiors a 50 μm).

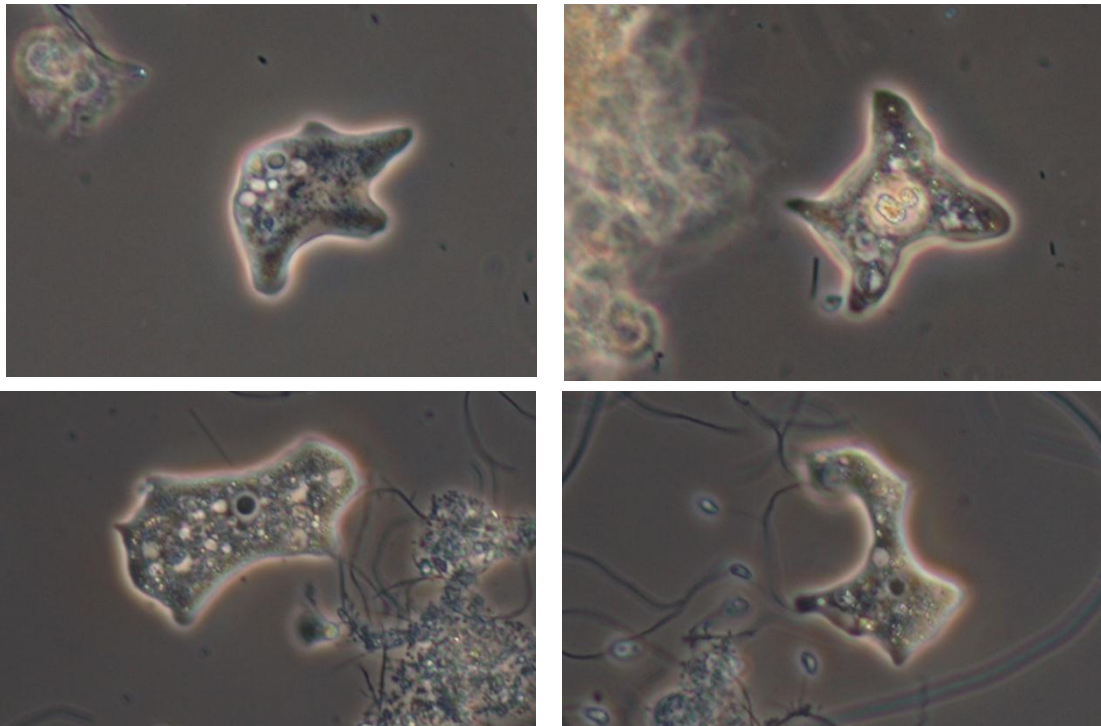
Mobilitat: es desplacen molt lentament mitjançant els pseudòpodes. Es podria afegir que poques vegades s'aprecien els seus moviments.

Característiques estructurals: els pseudòpodes emergeixen de qualsevol part del cos. Mentre aquests duen a terme el desplaçament, l'organisme varia de forma. Tampoc solen trobar-se en grups, sinó que són solitàries.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: s'associen a càrregues orgàniques elevades i a una oxigenació deficient.

Alimentació: es nodreixen de matèria orgànica particulada, de bacteris i d'altres protozous i llevats.



Gimnamebes. CF (400x). EDAR de Torroella de Montgrí (6-8-14).





7.2.1.2. Tecamebes

7.2.1.2.1. Arcella sp.

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: el seu esquelet és semiesfèric. Pot ser aplanada dorsoventralment o arrodonida, tot disposant d'un perfil circular.

Dimensions: oscil·la entre els 45 i els 200 µm de diàmetre.

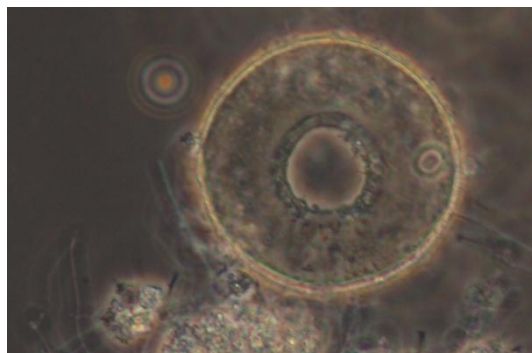
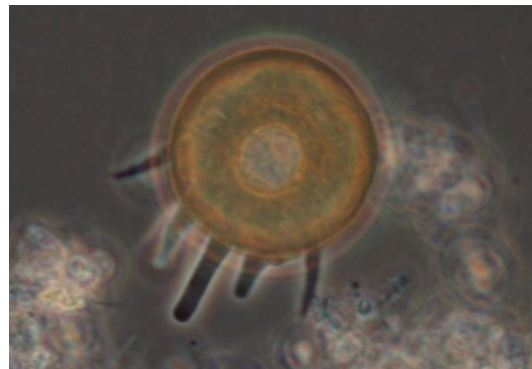
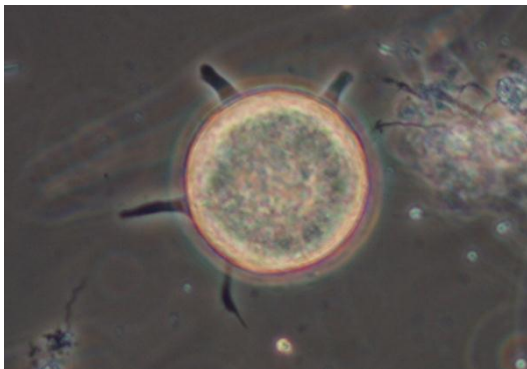
Mobilitat: es mou gràcies als pseudòpodes que té repartits irregularment al voltant del cos.

Característiques estructurals: té esquelet extern (teca) i els pseudòpodes són fàcilment observables malgrat que siguin petits. A l'interior de la teca es pot veure la cèl·lula i, a més, la seva obertura ventral, circular i invaginada, es localitza al centre.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: es relaciona amb el bon rendiment del procés depuratiu. Si es troba en concentracions elevades, ens indica baixa càrrega orgànica, condicions de bona oxigenació i nitrificació dels fangs. S'observa que a l'estiu es produeix un augment poblacional degut a les elevades temperatures.

Alimentació: s'alimenta d'altres protozous de menors dimensions.



Tecameba. *Arcella sp.* CF (400x). Fotos superiors: EDAR de Torroella de Montgrí (12-8-14).
Fotos inferiors: EDAR de Blanes (17-7-14).





7.2.1.2.2. Centropyxis sp.

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: el seu esquelet extern pot ser esfèric o ovoide aglutinat, sent més ample a la part posterior que no pas a l'anterior.

Dimensions: la seva mida oscil·la entre els 100 i 200 µm.

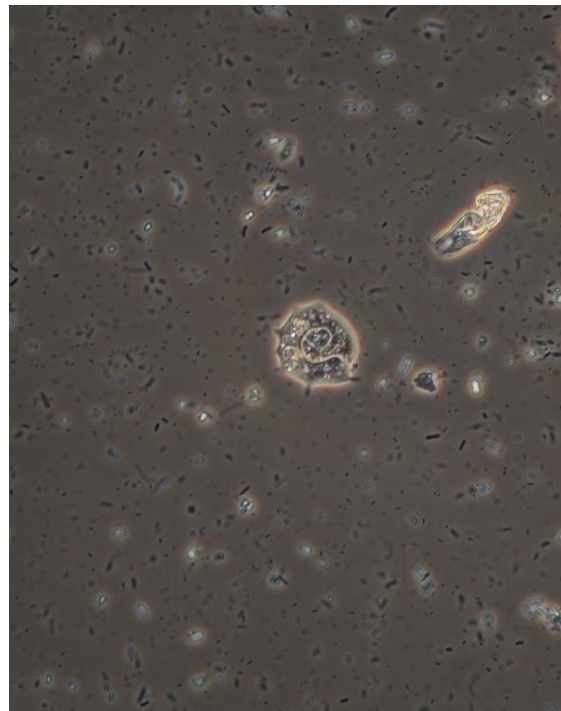
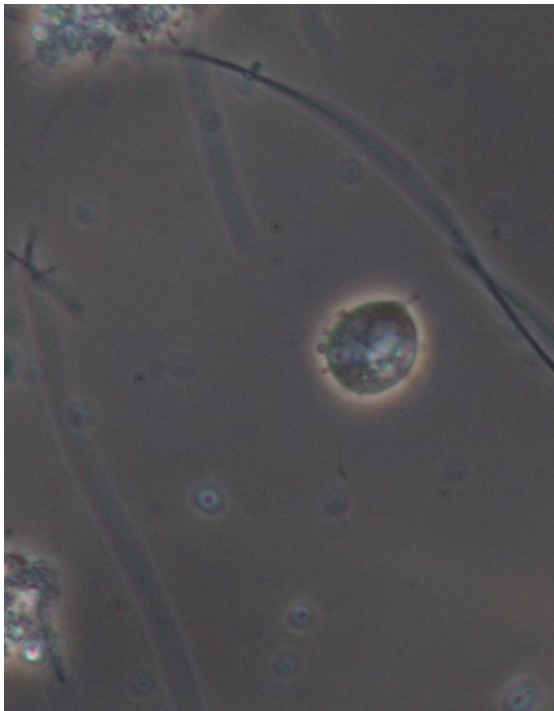
Mobilitat: la presència de pseudòpodes és el que fa possible el seu desplaçament.

Característiques estructurals: al voltant de la seva coberta composta de grànuls minerals, s'observen espines testàcies que sobresurten formant prolongacions.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: la presència d'aquesta espècie indica la bona qualitat del procés depuratiu.

Alimentació: té una alimentació variada. S'alimenta tant d'algues verdes, de diatomees i d'algues filamentoses, com també de petits flagel·lats i ciliats.



Tecameba. *Centropyxis sp.* CF (400x). EDAR de Palamós (21-8-14).





7.2.1.2.3. Euglypha sp.

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: aquesta petita ameba testàcia té forma gairebé ovalada, doncs un dels dos extrems és acabat en forma arrodonida, mentre que l'altre acaba truncat.

Dimensions: té una longitud que oscil·la entre els 10 i 20 μm .

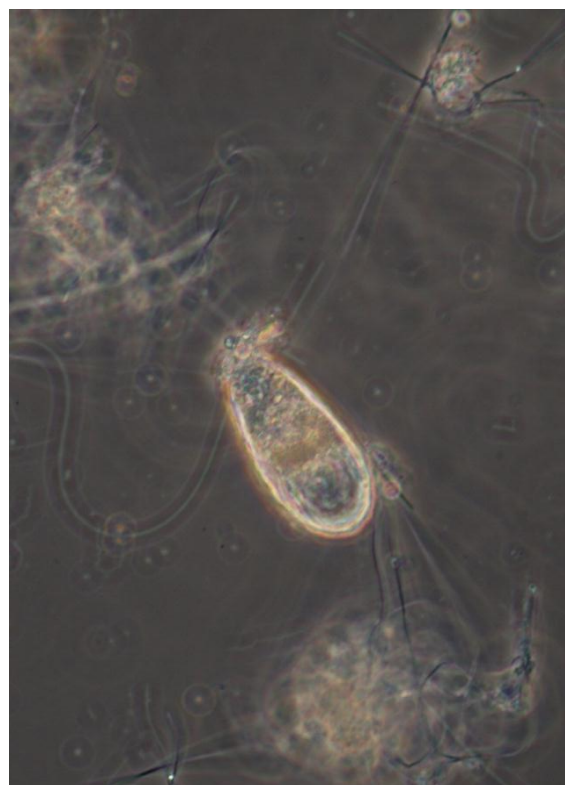
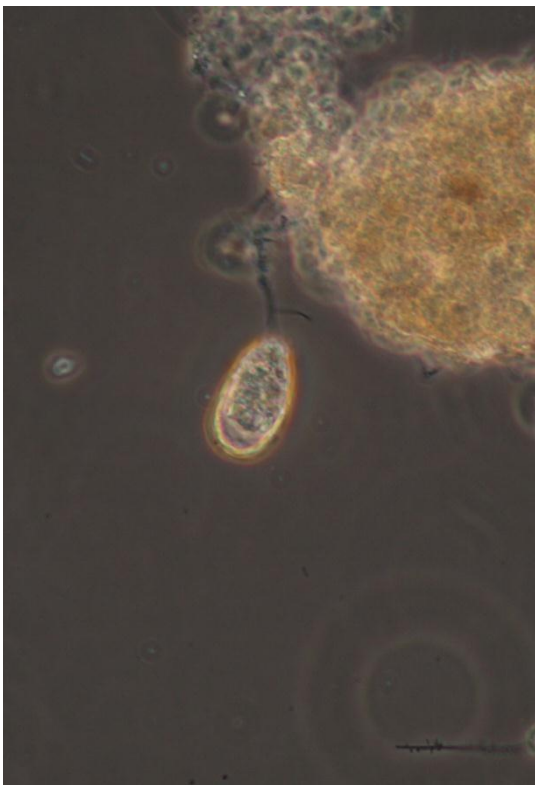
Mobilitat: es desplaça gràcies a uns pseudòpodes tipus filòpode.

Característiques estructurals: consta d'una closca de sílice transparent, la qual està formada per escates imbricades les unes amb les altres, a l'interior de les quals és possible distingir-hi la cèl·lula.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: és present en sistemes amb una elevada edat cel·lular del fang. Es relaciona amb bons rendiments del procés depuratiu i amb la baixa càrrega dels fangs.

Alimentació: es tracta d'una espècie heteròtrofa, depredadora de bacteris.



Tecameba. *Euglypha sp.* CF (400x). EDAR de Torroella de Montgrí (6-8-14).





7.2.2. CILIATS

7.2.2.1. Acinertia uncinata

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: el seu cos és allargassat i en forma de llança, amb una petita torsió a l'extrem anterior pel costat esquerre.

Dimensions: de petit tamany, té mides entre 10 i 15 µm d'amplada.

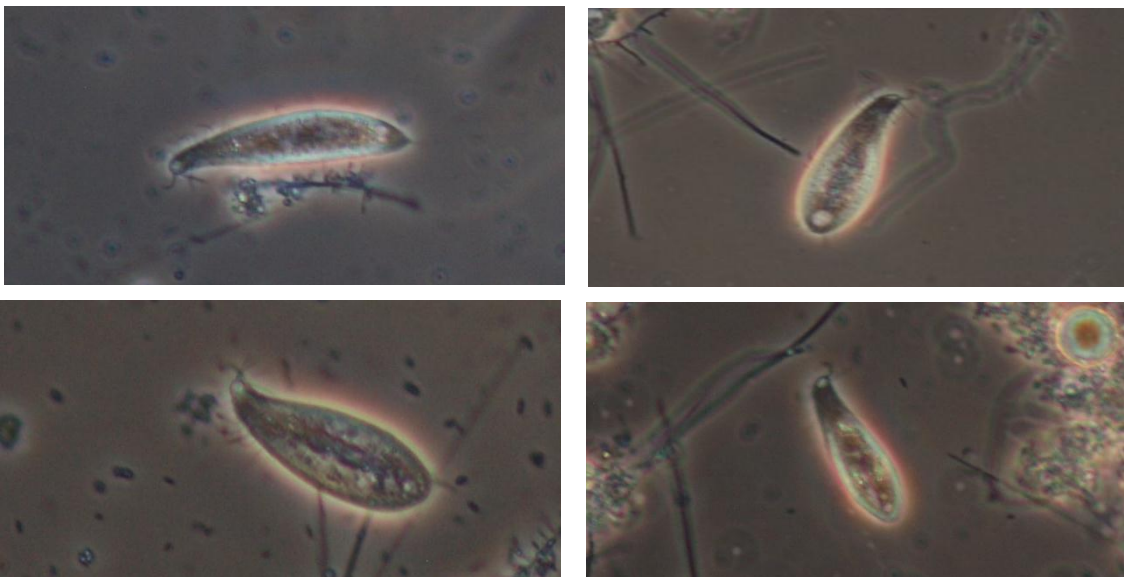
Mobilitat: es tracta d'un nedador actiu i, alhora, reptant.

Característiques estructurals: el seu citostoma és allargat i té cilis periorals més densos i llargs que la resta, cosa que és clarament visible. Té un vacúol contràctil a la zona posterior, un parell de macronuclis esfèrics situats a la part central de la cèl·lula i un únic micronucli entre aquests dos.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: la seva presència, detectada en major quantitat durant els mesos més càlids de l'any, indica que els fangs es troben en estat de trànsit o d'instabilitat. És també un indicador de càrrega mitjana en el reactor, d'abundants bacteris lliures i de depuració insuficient. A més, tolera llargues absències d'oxigen i és característic en sistemes d'eliminació de nutrients.

Alimentació: es nodreix de petits flagel·lats, ciliats i bacteris.



Ciliat reptant. *Acinertia uncinata*. CF (400x). Foto superior esquerra: EDAR de Palamós (10-7-14). Foto superior dreta: EDAR de Palamós (31-7-14). Foto inferior esquerra: EDAR de Castell d'Aro (11-7-14). Foto inferior dreta: EDAR de Castell d'Aro (8-7-14).





7.2.2.2. Acineta sp.

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: la seva forma és variable, ovalada o bé triangular.

Dimensions: la seva longitud varia dels 25 als 300 μm , mentre que la seva amplada es troba compresa entre els 30 i els 70 μm .

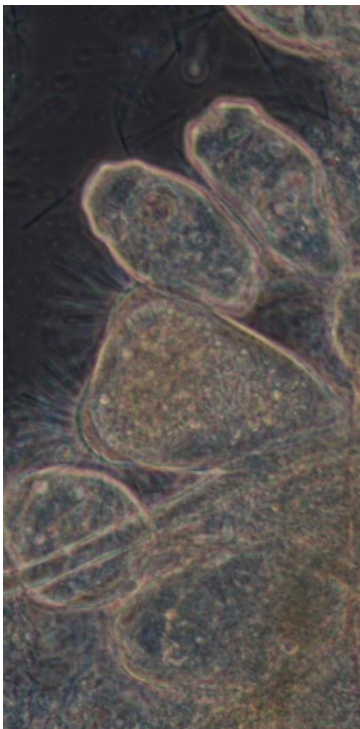
Mobilitat: no es mou del seu lloc, ja que el seu peduncle és bastant curt i no contràctil.

Característiques estructurals: si s'observa amb atenció, pot apreciar-se una membrana transparent al voltant del cos. Quant a la disposició dels tentacles, cal dir que aquests es localitzen en dos protuberàncies als extrems del cos del protozou.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: es relaciona amb elevades edats del fang.

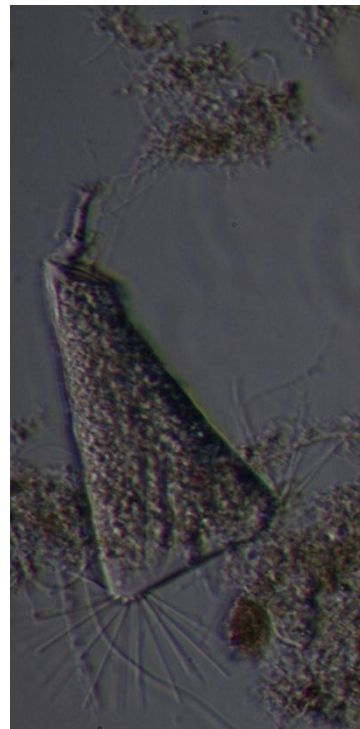
Alimentació: es tracta d'una espècie carnívora.



Ciliat sèssil. *Acineta sp.* CF (400x). EDAR de Blanes (16-7-2014).



Ciliat sèssil. *Acineta sp.* CF (400x). Ambdues: EDAR de Torroella de Montgrí (6-8-2014).





7.2.2.3. Aspidisca cicada

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: el costat dorsal és convex i el ventral, aplanat, amb presència de cirrus, és a dir, agrupacions de cilis per desplaçar-se més eficientment.

Dimensions: la seva mida oscil·la entre els 25 i els 40 µm.

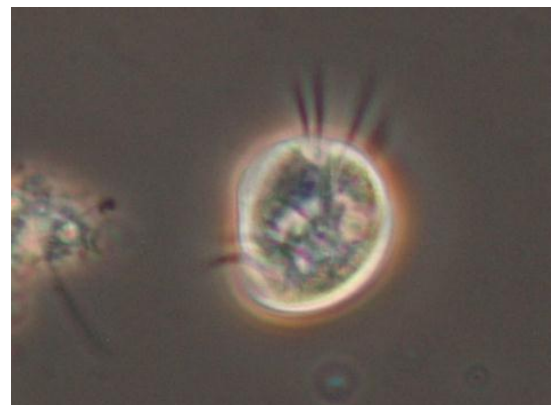
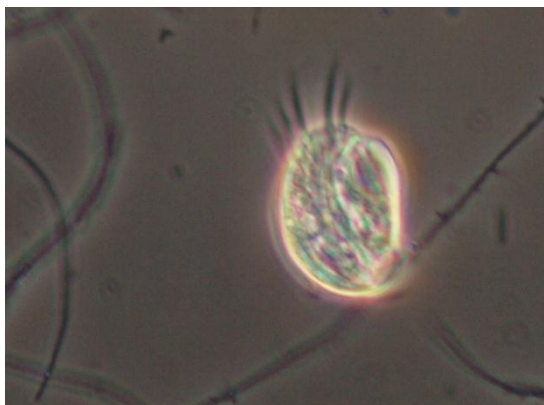
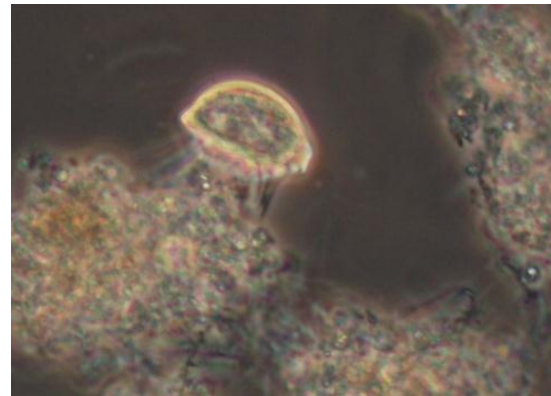
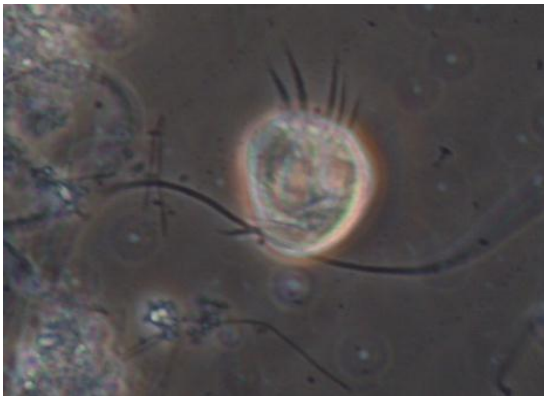
Mobilitat: reptant sobre el flòcul i neda de manera rotativa enmig del fang. Majoritàriament es localitza enganxada al flòcul, tot i que ocasionalment se la pot trobar nedant lliure a certa distància d'aquest.

Característiques estructurals: al costat dorsal hi té les costelles, mentre que els cirrus, cinc dels quals són transversals, es localitzen al ventre.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: s'associa a la bona estabilització dels fangs i al bon rendiment de depuració en processos de baixa i mitjana càrrega.

Alimentació: els bacteris constitueixen la base de la seva nutrició.



Ciliat reptant. *Aspidisca cicada*. CF (400x). Fotos esquerra: EDAR de Palamós (4-7-14). Foto superior dreta: EDAR de Torroella de Montgrí (29-7-14). Foto inferior dreta: EDAR de Palamós (31-7-14).





7.2.2.4. Cinetochilum margaritaceum

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: el seu cos té forma arrodonida, similar a una lent de contacte. També està lleugerament aplanat dorsoventralment.

Dimensions: mesura entre 15 i 45 µm de longitud.

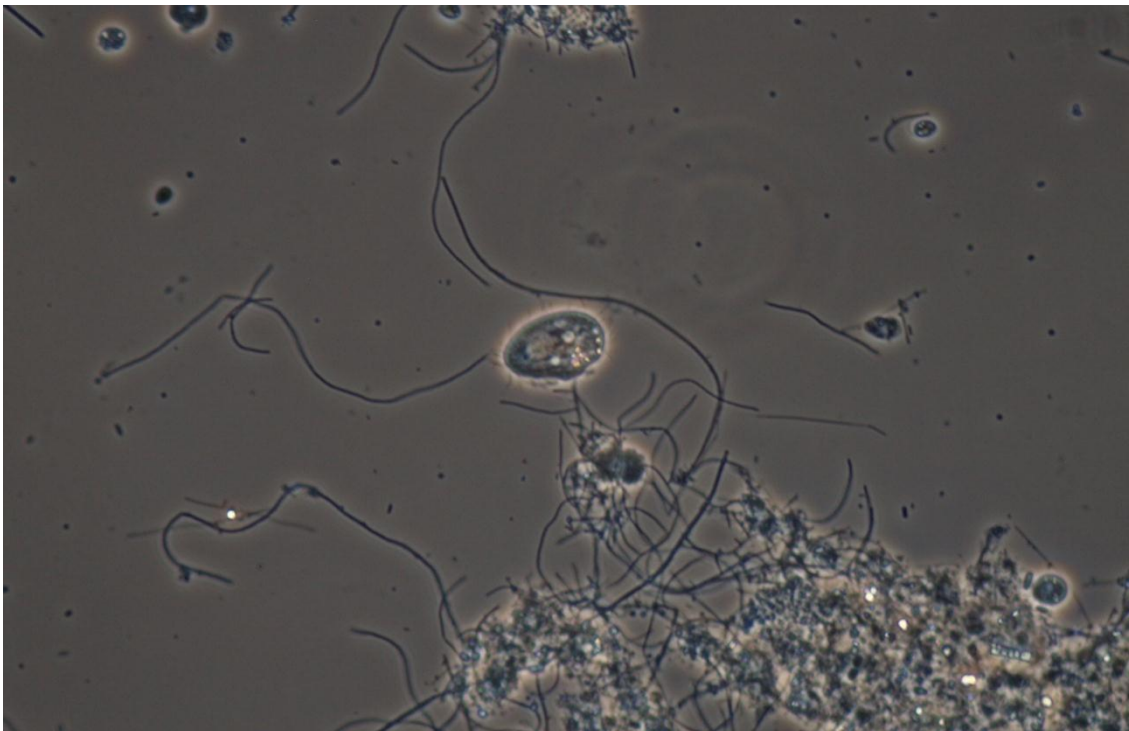
Mobilitat: es tracta d'un nedador molt actiu, que combina moviments molt ràpids amb alguna parada en sec.

Característiques estructurals: presenta cilis repartits de manera uniforme a ambdues cares, essent els caudals els més llargs. La seva zona oral sol ser ampla i disposa d'un vacúol contràctil a la zona posterior esquerra.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: indica la mediocritat en quant a l'estat del sistema. La seva presència es relaciona amb condicions de nitrificació en el reactor. Finalment, també ens mostra que l'aigua residual té baixa càrrega orgànica.

Alimentació: els bacteris constitueixen la base de la seva alimentació.



Ciliat nedador. *Cinetochilum margaritaceum*. CF (400x).
EDAR de Torroella de Montgrí (21-7-14).





7.2.2.5. Colpidium sp.

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: el seu cos té forma de ronyó, amb una depressió obliqua al costat dret.

Dimensions: la seva longitud va dels 60 als 150 μm i l'amplada és aproximadament dos cops menor que la longitud.

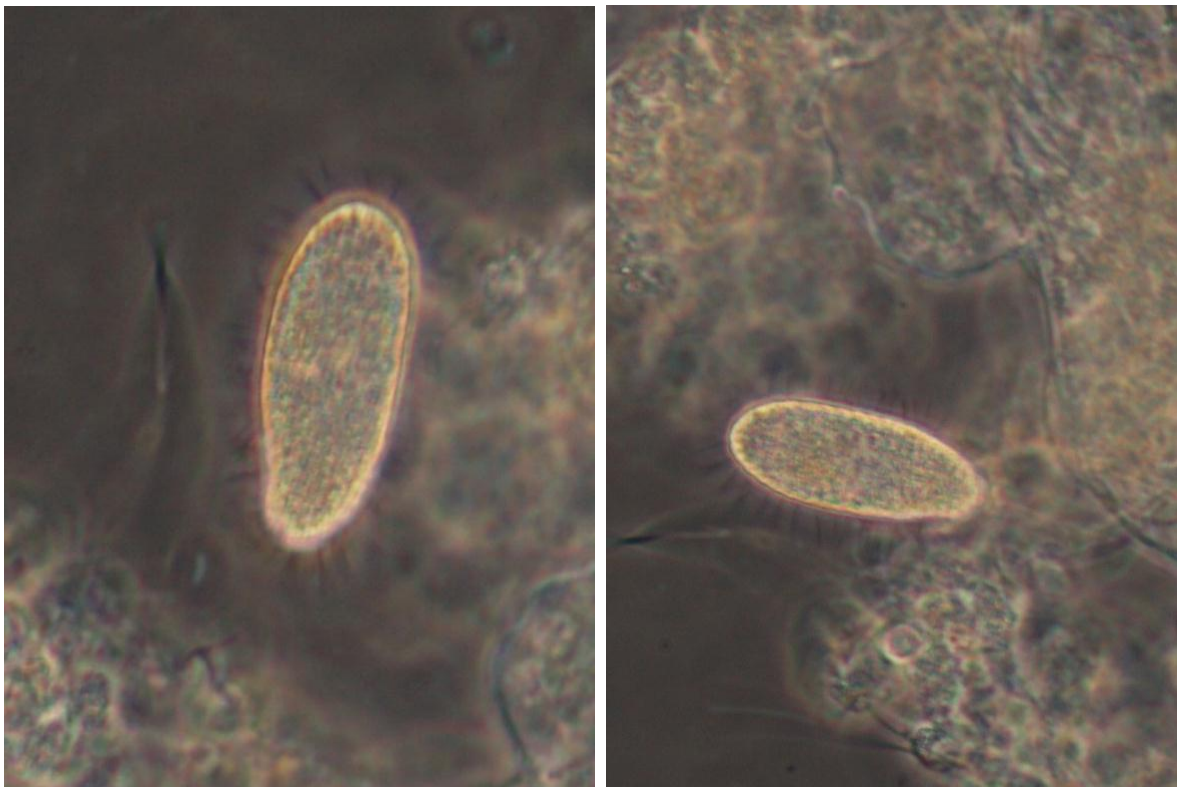
Mobilitat: es tracta d'un nedador moderadament ràpid.

Característiques estructurals: té un macronucli ovalat central. A més, el fet de tenir un vacúol contràctil envoltat de petits vacúols en forma de roseta és molt característic de l'espècie. No solen veure's agrupats, sinó que són solitaris.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: sol trobar-se en plantes poc oxigenades i amb elevada càrrega massica, o fins i tot excessiva.

Alimentació: s'alimenta de bacteris que es troben dispersos pel medi.



Ciliat lliure. *Colpidium sp.* CF (400x). EDAR de Blanes (16-7-14).





7.2.2.6. Cyclidium sp.

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: forma ovoïdal, que recorda a la d'un barril.

Dimensions: mesura entre 15 i 40 µm.

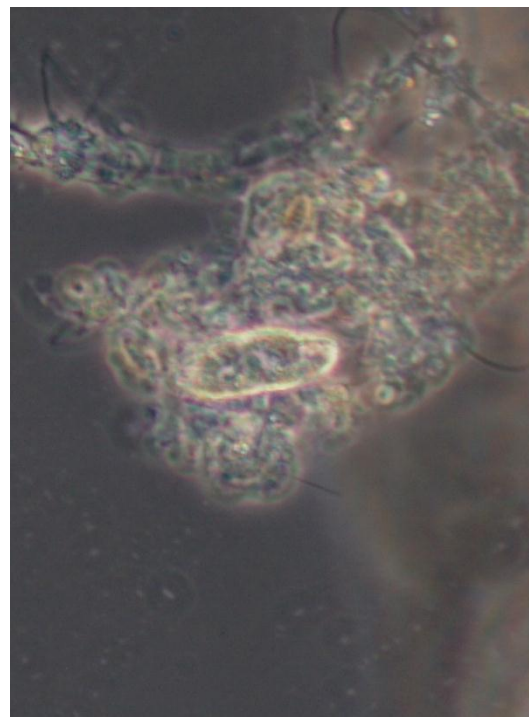
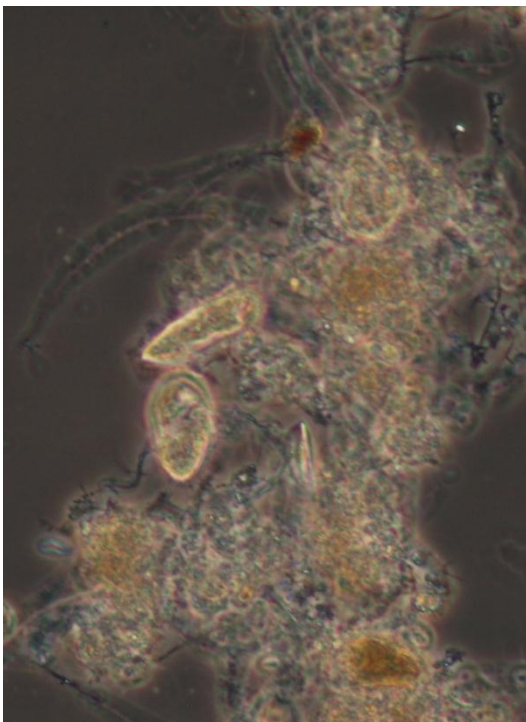
Mobilitat: tan sols és capaç de romandre en absolut repòs quan s'alimenta, ja que és molt actiu.

Característiques estructurals: presenta conjunts de cilis distribuïts longitudinalment de manera uniforme al voltant de la cèl·lula. Té una membrana molt desenvolupada que envolta la boca i a més, un cili caudal molt llarg que sobresurt força més que la resta.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: sol trobar-se en les primeres fases de colonització, en períodes de forta càrrega orgànica o en temps curts de residència dels fangs.

Alimentació: bàsicament es nodreix de bacteris.



Ciliat lliure. *Cyclidium sp.* CF (400x). EDAR de Torroella de Montgrí (22 i 28-7-14).





7.2.2.7. *Dexiotricha granulosa*

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: la seva morfologia és ovoide i té una tonalitat fosca degut a la gran quantitat de grànuls citoplasmàtics que acumula en el seu interior.

Dimensions: pot arribar a mesurar uns 85 µm de longitud i fins a 60 µm d'amplada.

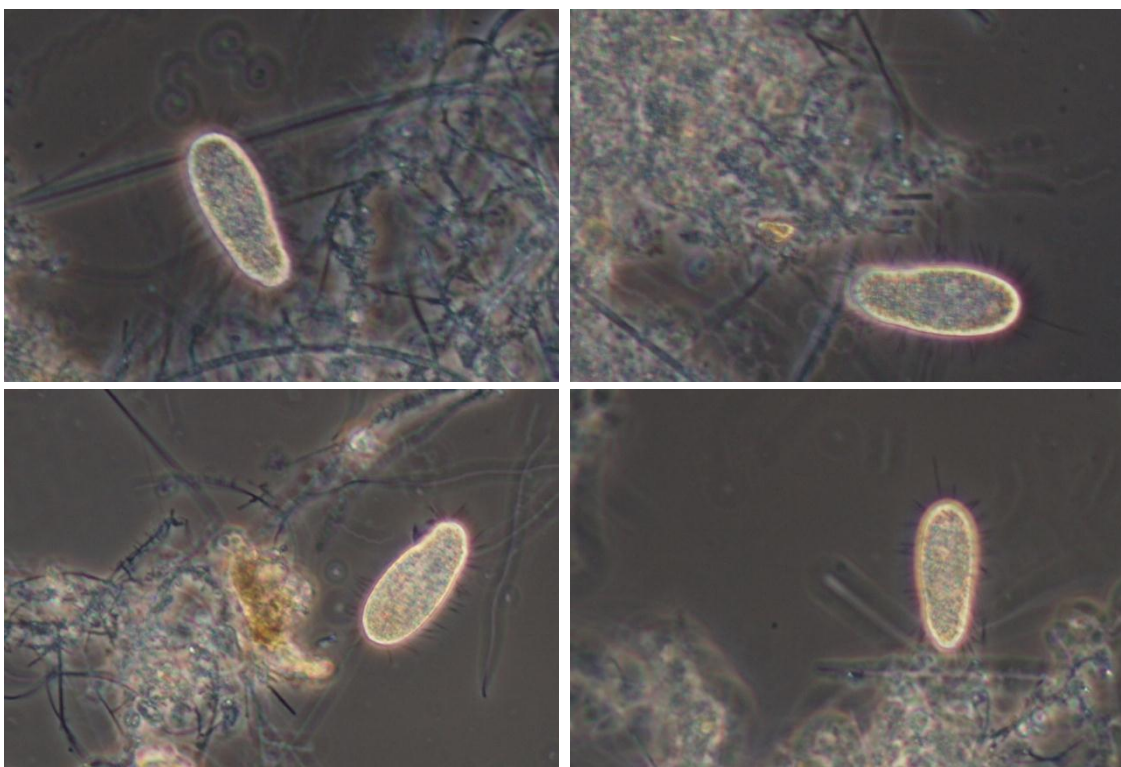
Mobilitat: es mou d'un lloc a l'altre nedant de forma homogènia; és a dir, sense fer aturades brusques ni accelerant.

Característiques estructurals: el conjunt de cilis que té al voltant de la boca es pot observar clarament si aquesta espècie queda col·locada lateralment quan la mirem al microscopi. Els cilis somàtics no solen ser tan llargs com en altres espècies. Posseeix un vacúol contràctil a la zona posterior.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: sol anar associat a càrregues màssiques elevades.

Alimentació: es nodreix de bacteris i petits flagel·lats.



Ciliat lliure. *Dexiotricha granulosa*. CF (400x). EDAR de Lloret de Mar (4-7-14).





7.2.2.8. Drepanomonas revoluta

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: forma plana i arronyonada, doncs es troba comprimit dorsalment. Cal afegir que no té flexibilitat.

Dimensions: les seves petites dimensions oscil·len entre els 18 i els 35 µm de longitud i entre 10 i 15 d'amplada.

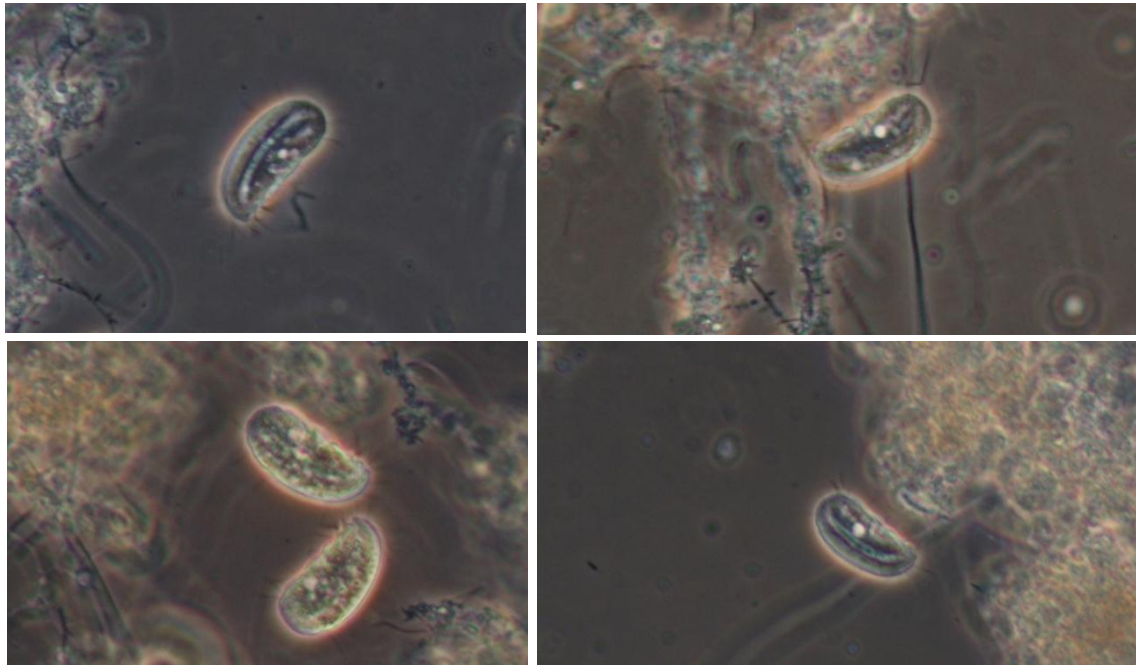
Mobilitat: es mou lentament, de manera sincopada.

Característiques estructurals: el conjunt de cilis somàtics de la zona dorsal són més curts que els de la part ventral. El citostoma es troba situat dins d'una petita depressió, localitzada en el costat esquerre de la cèl·lula, aproximadament a la meitat d'aquesta. El costat dorsal és lleugerament convex, mentre que l'extrem posterior està força arrodonit. L'obertura oral es troba al centre de la part ventral. També hi ha un macronucli esfèric i un vacúol contràctil a la zona central de la cèl·lula.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: és una espècie indicadora del bon funcionament del sistema de tractament de les aigües.

Alimentació: la seva alimentació és generalment bacteriana.



Ciliat reptant. *Drepanomonas revoluta*. CF (400x). EDAR de Castell d'Aro (21 i 23-7-14).





7.2.2.9. Epistylis sp.

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: es tracta d'un organisme colonial, amb els zooides en forma de campana i el peduncle ramificat.

Dimensions: un individu -zooide- d'aquest gènere amida entre 70 i 90 µm; però les colònies poden arribar a tenir una envergadura d'entre 2 i 3 mm.

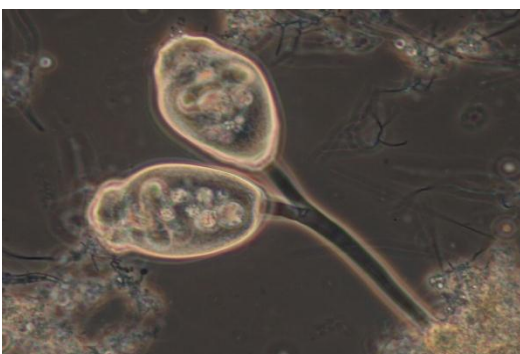
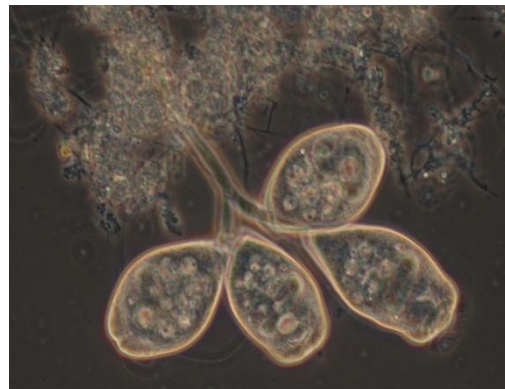
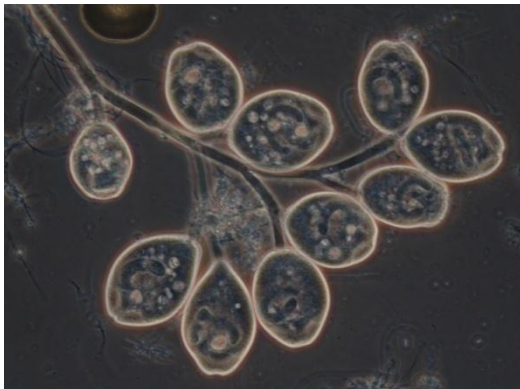
Mobilitat: com que es tracta d'un organisme sèssil, no està dotat de mobilitat.

Característiques estructurals: el llavi i l'obertura bucal són igual d'amples que la resta del cos. La colònia no és contràctil, però els zooides poden retreure la zona peristomial de forma independent. Com que el peduncle no està dotat de mionema, que és un filament contràctil que passa pel seu interior, aquest és rígid i buit.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: s'associa a càrregues orgàniques mitjanes en els reactors. A més, la qualitat del procés depuratiu és entre mitjana i bona.

Alimentació: s'alimenta de bacteris que es troben lliures pel fang actiu.



Ciliat sèssil. *Epistylis sp.* CF (400x). Foto superior esquerra: EDAR de Palamós (18-7-14). Foto superior dreta: EDAR de Castell d'Aro (25-7-14). Foto inferior esquerra: EDAR de Castell d'Aro (22-7-14). Foto inferior dreta: EDAR de Palamós (22-7-14).





7.2.2.10. Holophrya sp.

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: la seva morfologia és ovalada, quasi esfèrica en la majoria dels casos.

Dimensions: pot mesurar entre uns 33 i 180 µm.

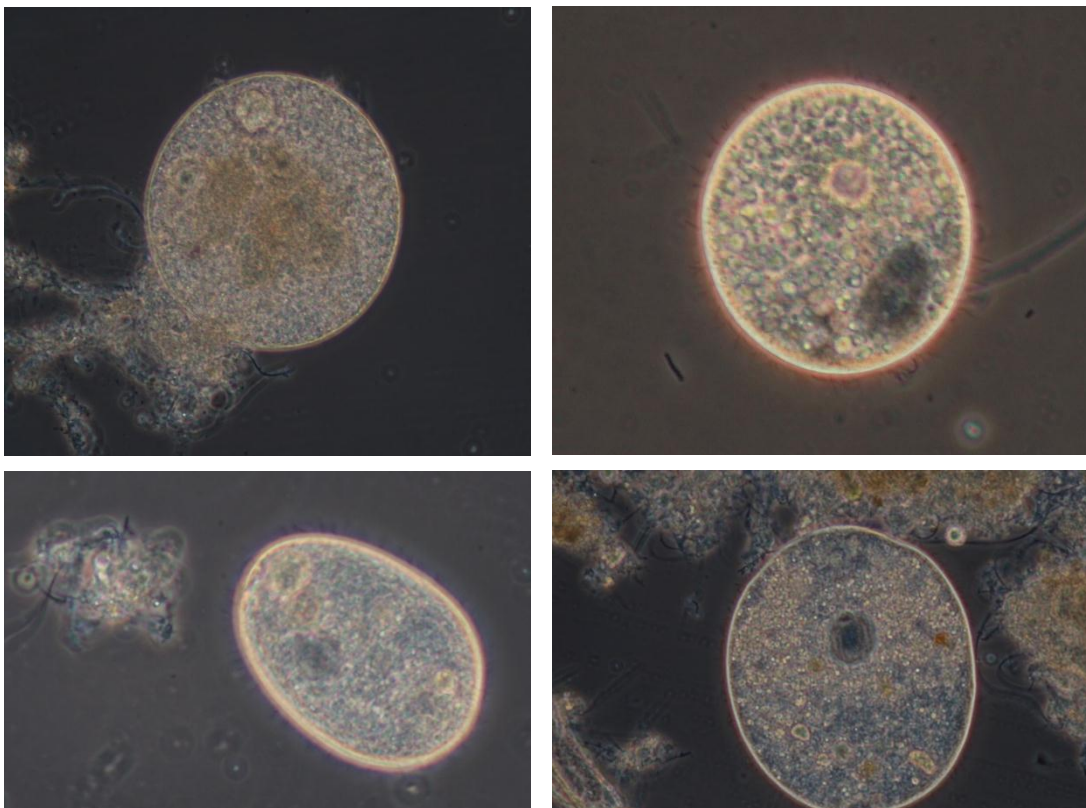
Mobilitat: és capaç de desplaçar-se lliscant al voltant del flòcul.

Característiques estructurals: cos envoltat de cilis, els quals són fonamentals per a la locomoció i captura dels aliments.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: sol aparèixer quan el flòcul està en fase de formació i encara no s'hi han establert els ciliats pedunculats i reptants. Conseqüentment, la seva presència dominant en un fang ben format, és un indicatiu que hi ha anomalies en el procés, com pot ser la presència de càrrega excessiva o bé de fang poc oxigenat.

Alimentació: la seva nutrició és majoritàriament heteròtrofa. Concretament s'alimenta de bacteris que es troben dispersos pel medi.



Ciliat nedador. *Holophrya sp.* CF (400X). Fotos superiors: EDAR de Castell d'Aro (22-7-14).
Fotos inferiors: EDAR de Torroella de Montgrí (15-7-14).





7.2.2.11. Litonotus lamella

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: es tracta d'un protozou amb el cos en forma de llança amb la part anterior corbada lleugerament pel costat dorsal.

Dimensions: la seva longitud oscil·la entre 50 i 100 µm.

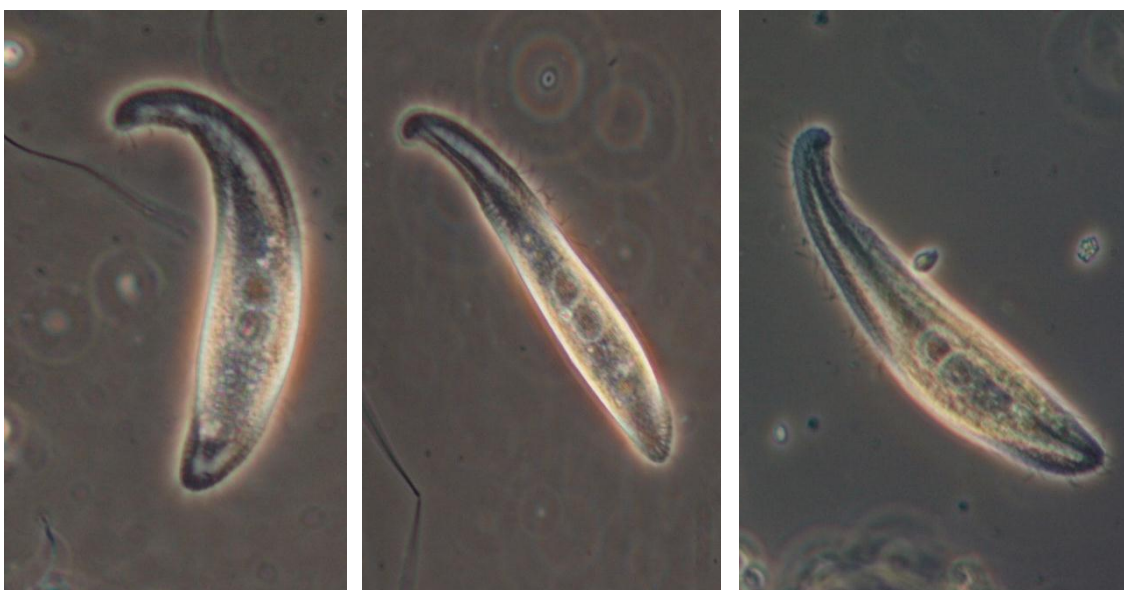
Mobilitat: com que és un ciliat nedador, es desplaça suaument pel medi, tot i que sovint rept a pel flocul.

Característiques estructurals: al voltant de la boca té un gran nombre de cilis, així com un parell de macronuclis a la part central del cos i un vacúol contràctil a la seva part posterior.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: la seva presència indica mal estat del fang en general, doncs hi ha deficiències en la sedimentabilitat i s'hi duen a terme processos de nitrificació. A més, significa que hi ha elevades concentracions d'amoniac a l'aigua d'entrada de la planta.

Alimentació: es nodreix de ciliats, així com també de flagel·lats.



Ciliat nedador. *Litonotus lamella*. CF (400x). Fotos laterals: EDAR de Torroella de Montgrí (15-7-14). Foto central: EDAR de Castell d'Aro (22-7-14).





7.2.2.12. Opercularia sp.

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: té un cos allargat que s'estreny a la part superior. Depenent de l'espècie, la seva forma és més o menys acampanada.

Dimensió: les seves mides estan compreses entre els 40 i els 120 µm.

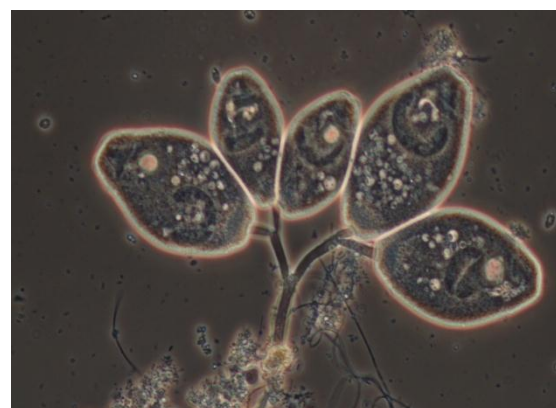
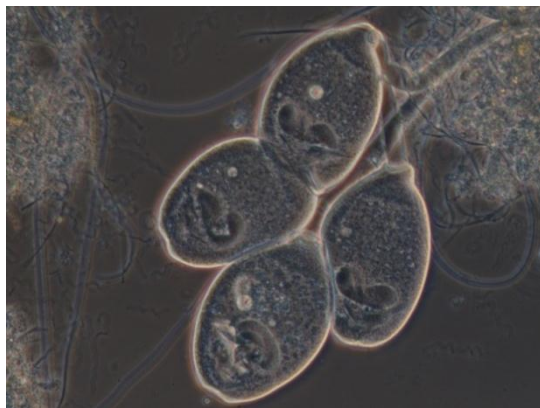
Mobilitat: al ser un organisme sèssil , no té mobilitat.

Característiques estructurals: té un disc peristomial en forma d'opercle que bloqueja el citostoma. El peduncle és rígid i buit, sense mionema.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: s'associa a condicions d'oxigenació insuficient i fangs amb aeració deficient. Si la seva presència és massiva, indica que el reactor està immers en condicions canviants, per tant el procés depuratiu es pot considerar imperfecte.

Alimentació: s'alimenta de bacteris que es troben lliures pel medi.



Ciliat sèssil. *Opercularia*. CF (400x). Fotos superiors: EDAR de Lloret de Mar (4-7-14). Fotos inferiors: EDAR de Palamós (10-7-14).





7.2.2.13. Paramecium aurelia

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: curiosament té una forma que recorda a una sola de sabata, al mig de la qual hi ha una petita torsió on es troba l'obertura bucal.

Dimensions: la seva longitud oscil·la entre 100 i 180 µm.

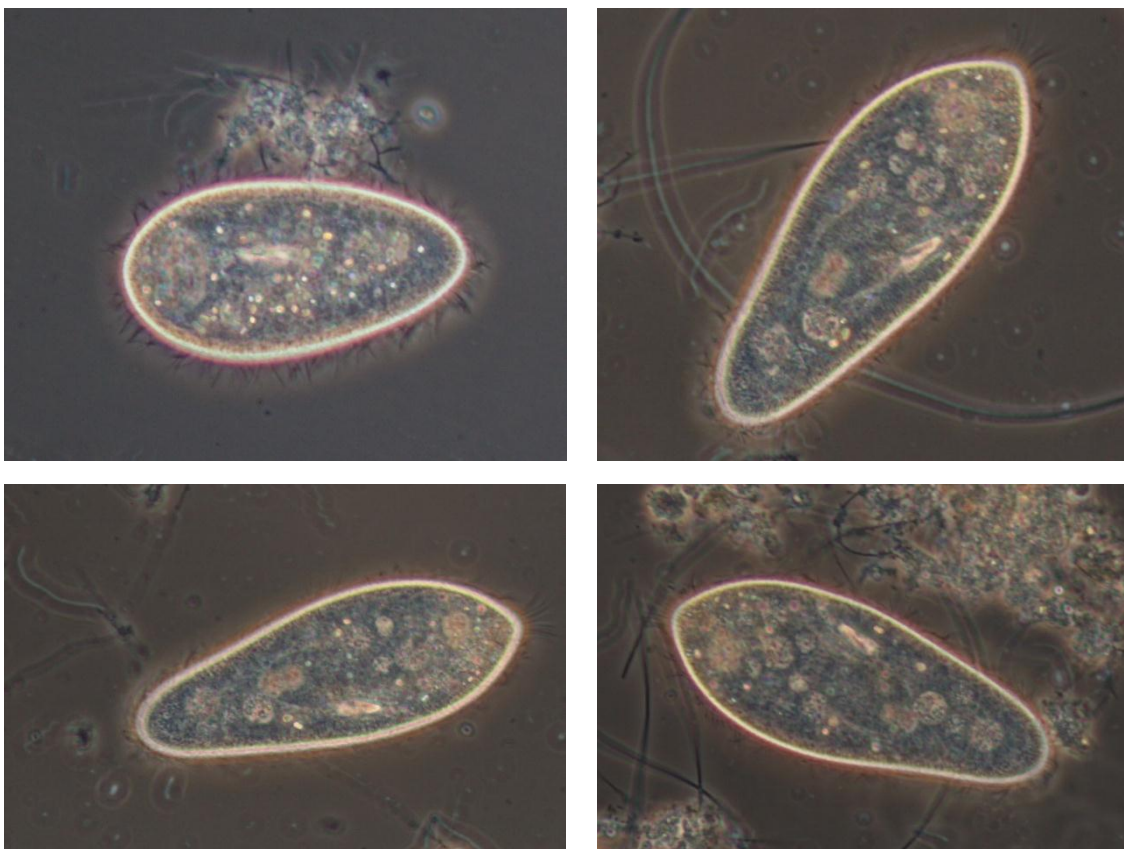
Mobilitat: sol moure's a una velocitat regular, no pas massa de pressa.

Característiques estructurals: d'aquest protozou se'n destaca el fet que tingui un parell de cilis caudals més llargs que la resta, així com també la presència de dos vacúols contràctils. Un altre punt important a remarcar és el fet que hi hagi una depressió bastant marcada des de l'extrem anterior del cos, fins a l'obertura bucal.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: la seva detecció indica que les condicions ambientals són inestables o bé transitòries.

Alimentació: es nodreix bàsicament de bacteris.



Ciliat nedador. *Paramecium aurelia*. CF (400x). EDAR de Castell d'Aro (11-7-14).





7.2.2.14. Periacineta sp.

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: el seu cos cel·lular està envoltat per una closca aplanada.

Dimensions: mesura entre uns 80 i uns 150 µm de llargada, mentre que d'amplada els valors es troben compresos entre els 40 i els 75 µm.

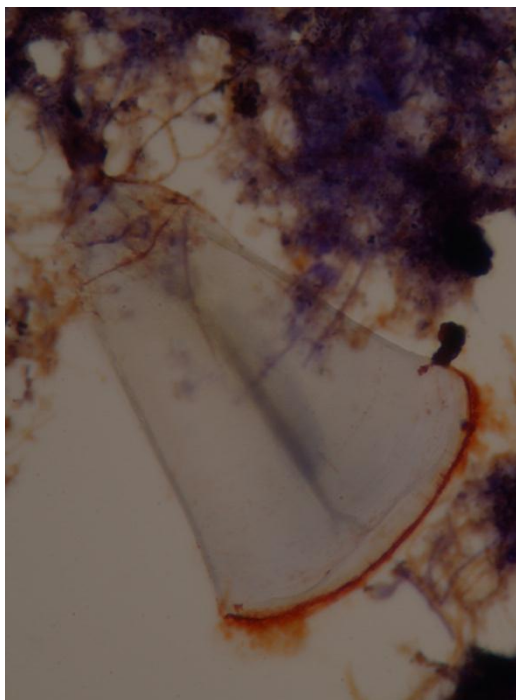
Mobilitat: no es desplaça, però sí que contrau i estén els tentacles de manera contínua.

Característiques estructurals: la seva forma és variable, s'estreny a la base i el peduncle al qual està unit, és curt. Presenta una invaginació a la part anterior del cos on s'agrupen dos parells de tentacles retràctils, acabats en forma de botó.

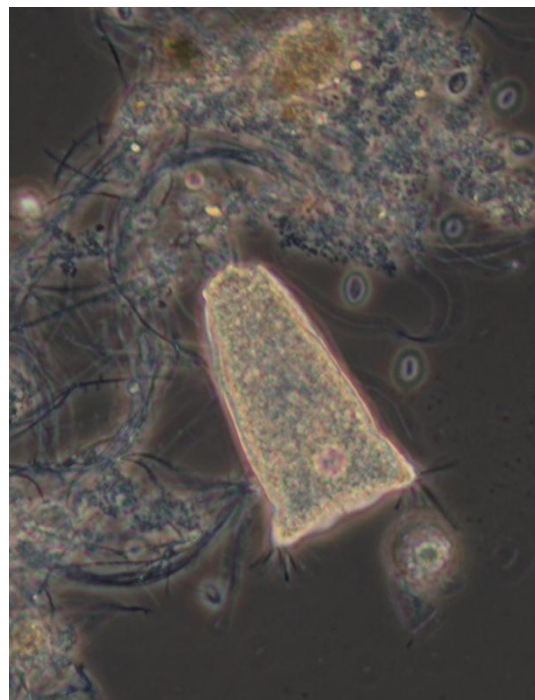
CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: s'associa a una elevada edat dels fangs i amb la presència de baixes càrregues màsiques. Alhora, ens indica que el rendiment de la depuració és bo.

Alimentació: és un organisme carnívor.



Ciliat sèssil. *Periacineta sp.* Tinció Neisser (1000x). EDAR de Torroella de Montgrí (12-8-14).



Ciliat sèssil. *Periacineta sp.* CF (400x). EDAR de Torroella de Montgrí (12-8-14).





7.2.2.15. Podophrya sp.

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: el seu cos és esfèric, sense coberta protectora i unit a un peduncle buit i rígid, d'un gruix considerable.

Dimensions: sol fer entre 16 i 60 µm de longitud i, a vegades, més.

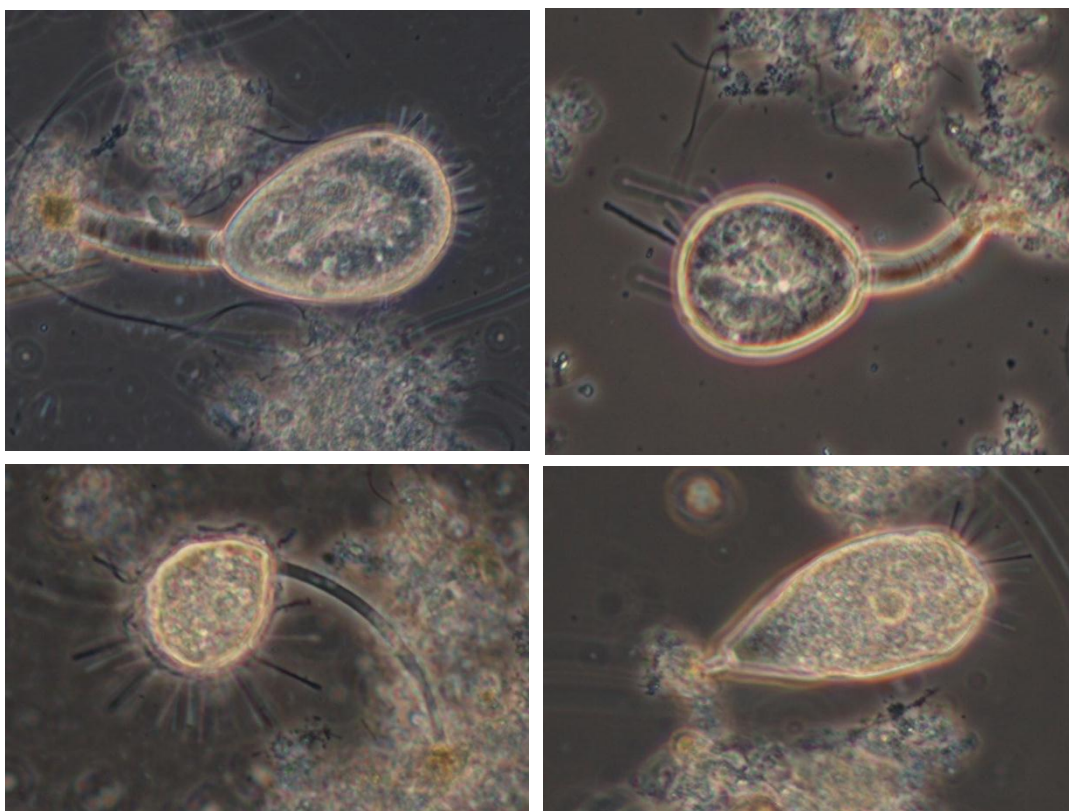
Mobilitat: no té mobilitat degut a la rigidesa peduncular.

Característiques estructurals: disposa de tentacles distribuïts arreu del cos. Al seu interior es pot observar un macronucli esfèric en posició central i un vacúol contràctil lateral. És una espècie solitària.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: localitzar-lo significa que el sistema de tractament funciona adequadament.

Alimentació: absorbeix ciliats més petits i bacteris a través dels tentacles suctors.



Ciliat sèssil. *Podophrya sp.* CF (400x). EDAR de Castell d'Aro (15-7-14).





7.2.2.16. Spirostomum teres

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: el seu cos és fusiforme, cilíndric i aplanat.

Dimensions: sol mesurar entre 200 i 2.000 µm de llargada.

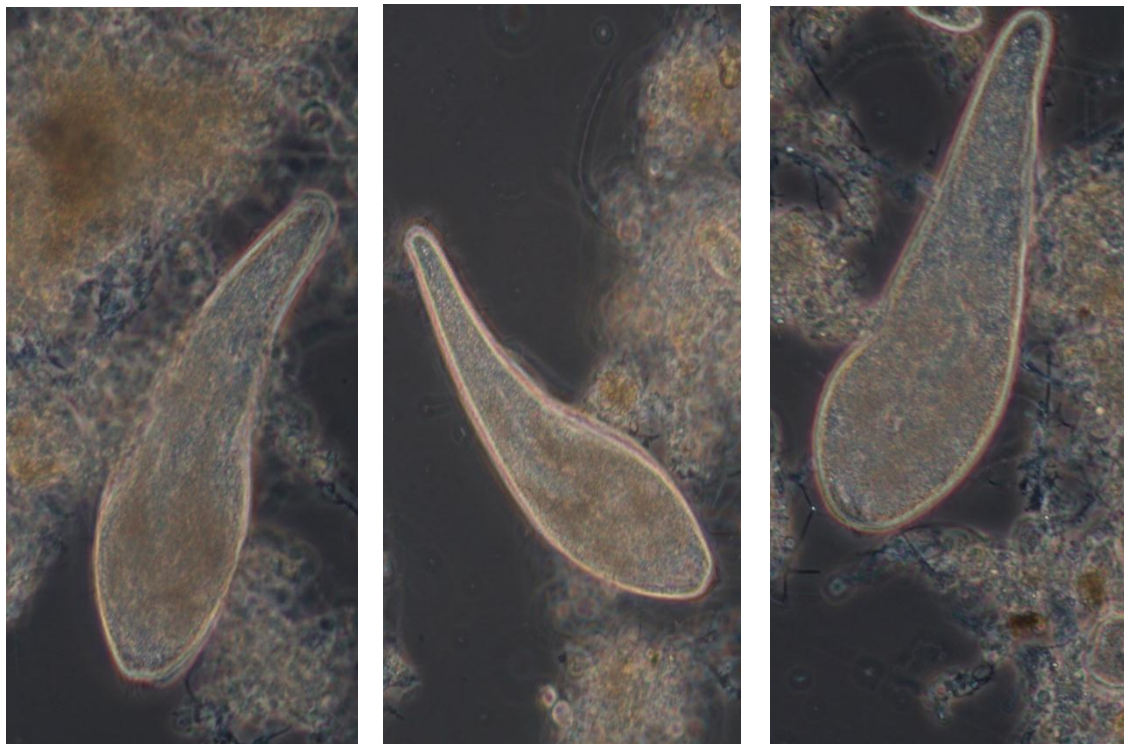
Mobilitat: el seu desplaçament uniforme es fa amb natació lenta.

Característiques estructurals: el seu peristoma està envoltat per un conjunt de membranes, anomenades ZAM (zona adoral de membranel·les), situades a un terç de la longitud corporal. Presenta un macronucli ovalat i la cèl·lula és molt allargada, alhora que té un vacúol contràctil a la part posterior.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: la seva presència es relaciona amb la baixa concentració de sòlids en el reactor i s'associa també amb aigües residuals poc carregades. Cal dir que tolera molt poc l'amoni.

Alimentació: bàsicament es nodreix de bacteris, flagel·lats i algues.



Ciliat nedador. *Spirostomum teres*. CF (400x). EDAR de Torroella de Montgrí (6-8-14).





7.2.2.17. Tokophrya infusionum

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: el seu cos és piramidal i el seu peduncle, molt curt.

Dimensions: les seves mides ronden els 60 µm de longitud total.

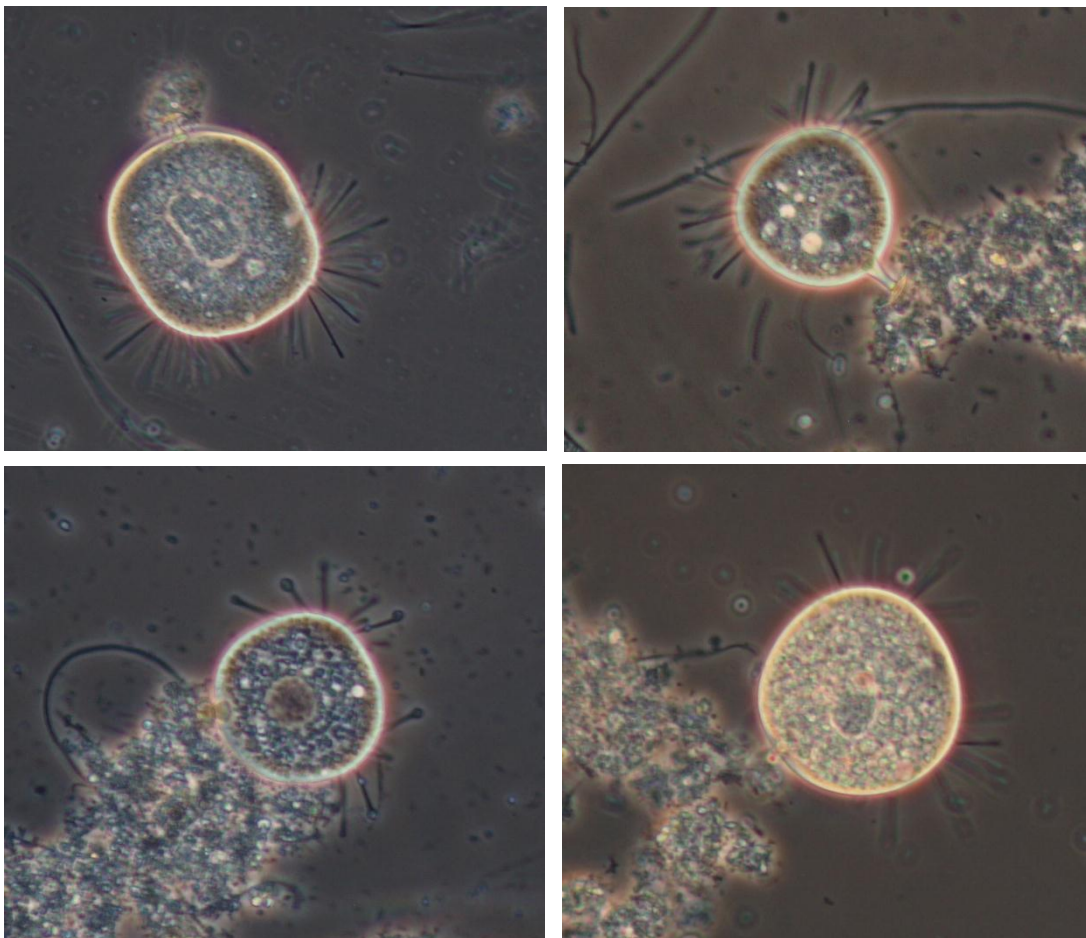
Mobilitat: no és mòbil degut al fet que el seu curt peduncle no té desenvolupada la capacitat contràctil.

Característiques estructurals: el peduncle roman sempre estirat. A més, també presenta tentacles suctors agrupats entre 1 i 4 feixos. No té cap coberta ni membrana transparent envoltant el cos.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: la seva presència indica que l'edat dels fangs és bastant elevada i que l'aigua està lleugerament bruta.

Alimentació: la seva nutrició és estrictament carnívora.



Ciliat sèssil. *Tokophrya infusionum*. CF (400x). EDAR de Castell d'Aro (8 i 22-7-14).





7.2.2.18. Tokophrya lemnae

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: la seva morfologia és esfèrica i es troba unida a un peduncle llarg i prim.

Dimensions: normalment ronda els 70 µm de diàmetre.

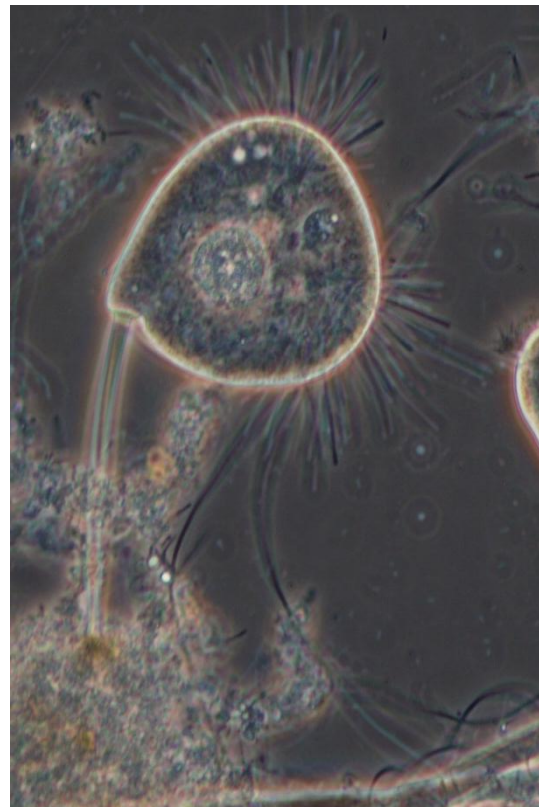
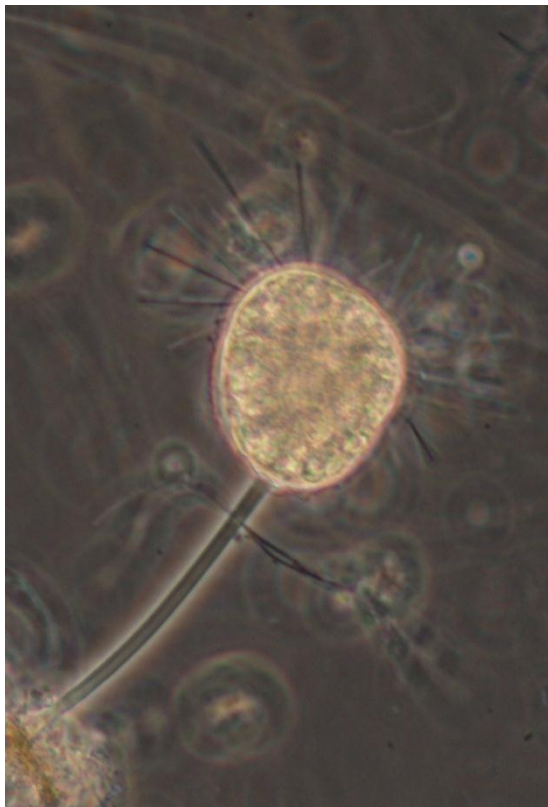
Mobilitat: com que el peduncle no disposa de capacitat contràctil, sinó que es manté estirat i estès, aquest organisme no té mobilitat.

Característiques estructurals: els tentacles suctors es localitzen en dos feixos diferenciats situats a l'extrem anterior del cos. Cada un d'aquests tentacles té al seu interior un canal molt fi a través del qual es nodreixen.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: la seva detecció s'associa a una edat elevada dels fangs i també amb bons rendiments del procés de depuració.

Alimentació: la seva alimentació és únicament carnívora.



Ciliat sèssil. *Tokophrya lemnae*. CF (400x). EDAR de Castell d'Aro (22 i 24-7-14).





7.2.2.19. Uronema nigricans

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: ovalada i lleugerament arronyonada.

Dimensions: mesura entre 25 i 50 µm de longitud.

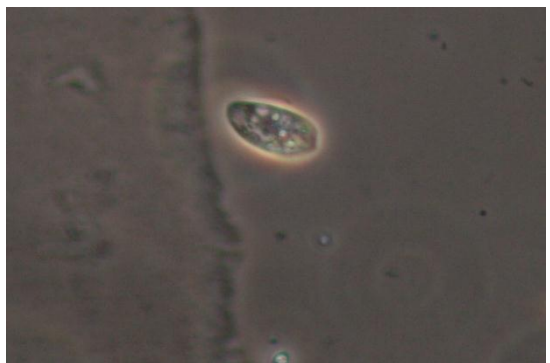
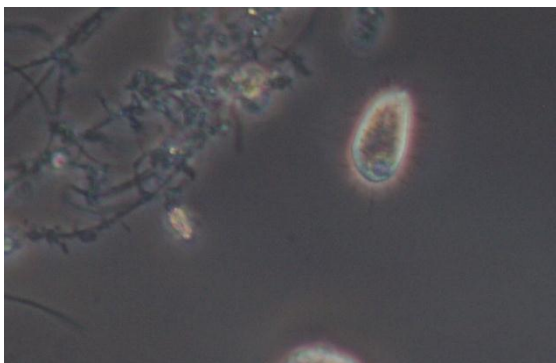
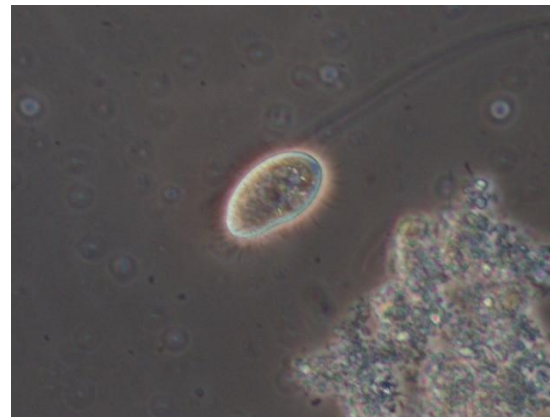
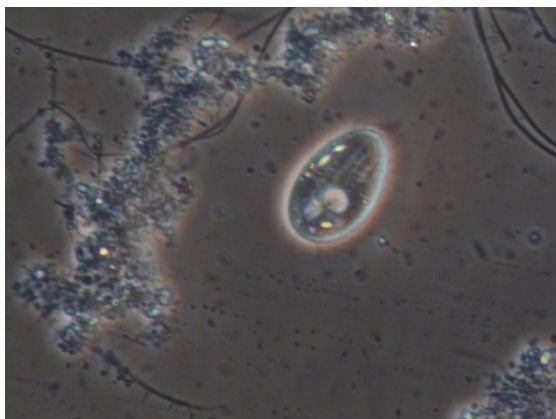
Mobilitat: realitza moviments molt ràpids, amb aturades sobtades que normalment solen ser per alimentar-se, filtrant l'aliment que es troba dispers pel medi.

Característiques estructurals: té molts cilis concentrats als laterals i destaca un llarg cili posterior. Té un vacúol contràctil i un macronucli esfèric en la regió posterior amb una obertura oral en forma de ganxo.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: s'associa amb estadis intermedis de colonització del fang.

Alimentació: es nodreix de bacteris.



Ciliat nedador. *Uronema nigricans*. CF (400x). Foto superior esquerra: EDAR de Palamós (4-7-14).
Foto superior dreta: EDAR de Palamós (10-7-14). Foto inferior esquerra: EDAR de Torroella de
Montgrí (12-8-14). Foto inferior dreta: EDAR de Torroella de Montgrí (3-7-14).





7.2.2.20. Vaginicola sp.

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: té un embolcall transparent adherit al substrat amb un o dos individus al seu interior.

Dimensions: sol mesurar entre 35 i 100 µm o més.

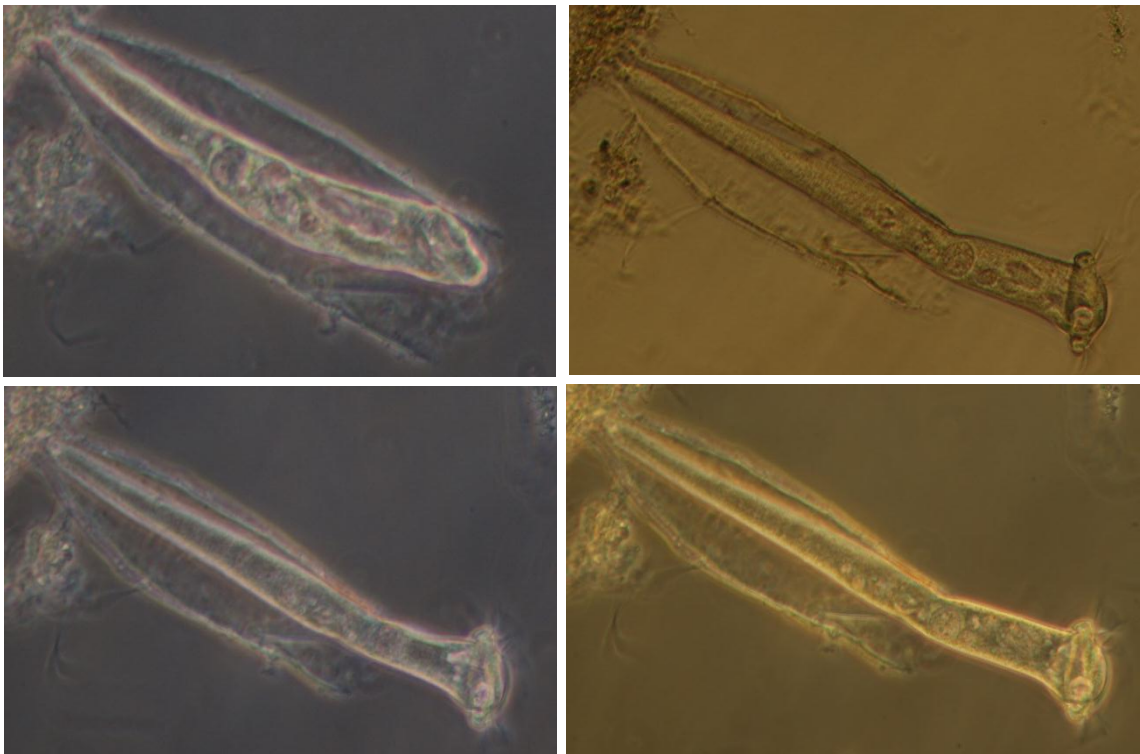
Mobilitat: no té capacitat mòbil.

Característiques estructurals: de l'embolcall de forma cònica sobresurten els zooides a través d'una obertura simple, sense tapa. Aquests zooides, que tenen forma de trompeta, tenen capacitat contràctil.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: s'associa als bons rendiments en la depuració, a baixes càrregues màssiques, a alts períodes de retenció cel·lular i, a més a més, a una bona oxigenació i un bon estat de nitrificació del reactor.

Alimentació: bàsicament bacteriana.



Ciliat sèssil. *Vaginicola sp.* CF (400x). EDAR de Torroella de Montgrí (12-8-14).





7.2.2.21. Vorticella convallaria

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: té una morfologia acampanada i esvelta, amb un peduncle allargat per l'interior del qual discorre, ben visible, el mionema contràctil.

Dimensions: sol fer de 25 o 55 μm d'amplada i entre 40 i 120 μm de llargada. El seu peduncle normalment mesura uns 100 μm , però pot arribar a amidar fins a 500 μm .

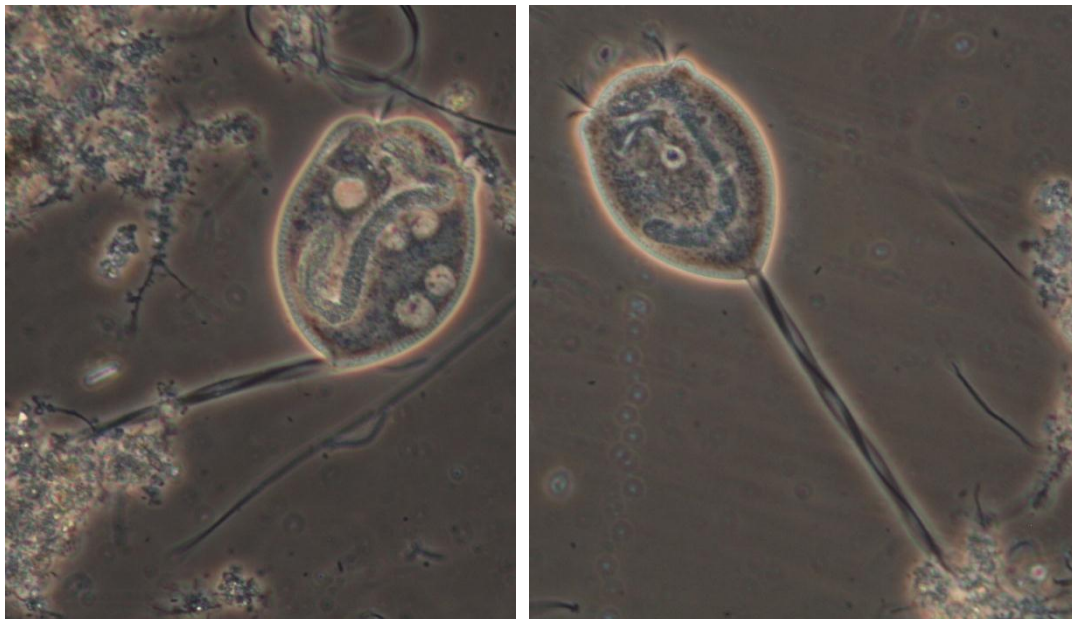
Mobilitat: com que és un organisme sèssil, no disposa de mobilitat.

Característiques estructurals: té un vacúol contràctil i d'altres de més petits que s'encarreguen de l'alimentació. És característic d'aquesta espècie el macronucli en forma de J. A més, a vegades pot formar pseudocolònies, es a dir, falses colònies.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: si apareix de forma abundant, es relaciona amb bones condicions d'aeració i amb un funcionament estable del reactor. En canvi, si es troba en baixa quantitat, s'associa a condicions poc estables o de transició. Igualment, és un indicador de falta de nitrificació en el reactor biològic.

Alimentació: la seva nutrició és generalment bacteriana.



Ciliat sèssil. *Vorticella convallaria*. CF (400x). EDAR de Castell d'Aro (9 i 21-7-2014).





7.2.2.22. Vorticella infusioformis

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: la seva morfologia recorda a la d'una pera.

Dimensions: l'amplària comprèn valors d'entre 18 i 30 μm , i entre 35 i 60 si es parla de la seva llargària. El llarg peduncle pot arribar a mesurar fins a 500 μm de longitud.

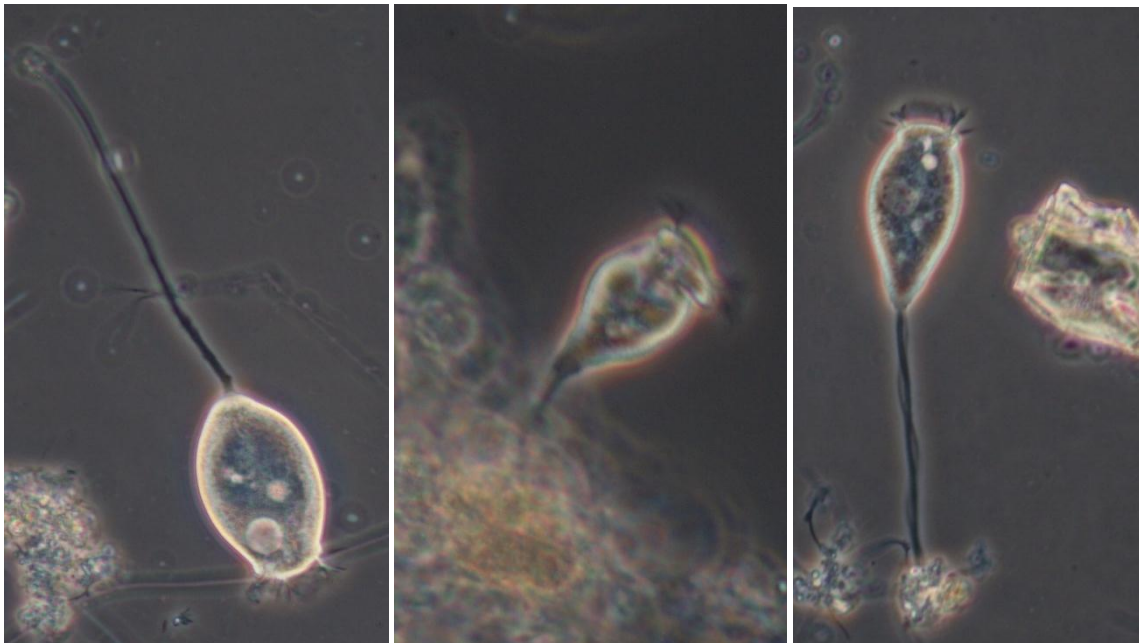
Mobilitat: no en té, degut al fet que es tracta d'un organisme sèssil.

Característiques estructurals: té un macronucli en forma de ferradura, situat de forma transversal al cos, amb un vacúol contràctil localitzat just a sota del peristoma, és a dir, de l'obertura bucal envoltada de cilis. A l'interior del peduncle hi ha el mionema, que és contràctil.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: s'associa a sobrecàrregues orgàniques i deficiències en l'oxigenació del reactor.

Alimentació: es nodreix de bacteris que es mouen lliures pel medi.



Ciliat sèssil. *Vorticella infusioformis*. CF (400x). EDAR de Palamós (4-7-14).





7.2.2.23. Larves telotroques

En condicions desfavorables, els zooides dels ciliats sèssils formen una banda de cilis que envolta la meitat posterior del cos, s'alliberen del peduncle i es desplacen en busca de millors condicions ambientals. Els telotrocs són, doncs, les formes lliures dels ciliats pedunculats.



Larves telotroques de ciliats pedunculats. CF (400x). EDAR de Castell d'Aro (24-7-14).





7.2.3. FLAGEL·LATS

7.2.3.1. Astasia sp.

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: el seu cos és allargat i fusiforme, encara que segons com es desplaça, pugui arribar a deformar-se, adquirint una forma diferent a l'esmentada.

Dimensions: les cèl·lules són cilíndriques, amb els extrems afilats i d'unes dimensions de 26 µm de longitud i 13 µm d'amplada.

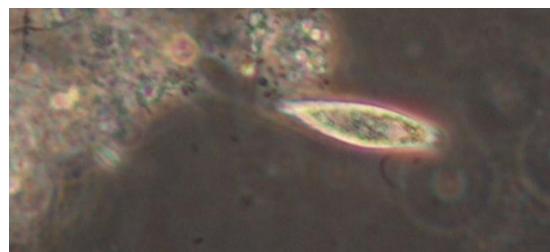
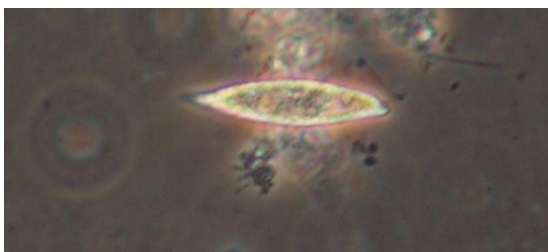
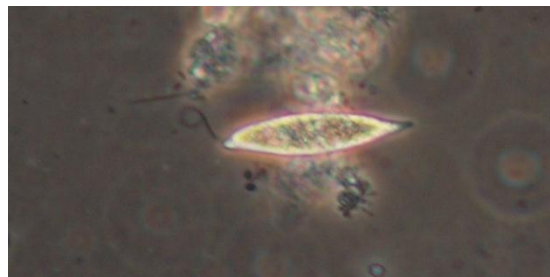
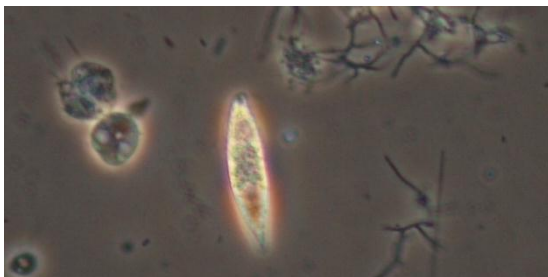
Mobilitat: aconseguix mantenir-se gairebé tota l'estona en moviment gràcies a un flagel·lel frontal que va endavant i endarrere, generant un moviment de rotació en espiral i a gran velocitat, que permet a aquesta espècie seguir una trajectòria rectilínia.

Característiques estructurals: el flagel·lel té l'origen en un canal intern situat en l'extrem anterior del cos. Malgrat tenir vacúols en el seu interior, no conté cloroplasts; per això és incolor.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: sol trobar-se en aigües amb elevada càrrega orgànica.

Alimentació: bàsicament, es nodreix de la matèria orgànica dispersa del fang, tot i que també pot ser carnívor. S'alimenta per absorció, ja que no té el citostoma massa desenvolupat.



Flagel·lat. *Astasia sp.* CF (400x). Foto superior esquerra: EDAR de Castell d'Aro (21-7-14).

Fotos superior dreta i inferiors: EDAR de Palamós (10-7-14).





7.2.3.2. Bodo saltans

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: tendeix a ser ovalat o arronyonat.

Dimensions: les seves dimensions són variables, doncs es poden observar mides compreses entre els 5 i els 20 µm de longitud, tot i que en general la majoria són diminuts.

Mobilitat: és variable i pot moure's per desplaçament o mitjançant moviments espasmòdics degut a la contracció d'un dels flagels que es troba adherit al flòcul.

Característiques estructurals: disposa de dos flagels: d'una banda, un de llarg com el cos, dirigit cap endavant, i un altre tres vegades més llarg que el cos que s'uneix al flòcul i origina corrents d'aigua per facilitar, així, la seva alimentació.

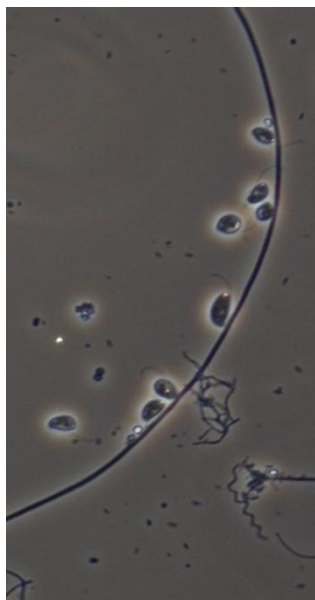
CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: apareix en les fases inicials de colonització del fang actiu. També pot significar un empitjorament de l'estat de depuració del sistema. Igualment, s'associa amb deficiències d'oxigen, canvis bruscs en les condicions físico-químiques de l'aigua residual o bé amb entrada de tòxics.

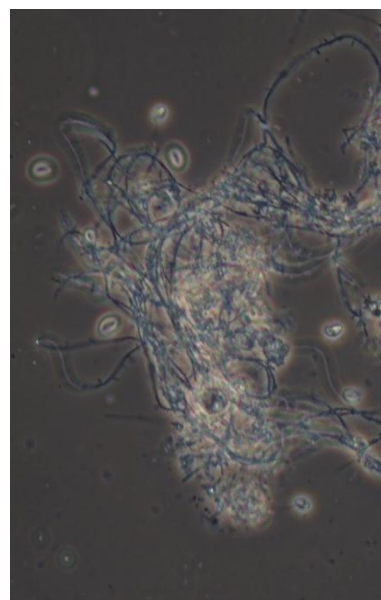
Alimentació: a part de ser bacterívor, també és heteròtrof estricte, ja que no té cloroplasts o estructures per dur a terme la fotosíntesi.



Petit flagel·lat. *Bodo saltans*. CF (400x). EDAR de Castell d'Aro (24-7-14).



Petit flagel·lat. *Bodo saltans*. CF (400x). Ambdues: EDAR de Palamós (24-7-14).





7.2.3.3. Entosiphon sp.

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: es tracta de cèl·lules rígides i lleugerament ovalades.

Dimensions: mesura entre 20 i 25 µm.

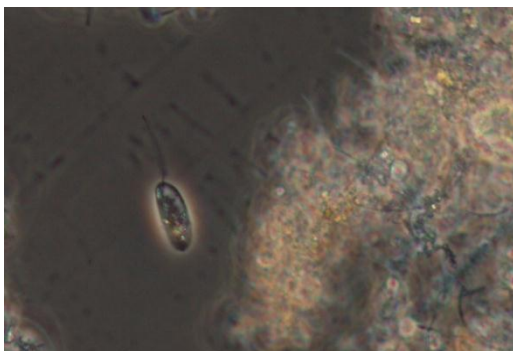
Mobilitat: el seu desplaçament és suau i constant; no fa aturades sobtades ni accelera de manera descontrolada.

Característiques estructurals: presenta dos flagels de longitud similar, un dels quals es dirigeix cap endavant i l'altre, cap al darrere. A més, són visibles les costelles longitudinals.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: es relaciona amb condicions de baixa càrrega orgànica en el reactor.

Alimentació: és heteròtrof i fagòtrof. Ingereix bacteris i preses més grans.



Flagel·lat. *Entosiphon sp.* CF (400x). Foto superior esquerra: EDAR de Lloret de Mar (4-7-14). Fotos superior i inferior dreta: EDAR de Torroella de Montgrí (3-7-14). Foto inferior esquerra: EDAR de Torroella de Montgrí (8-7-14).





7.2.3.4. Euglena sp.

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: cèl·lules fusiformes i flexibles, arrodonides a la part anterior i generalment acabades en punxa a la zona posterior.

Dimensions: les seves mides varien entre els 25 i 200 µm.

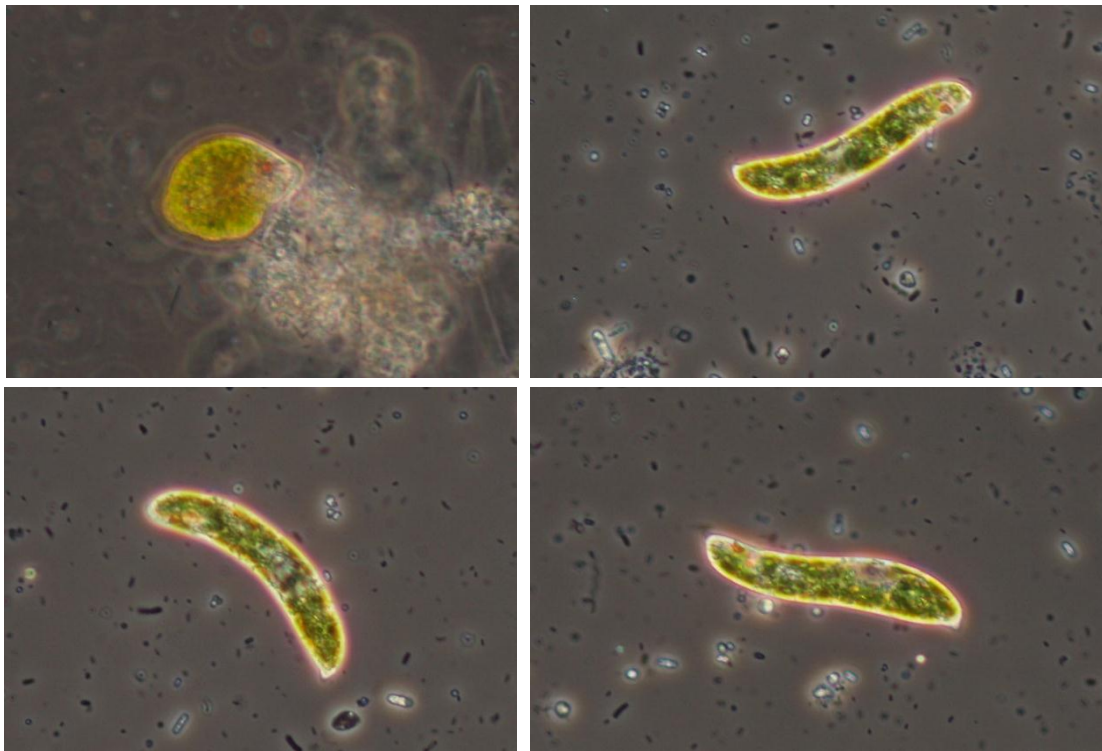
Mobilitat: els seus moviments són variats, doncs poden lliscar o bé desplaçar-se de manera molt activa.

Característiques més destacades: la seva estructura corporal, de forma espiral i de color groguenc, conté un flagel més o menys llarg.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: es relaciona amb la baixa concentració de sòlids en suspensió dels fangs del reactor biològic, alhora que ho fa també amb el contingut de substàncies orgàniques molt diluïdes a l'aigua residual d'entrada.

Alimentació: és un organisme autòtrof, ja que presenta cloroplasts, malgrat no ser estricte, doncs necessita certs components del medi per sobreviure, les vitamines. Pot comportar-se com a heteròtrof en absència de llum o en condicions limitades. També és osmòtrof.



Flagel·lat. *Euglena sp.* CF (400x). EDAR de Castell d'Aro (7-8-14).





7.2.3.5. Peranema trichophorum

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: el seu cos és allargat i fàcilment deformable.

Dimensions: el seu tamany oscil·la entre 40 i 70 µm.

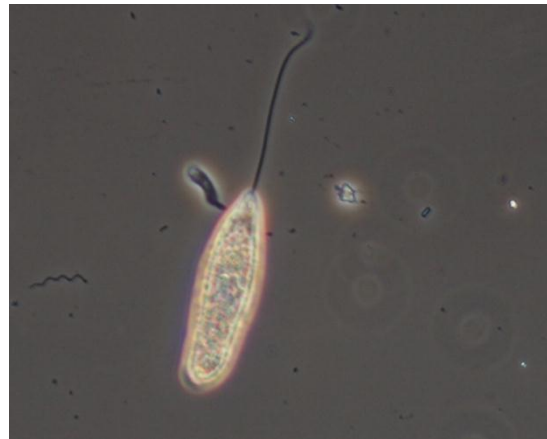
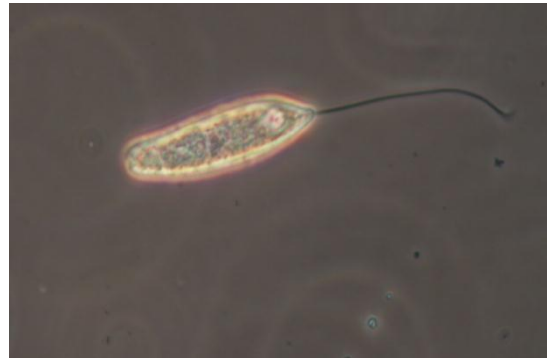
Mobilitat: l'encarregat del desplaçament és un flagel que, excepte el seu extrem distal que serpenteja, es manté rígid tot adaptant-se al sentit del moviment.

Característiques estructurals: el seu cos es va plegant de tant en tant per tal d'impulsar-se amb major facilitat.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: s'associa a reactors amb dèbil càrrega orgànica. No obstant, és compatible amb els bons rendiments de depuració.

Alimentació: és estrictament heteròtrof, doncs tan sols s'alimenta de bacteris i preses més grans.



Flagel·lat. *Peranema trichophorum*. CF (400x). Fotos superior i inferior esquerra: EDAR de Torroella de Montgrí (8-7-14). Fotos superior i inferior dreta: EDAR de Palamós (4-7-14).





7.2.3.6. Trepomonas sp.

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: el seu cos és ovalat i lateralment comprimit amb dos solcs laterals a la part posterior.

Dimensions: són diminuts, ja que tan sols mesuren entre 5 i 30 μm de longitud.

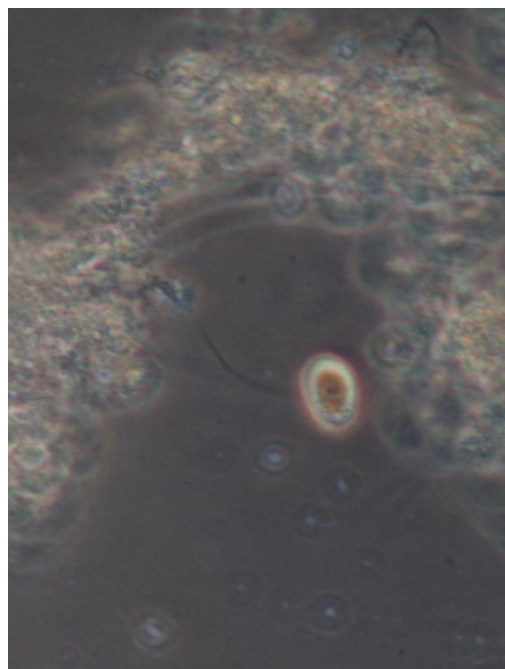
Mobilitat: es desplacen molt ràpidament rotant sobre si mateixos alhora que descriuen una trajectòria oscil·lant.

Característiques estructurals: de cada un dels solcs, emergeixen 4 flagels que s'estenen lateralment; un de llarg i clarament visible, i tres de més curts de difícil observació. No solen localitzar-se en grups, acostumen a ser solitaris.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: s'associen a elevades càrregues massives i a un dèficit important d'oxigen.

Alimentació: la seva nutrició bàsica són els bacteris, els quals són ingerits per la part inferior del citostoma. A més a més, també s'alimenten de la matèria orgànica particulada que està lliure pel medi.



Flagel·lat. *Trepomonas sp.* CF (400x). EDAR de Castell d'Aro (14-8-14).





7.3. METAZOUS

Les fitxes dels 4 tipus de metazous que he observat durant el període de realització del meu estudi apareixen també per ordre alfabètic.

De cada un, hi apareixen especificades les característiques funcionals, (forma corporal, dimensions, mobilitat i característiques estructurals). A continuació, es descriuen les característiques ecològiques, com són els paràmetres bioindicadors i la seva alimentació.

- *Aelosoma variegatum*
- Àcar
- *Nematodes*
- *Rotaria sp.*





7.3.1. Aelosoma variegatum

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: la seva forma és similar a un cuc (de fet, pertany al tipus Anèl·lids), però amb la diferència que un dels dos extrems arrodonits és més gruixut que la resta del cos i de forma semiesfèrica.

Dimensions: es tracta d'un organisme de grans dimensions, tant en gruix com en llargada, doncs oscil·la entre els 1,5 i els 4 mm.

Mobilitat: la seva capacitat mòbil és molt elevada; sol estar molt actiu i es retorça pel flòcul.

Característiques estructurals: conté vacúols de tons vermellosos al seu interior i al llarg del dors té agrupacions de 3 o 4 cilis d'un cert gruix -les quetes-, tret anatómic comú a tots els Anèl·lids.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: la seva presència es relaciona amb elevades edats del fang i amb el bon rendiment del procés depuratiu.

Alimentació: es nodreixen de bacteris, algues o detritus.



***Aelosoma variegatum*. Fotos extretes del llibre “Manual práctico para el estudio de grupos bioindicadores en fangos activos”, editat per GBS (2008).**





7.3.2. Àcar

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: es tracta d'un sac uniforme del qual sobresurten els quelícers, l'aparell bucal, i quatre parells de potes articulades.

Dimensions: el seu tamany oscil·la entre els 1,5 i 2 mm.

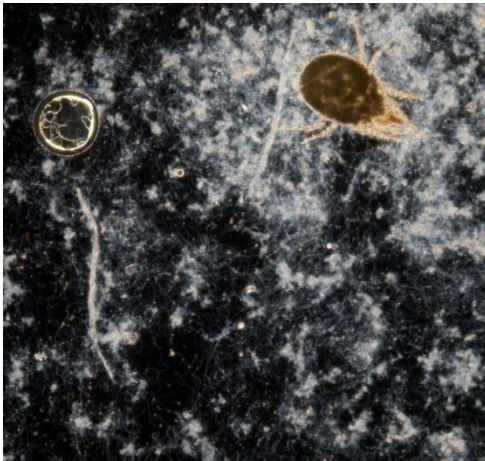
Mobilitat: es desplaça lentament per sobre la preparació o el fang.

Característiques estructurals: el seu esquelet extern és tou. Al gnatosoma es troba l'orifici bucal i els seus apèndix, mentre que al propodosoma es poden observar el primer i el segon parell de potes. L'histerosoma està format pel metapodosoma que conté el tercer i quart parell de potes i l'opistosoma que és la regió final després del quart parell de potes. El cos sencer de l'àcar, sense incloure les potes ni el gnatosoma es coneix amb el nom d'idiosoma. És un metazou que pertany al Tipus Artròpodes, com els insectes, les aranyes, els centpeus i els crustacis.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: rarament se sol observar, i com que no forma part de la fauna típica de les depuradores, no té cap mena d'efecte sobre el procés de depuració.

Alimentació: es nodreix de detritus.



Àcar. CF (40x). EDAR de Torroella de Montgrí (6-8-14).



Àcar. CF (200x). EDAR de Torroella de Montgrí (6-8-14).





7.3.3. Nematodes

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: com a cucs que són, tenen forma allargassada, normalment prima i cilíndrica, amb els extrems, especialment el posterior, punxeguts.

Dimensions: la seva longitud oscil·la entre els 0,5 i 2 µm.

Mobilitat: el seu desplaçament enmig del flòcul el realitza per lliscament mentre es va retorçant sobre si mateix.

Característiques estructurals: és un organisme bastant complex doncs, com tots els metazous, està compost per diversos teixits.

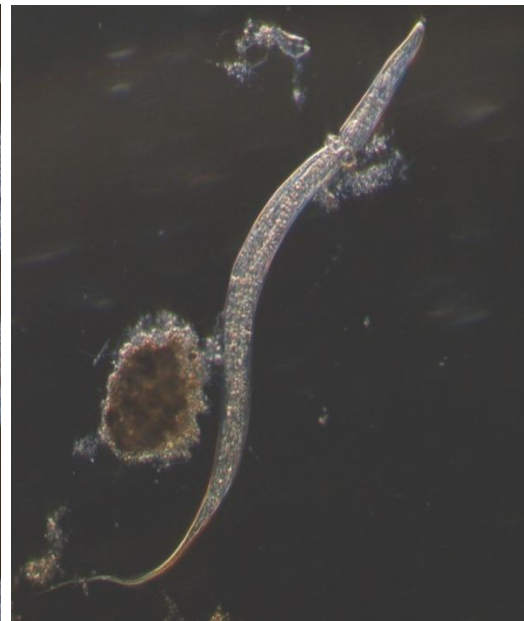
CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: la seva presència ens indica que el fang és antic, és a dir, que porta entre 10 i 40 dies sense ser renovat.

Alimentació: és un predador dels protozous.



Nematode. CF (200x). EDAR de Torrella de Montgrí (3-7-14).



Nematode. CF (200x). EDAR de Torrella de Montgrí (12-8-14).





7.3.4. Rotaria sp.

CARACTERÍSTIQUES FUNCIONALS

Forma corporal: la seva morfologia és allargada i d'un to marronós, cobert de restes orgàniques anomenades detritus.

Dimensions: amida aproximadament entre 250 i 1.000 µm.

Mobilitat: es mou estirant-se i arronsant-se de tant en tant per tal de poder captar l'aliment que està dispers pel medi, mitjançant el parell d'òrgans rotatoris cefàlics, tal com fan totes les espècies del Tipus Rotífers.

Característiques estructurals: presenta un peu amb 5 o 6 anells, la seva estructura bucal té forma allargada; es poden apreciar un parell de taques oculars a la zona dorsal i 3 dits al peu que es localitzen a l'extrem posterior del cos.

CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES

Paràmetres bioindicadors: s'associa a elevades edats del fang.

Alimentació: els detritus constitueixen la base de la seva alimentació, és a dir, els residus sòlids provinents de la descomposició de matèria orgànica vegetal o animal.



Rotífer. *Rotaria sp.* CF (200x). EDAR de Torrella de Montgrí (8-7-14).



Rotífer. *Rotaria sp.* CF (200x). EDAR de Torrella de Montgrí (15-7-14).





8. INTERPRETACIÓ DELS RESULTATS

Després d'haver fet les observacions de les 27 mostres i anotat quins i quants microorganismes hi apareixien, ja disposava de les dades necessàries per a elaborar tot un seguit de taules qualitatives, quantitatives i gràfiques. Serveixen per comparar l'abundància de les 60 espècies i determinar les característiques de l'aigua de diferents estacions depuradores de la Costa Brava.

8.1. TAULES QUALITATIVES

BACTERIS

Observant la taula qualitativa de bacteris filamentosos, es pot veure com *Bacillus sp.* i *Flexibacter sp.* són espècies que només s'han localitzat a la EDAR de Castell d'Aro.

D'altra banda, també es constata que tant *T021N*, com *Spirillum sp.*, *Spirochaeta sp.* i *T0914* s'han vist a totes les plantes depuradores estudiades.

	EDAR BLANES	EDAR CASTELL D'ARO	EDAR LLORET DE MAR	EDAR PALAMÓS	EDAR TORROELLA DE MONTGRÍ
<i>Bacillus sp.</i>					
<i>Beggiatoa sp.</i>					
<i>Cyanophyceae</i>					
<i>Flexibacter sp.</i>					
<i>Haliscomenobacter hydrossis</i>					
<i>Microthrix parvicella</i>					
<i>Nocardia sp.</i>					
<i>Nostocoida limicola I</i>					
<i>Nostocoida limicola II</i>					
<i>Spirillum sp.</i>					
<i>Spirochaeta sp.</i>					
<i>Streptococcus sp.</i>					
<i>Thiothrix I</i>					
<i>Thiothrix II</i>					
<i>Tipus 021N</i>					
<i>Tipus 0041</i>					
<i>Tipus 0092</i>					
<i>Tipus 0581</i>					
<i>Tipus 0675</i>					
<i>Tipus 0914</i>					
<i>Tipus 0961</i>					
<i>Tipus 1851</i>					
<i>Tipus 1863</i>					





PROTOZOUS

Si mirem la taula de protozous, comprovarem com *Treponomas sp.*, *Euglena sp.*, *Tokophrya lemnae* i les larves telotroques han estat localitzades tan sols a l'EDAR de Castell d'Aro.

Cal destacar que *Centropyxis sp.* s'ha detectat només a l'EDAR de Palamós. Igualment, *Dexiotricha granulosa* ha aparegut solament a l'EDAR de Lloret de Mar.

Finalment, les espècies *Euglypha sp.*, *Cinetochillum margaritaceum*, *Cyclidium sp.*, *Spirostomum teres*, *Vaginicola sp.* i *Periacineta sp.*, han estat vistes exclusivament a l'EDAR de Torroella de Montgrí.

Per contra, *Opercularia sp.* s'ha localitzat a les cinc EDAR estudiades.

	EDAR BLANES	EDAR CASTELL D'ARO	EDAR LLORET DE MAR	EDAR PALAMÓS	EDAR TORROELLA DE MONTGRÍ
<i>Astasia sp.</i>					
<i>Bodo saltans</i>					
<i>Entosiphon sp.</i>					
<i>Euglena sp.</i>					
<i>Peranema trichophorum</i>					
<i>Treponomas sp.</i>					
Gimnamebes < 20 µm					
Gimnamebes > 20 µm					
<i>Arcella sp.</i>					
<i>Centropyxis sp.</i>					
<i>Euglypha sp.</i>					
<i>Acineta uncinata</i>					
<i>Aspidisca cicada</i>					
<i>Acineta sp.</i>					
<i>Cinetochillum margaritaceum</i>					
<i>Colpidium sp.</i>					
<i>Cyclidium sp.</i>					
<i>Dexiotricha granulosa</i>					
<i>Drepanomonas revoluta</i>					
<i>Epistylis sp.</i>					
<i>Holophrya sp.</i>					
<i>Litonotus lamella</i>					
<i>Opercularia sp.</i>					
<i>Paramecium aurelia</i>					
<i>Periacineta sp.</i>					
<i>Podophrya sp.</i>					
<i>Spirostomum teres</i>					
<i>Tokophrya infusionum</i>					
<i>Tokophrya lemnae</i>					
<i>Uronema nigricans</i>					
<i>Vaginicola sp.</i>					
<i>Vorticella convallaria</i>					
<i>Vorticella infusionum</i>					
Larves telotroques					





METAZOUS

Aelosoma variegatum i l'àcar s'han vist només a l'EDAR de Torroella de Montgrí.

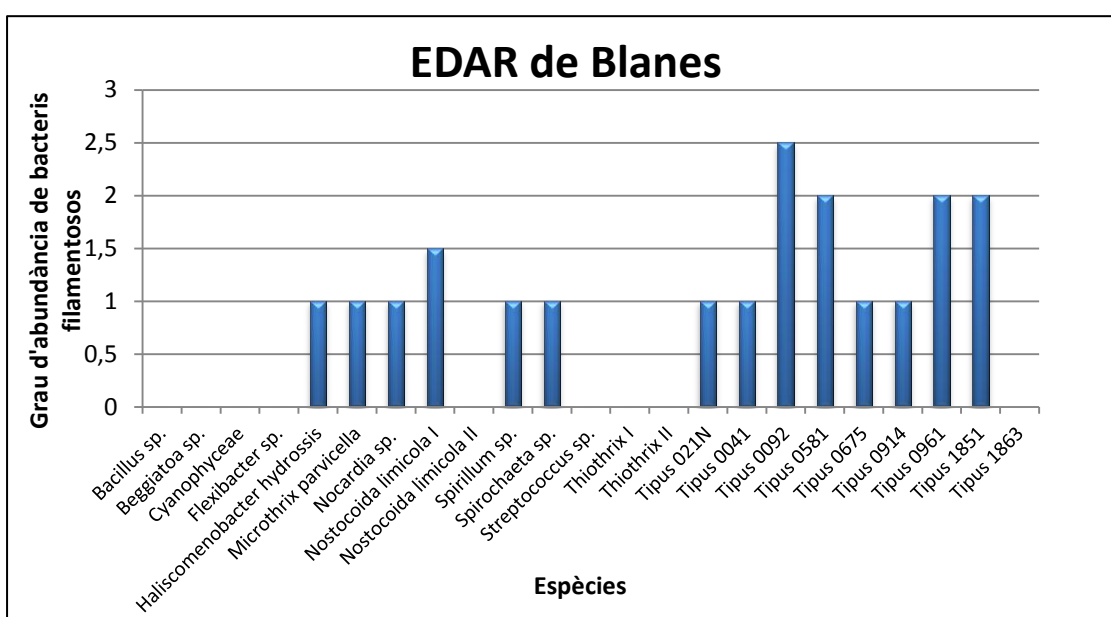
	EDAR BLANES	EDAR CASTELL D'ARO	EDAR LLORET DE MAR	EDAR PALAMÓS	EDAR TORROELLA DE MONTGRÍ
<i>Aelosoma variegatum</i>					
<i>Nematodes</i>					
<i>Rotaria sp.</i>					
Àcar					

8.2. TAULES I GRÀFIQUES QUANTITATIVES

BACTERIS

Quant a l'abundància, a l'EDAR de Blanes s'ha observat que hi destaca T0092 amb un grau d'abundància de 2,5 de l'escala Jenkins, seguit pels bacteris T0581, T0961 i T1851 amb grau 2 cada un. A més, veiem com *Nostocoida limicola I* es troba en un 1,5 i que *Haliscomenobacter hydrossis*, *Microthrix parvicella*, *Nocardia sp.*, *Spirillum sp.*, *Spirochaeta sp.*, T021N, T0041, T0675 i T0914 apareixen amb una abundància de 1.

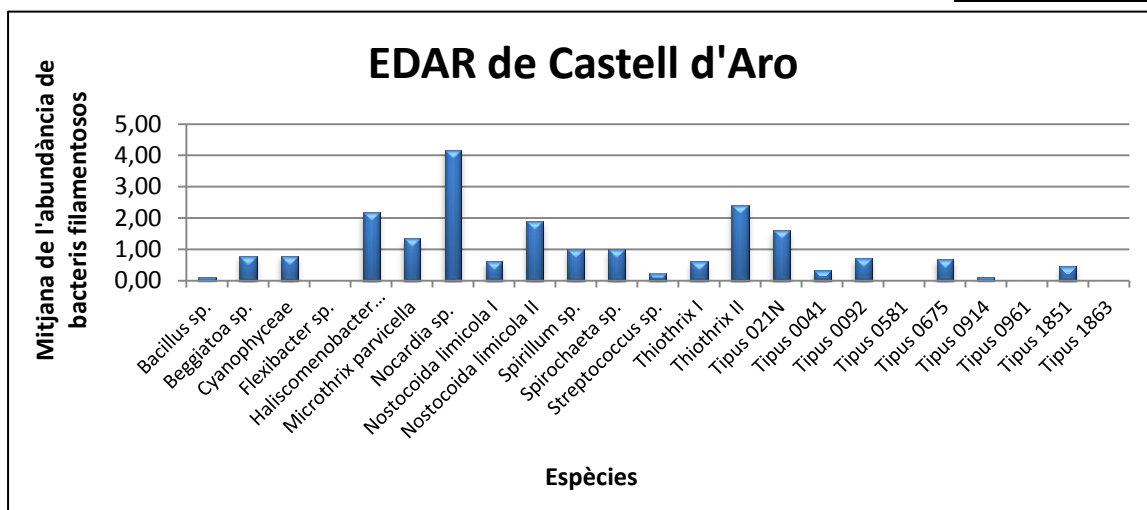
17/07/14																								
0	0	0	0	1	1	1	1,5	0	1	1	0	0	0	1	1	2,5	2	1	1	2	2	0	19	
<i>Bacillus sp.</i>																								
<i>Beggiatoa sp.</i>																								
Cyanophyceae																								
<i>Flexibacter sp.</i>																								
<i>Haliscomenobacter hydrossis</i>																								
<i>Microthrix parvicella</i>																								
<i>Nocardia sp.</i>																								
<i>Nostocoida limicola I</i>																								
<i>Nostocoida limicola II</i>																								
<i>Spirillum sp.</i>																								
<i>Spirochaeta sp.</i>																								
<i>Streptococcus sp.</i>																								
<i>Thiothrix I</i>																								
<i>Thiothrix II</i>																								
Tipus 021N																								
Tipus 0041																								
Tipus 0092																								
Tipus 0581																								
Tipus 0675																								
Tipus 0914																								
Tipus 0961																								
Tipus 1851																								
Tipus 1863																								
TOTAL																								





A l'EDAR de Castell d'Aro hi predomina *Nocardia sp.* amb un 4,17, seguit de *Thiothrix II* amb un 2,39. Per darrere, veiem *Haliscomenobacter hydrossis* (2,17), *Nostocoida limicola II* (1,89), T021N (1,61) i *Microthrix parvicella* (1,33). Finalment s'observa com *Spirillum sp.* i *Spirochaeta sp.* es troben amb un grau 1 d'abundància.

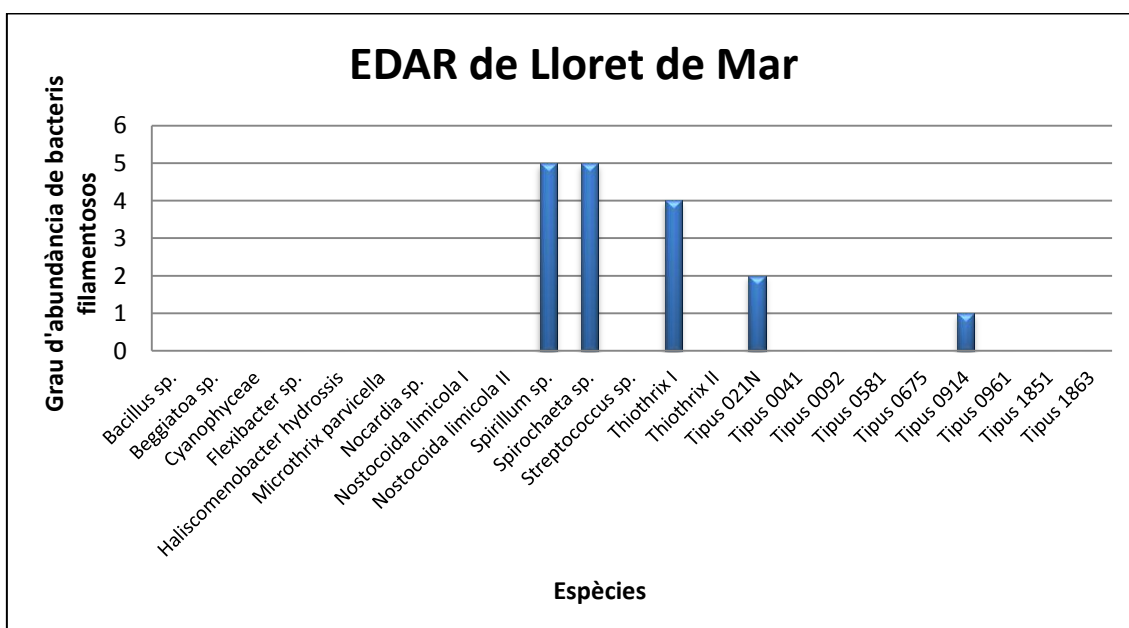
	11/07/14	15/07/14	22/07/14	24/07/14	29/07/14	31/07/14	07/08/14	14/08/14	21/08/14	\bar{X}
<i>Bacillus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,11
<i>Beggiatoa sp.</i>	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0,78
<i>Cyanophyceae</i>	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0,78
<i>Flexibacter sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<i>Haliscomenobacter hydrossis</i>	2,5	1	2	2	2,5	2	2,5	2,5	2,5	2,17
<i>Microthrix parvicella</i>	1	1,5	1,5	1,5	1	2	0	1,5	2	1,33
<i>Nocardia sp.</i>	4,5	3,5	3,5	3,5	5,5	4	3,5	4,5	5	4,17
<i>Nostocoida limicola I</i>	0	0	3	0	2,5	0	0	0	0	0,61
<i>Nostocoida limicola II</i>	2,5	2,5	0	2,5	0	3	2,5	1,5	2,5	1,89
<i>Spirillum sp.</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00
<i>Spirochaeta sp.</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00
<i>Streptococcus sp.</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,22
<i>Thiothrix I</i>	1	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0,61
<i>Thiothrix II</i>	0	0	3,5	3	3	2	3	3	4	2,39
Tipus 021N	3,5	2	1,5	1	1	1,5	1,5	1	1,5	1,61
Tipus 0041	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0,33
Tipus 0092	1	1	0	1	0	1	0	1,5	1	0,72
Tipus 0581	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Tipus 0675	1	1	1,5	1,5	1	0	0	0	0	0,67
Tipus 0914	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,11
Tipus 0961	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Tipus 1851	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0,44
Tipus 1863	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
TOTAL										20,94





A l'EDAR de Lloret de Mar hi destaquen per igual, *Spirillum sp.* i *Spirochaeta sp.*, ambdues espècies amb un grau 5 d'abundància, seguides per *Thiothrix I* (4), *T021N* (2) i *T0914* (1).

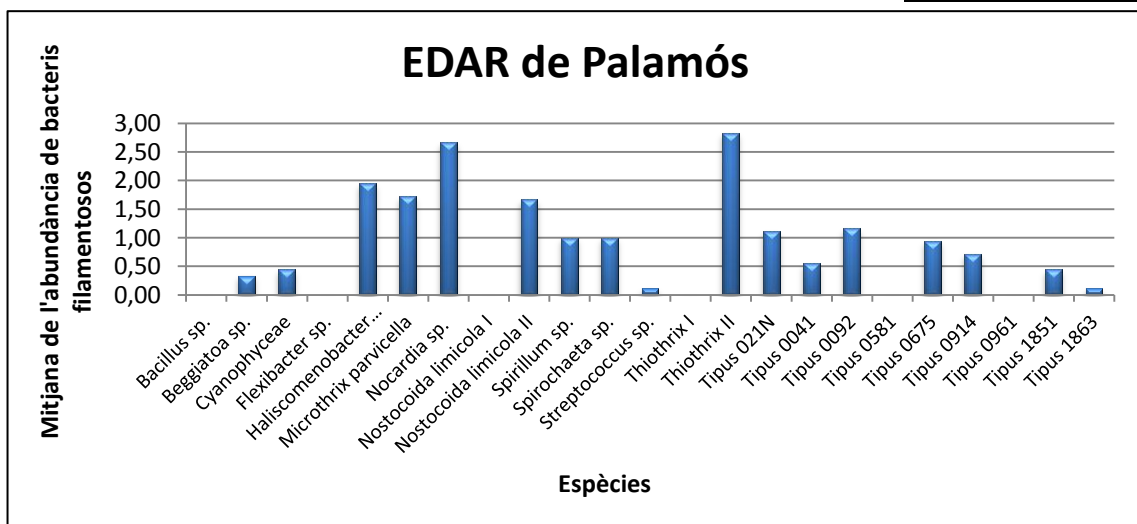
	04/07/14
<i>Bacillus sp.</i>	0
<i>Beggiatoa sp.</i>	0
<i>Cyanophyceae</i>	0
<i>Flexibacter sp.</i>	0
<i>Haliscomenobacter hydrossis</i>	0
<i>Microthrix parvicella</i>	0
<i>Nocardia sp.</i>	0
<i>Nostocoida limicola I</i>	0
<i>Nostocoida limicola II</i>	0
<i>Spirillum sp.</i>	5
<i>Spirochaeta sp.</i>	5
<i>Streptococcus sp.</i>	0
<i>Thiothrix I</i>	4
<i>Thiothrix II</i>	0
<i>Tipus 021N</i>	2
<i>Tipus 0041</i>	0
<i>Tipus 0092</i>	0
<i>Tipus 0581</i>	0
<i>Tipus 0675</i>	0
<i>Tipus 0914</i>	1
<i>Tipus 0961</i>	0
<i>Tipus 1851</i>	0
<i>Tipus 1863</i>	0
TOTAL	17





A l'EDAR de Palamós, amb un grau 2,83 d'abundància, s'hi troba *Thiothrix II*. A continuació, amb un percentatge inferior, hi ha *Nocardia sp.* (2,67). Segueixen *Haliscomenobacter hydrossis* (1,94), *Microthrix parvicella* (1,72), *Nostocoida limicola II* (1,67), *T0092* (1,17), *T021N* (1,11) i, finalment, *Spirochaeta sp.* i *Spirillum sp.* (1).

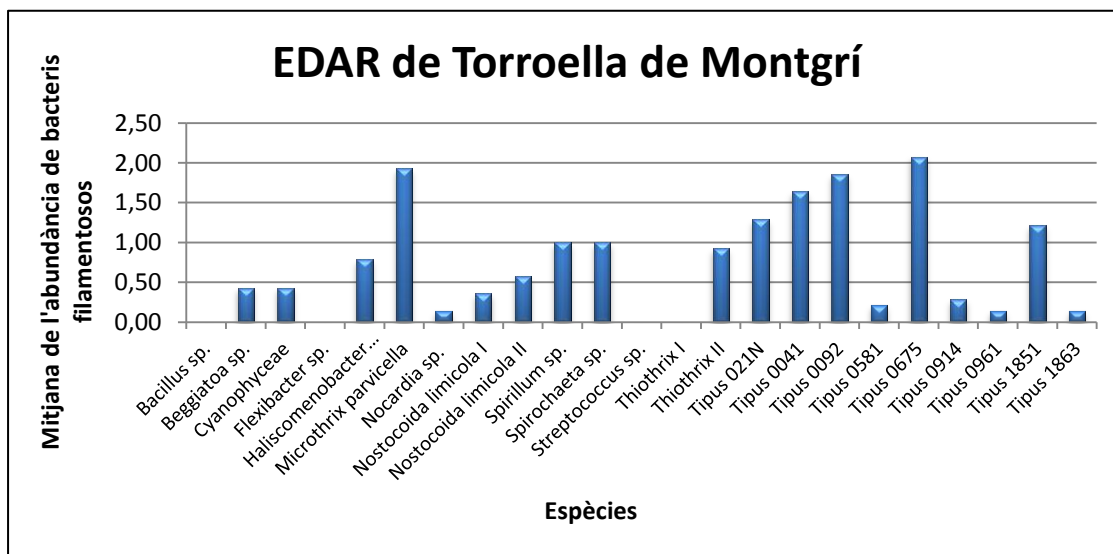
	04/07/14	10/07/14	18/07/14	22/07/14	24/07/14	29/07/14	31/07/14	07/08/14	20/08/14	\bar{X}
<i>Bacillus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<i>Beggiatoa sp.</i>	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0,33
<i>Cyanophyceae</i>	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0,44
<i>Flexibacter sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<i>Haliscomenobacter hydrossis</i>	2	2	2	2	2	1,5	2	2	2	1,94
<i>Microthrix parvicella</i>	2,5	1,5	1,5	1,5	2	1,5	1,5	2,5	1	1,72
<i>Nocardia sp.</i>	1	3,5	2,5	1,5	2,5	3	2	5	3	2,67
<i>Nostocoida limicola I</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<i>Nostocoida limicola II</i>	1	2	2	1	2	1,5	1,5	1,5	2,5	1,67
<i>Spirillum sp.</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00
<i>Spirochaeta sp.</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00
<i>Streptococcus sp.</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,11
<i>Thiothrix I</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<i>Thiothrix II</i>	0	0	3,5	2	3,5	4	4,5	4	4	2,83
<i>Tipus 021N</i>	3	3,5	1	0	0	1	0	1,5	0	1,11
<i>Tipus 0041</i>	0	1,5	0	0	1	0	0	1	1,5	0,56
<i>Tipus 0092</i>	0	1	1,5	1,5	0	2	2	1,5	1	1,17
<i>Tipus 0581</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<i>Tipus 0675</i>	0	1,5	1,5	1,5	1,5	0	1	0	1,5	0,94
<i>Tipus 0914</i>	0	0	1	0	1,5	1	1	1	1	0,72
<i>Tipus 0961</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<i>Tipus 1851</i>	0	0	1	1,5	0	0	0	0	1,5	0,44
<i>Tipus 1863</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,11
TOTAL										18,78





A l'EDAR de Torroella de Montgrí, trobem en primer lloc *T0675* amb un 2,07, seguit de *Microthrix parvicella* (1,93), *T0092* (1,86), *T0041* (1,64), *T021N* (1,29), *T1851* (1,21), i, per acabar, *Spirillum sp.* i *Spirochaeta sp.* (1).

	03/07/14	08/07/14	15/07/14	21/07/14	29/07/14	06/08/14	12/08/14	\bar{X}
<i>Bacillus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<i>Beggiatoa sp.</i>	1	0	0	1	0	1	0	0,43
Cyanophyceae	0	0	1	0	0	1	1	0,43
<i>Flexibacter sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<i>Haliscomenobacter hydrossis</i>	0	0	1	1	1	1,5	1	0,79
<i>Microthrix parvicella</i>	2	2,5	3,5	1,5	1,5	1,5	1	1,93
<i>Nocardia sp.</i>	0	0	1	0	0	0	0	0,14
<i>Nostocoida limicola I</i>	0	0	1,5	0	1	0	0	0,36
<i>Nostocoida limicola II</i>	0	0	0	1,5	0	1,5	1	0,57
<i>Spirillum sp.</i>	1	1	1	1	1	1	1	1,00
<i>Spirochaeta sp.</i>	1	1	1	1	1	1	1	1,00
<i>Streptococcus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<i>Thiothrix I</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<i>Thiothrix II</i>	0	0	0	0	2,5	2	2	0,93
<i>Tipus 021N</i>	1	1,5	2	1	1	1,5	1	1,29
<i>Tipus 0041</i>	1,5	1	1,5	1,5	1	2,5	2,5	1,64
<i>Tipus 0092</i>	0	0	3	2,5	2,5	2,5	2,5	1,86
<i>Tipus 0581</i>	0	0	0	1,5	0	0	0	0,21
<i>Tipus 0675</i>	1,5	1,5	2	2	3	2,5	2	2,07
<i>Tipus 0914</i>	0	0	1	0	1	0	0	0,29
<i>Tipus 0961</i>	0	0	0	1	0	0	0	0,14
<i>Tipus 1851</i>	0	0	1,5	2	1	2	2	1,21
<i>Tipus 1863</i>	0	0	0	1	0	0	0	0,14
							TOTAL	16,43

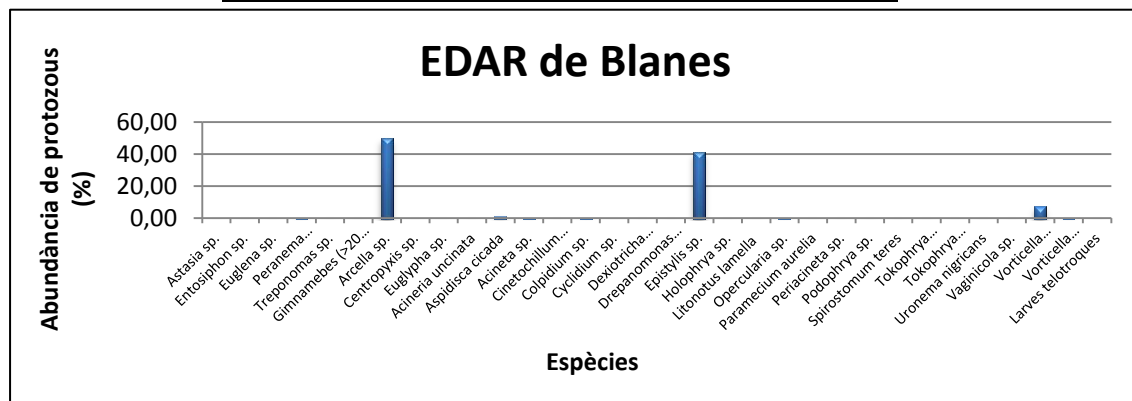




PROTOZOUS

Podem observar com a l'EDAR de Blanes, *Arcella sp.* apareix amb un percentatge bastant elevat, del 49,55%, a més d'un altre organisme que s'hi troba en un 40,94%, com és el cas d'*Epistylis sp.*. Finalment, *Vorticella convallaria* hi apareix amb un 7,94%.

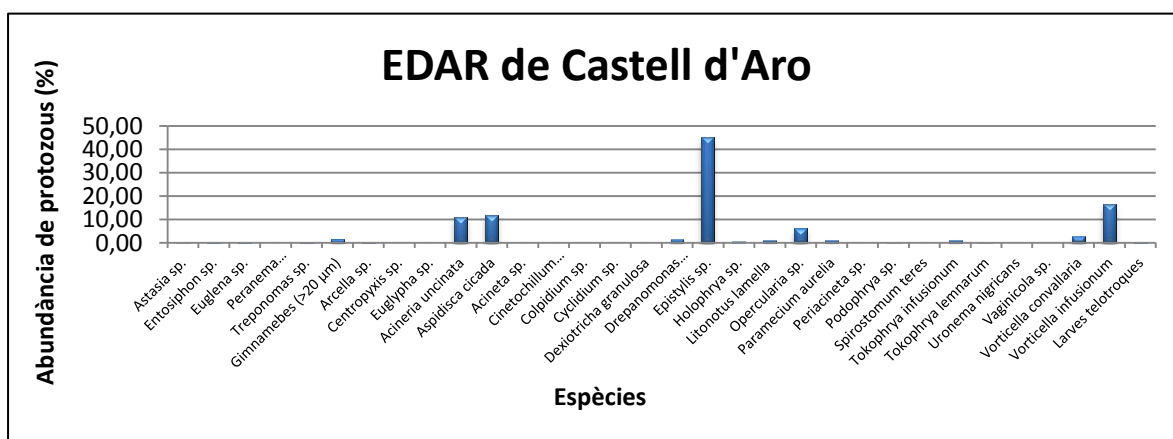
	17/07/14	%
<i>Astasia sp.</i>	0	0,00
<i>Entosiphon sp.</i>	0	0,00
<i>Euglena sp.</i>	0	0,00
<i>Peranema trichophorum</i>	20	0,15
<i>Treponomas sp.</i>	0	0,00
Gimnamebes (>20 µm)	0	0,00
<i>Arcella sp.</i>	6560	49,55
<i>Centropyxis sp.</i>	0	0,00
<i>Euglypha sp.</i>	0	0,00
<i>Acineria uncinata</i>	0	0,00
<i>Aspidisca cicada</i>	180	1,36
<i>Acineta sp.</i>	20	0,15
<i>Cinetochillum margaritaceum</i>	0	0,00
<i>Colpidium sp.</i>	20	0,15
<i>Cyclidium sp.</i>	0	0,00
<i>Dexiotricha granulosa</i>	0	0,00
<i>Drepanomonas revoluta</i>	0	0,00
<i>Epistylis sp.</i>	5420	40,94
<i>Holophrya sp.</i>	0	0,00
<i>Litonotus lamella</i>	0	0,00
<i>Opercularia sp.</i>	20	0,15
<i>Paramecium aurelia</i>	0	0,00
<i>Periacineta sp.</i>	0	0,00
<i>Podophrya sp.</i>	0	0,00
<i>Spirostomum teres</i>	0	0,00
<i>Tokophrya infusionum</i>	0	0,00
<i>Tokophrya lemnae</i>	0	0,00
<i>Uronema nigricans</i>	0	0,00
<i>Vaginicola sp.</i>	0	0,00
<i>Vorticella convallaria</i>	980	7,40
<i>Vorticella infusionum</i>	20	0,15
Larves telotroques	0	0,00
TOTAL	13240	100,00





Es pot veure , en el cas de l'EDAR de Castell d'Aro, com *Epistylis sp.* predomina amb un 45,15% d'abundància, seguit de *Vorticella infusionum* (16,43%), *Aspidisca cicada* (11,66%), *Acinera uncinata* (10,68%) i *Opercularia sp.* (6,16%).

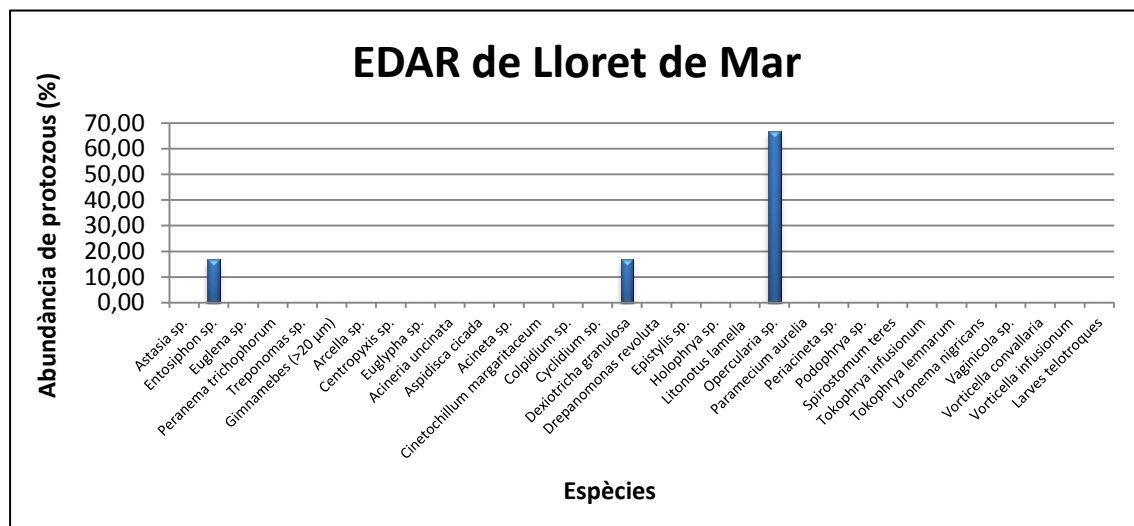
	11/07/14	15/07/14	22/07/14	24/07/14	29/07/14	31/07/14	07/08/14	14/08/14	21/08/14	\bar{X}	%
<i>Astasia sp.</i>	20	40	20	0	0	0	0	0	0	8,89	0,29
<i>Entosiphon sp.</i>	0	0	0	0	0	0	40	0	0	4,44	0,15
<i>Euglena sp.</i>	0	0	0	0	0	0	20	0	0	2,22	0,07
<i>Peranema trichophorum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Treponomas sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	60	0	6,67	0,22
Gimnamebes (>20 µm)	0	0	0	0	0	0	0	0	420	46,67	1,54
<i>Arcella sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	20	0	2,22	0,07
<i>Centropyxis sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Euglypha sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Acinera uncinata</i>	560	820	180	240	20	40	0	40	1040	326,67	10,78
<i>Aspidisca cicada</i>	100	720	500	380	220	80	520	100	560	353,33	11,66
<i>Acineta sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Cinetochillum margaritaceum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Colpidium sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Cyclidium sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Dexiotricha granulosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Drepanomonas revoluta</i>	20	0	20	20	0	40	0	80	180	40,00	1,32
<i>Epistylis sp.</i>	340	160	1180	1660	2440	55	1280	460	4740	1368,33	45,15
<i>Holophrya sp.</i>	0	0	60	20	0	20	0	0	0	11,11	0,37
<i>Litonotus lamella</i>	0	0	60	120	40	0	0	0	0	24,44	0,81
<i>Opercularia sp.</i>	60	1060	0	80	200	40	0	0	240	186,67	6,16
<i>Paramecium Aurelia</i>	60	80	0	0	0	20	0	0	80	26,67	0,88
<i>Periacineta sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Podophrya sp.</i>	0	80	0	0	0	0	0	0	0	8,89	0,29
<i>Spirostomum teres</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Tokophrya infusionum</i>	0	0	60	40	40	20	0	40	40	26,67	0,88
<i>Tokophrya lemnaeum</i>	0	0	40	40	0	0	0	0	0	8,89	0,29
<i>Uronema nigricans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Vaginicola sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Vorticella convallaria</i>	140	0	140	160	120	120	20	0	0	77,78	2,57
<i>Vorticella infusionum</i>	40	40	460	240	260	360	1880	720	480	497,78	16,43
Larves telotroques	0	0	0	20	0	0	0	0	0	2,22	0,07
TOTAL										3030,56	100,00





A l'EDAR de Lloret de Mar, l'organisme que es troba en major quantitat és *Opercularia sp.*, amb un 66,67% d'abundància, seguit d'*Entosiphon sp.* i *Dexiotricha granulosa*, ambdós amb un 16,67%.

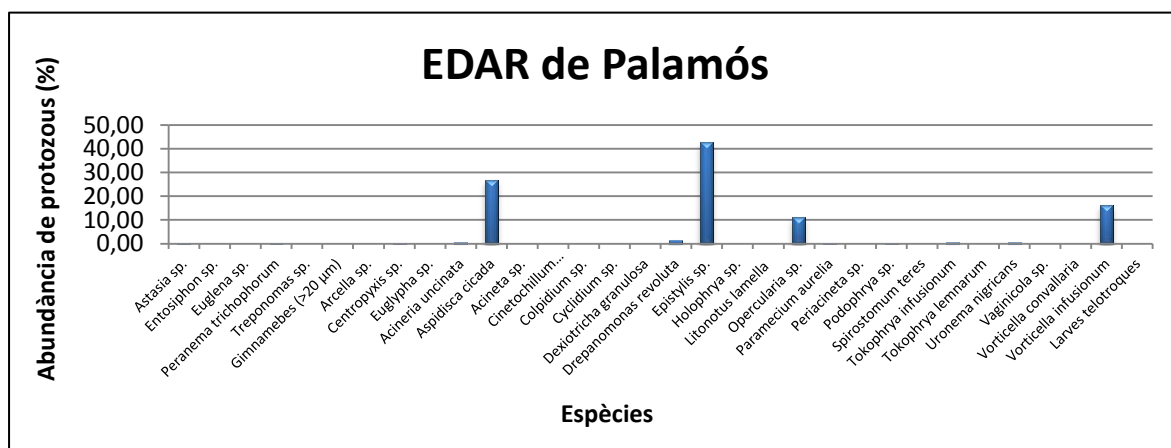
	04/07/14	%
<i>Astasia sp.</i>	0	0,00
<i>Entosiphon sp.</i>	20	16,67
<i>Euglena sp.</i>	0	0,00
<i>Peranema trichophorum</i>	0	0,00
<i>Treponomas sp.</i>	0	0,00
Gimnamebes (>20 µm)	0	0,00
<i>Arcella sp.</i>	0	0,00
<i>Centropyxis sp.</i>	0	0,00
<i>Euglypha sp.</i>	0	0,00
<i>Acineria uncinata</i>	0	0,00
<i>Aspidisca cicada</i>	0	0,00
<i>Acineta sp.</i>	0	0,00
<i>Cinetochillum margaritaceum</i>	0	0,00
<i>Colpidium sp.</i>	0	0,00
<i>Cyclidium sp.</i>	0	0,00
<i>Dexiotricha granulosa</i>	20	16,67
<i>Drepanomonas revoluta</i>	0	0,00
<i>Epistylis sp.</i>	0	0,00
<i>Holophrya sp.</i>	0	0,00
<i>Litonotus lamella</i>	0	0,00
<i>Opercularia sp.</i>	80	66,67
<i>Paramecium Aurelia</i>	0	0,00
<i>Periacineta sp.</i>	0	0,00
<i>Podophrya sp.</i>	0	0,00
<i>Spirostomum teres</i>	0	0,00
<i>Tokophrya infusionum</i>	0	0,00
<i>Tokophrya lemnaeum</i>	0	0,00
<i>Uronema nigricans</i>	0	0,00
<i>Vaginicola sp.</i>	0	0,00
<i>Vorticella convallaria</i>	0	0,00
<i>Vorticella infusionum</i>	0	0,00
Larves telotroques	0	0,00
TOTAL	120	100,00





Quant a l'EDAR de Palamós, el més abundant és *Epistylis* sp. (42,68%). A continuació vénen, per ordre, *Aspidisca cicada* (26,75%), *Vorticella infusioformis* (16,33%) i *Opercularia* sp. (11,17%).

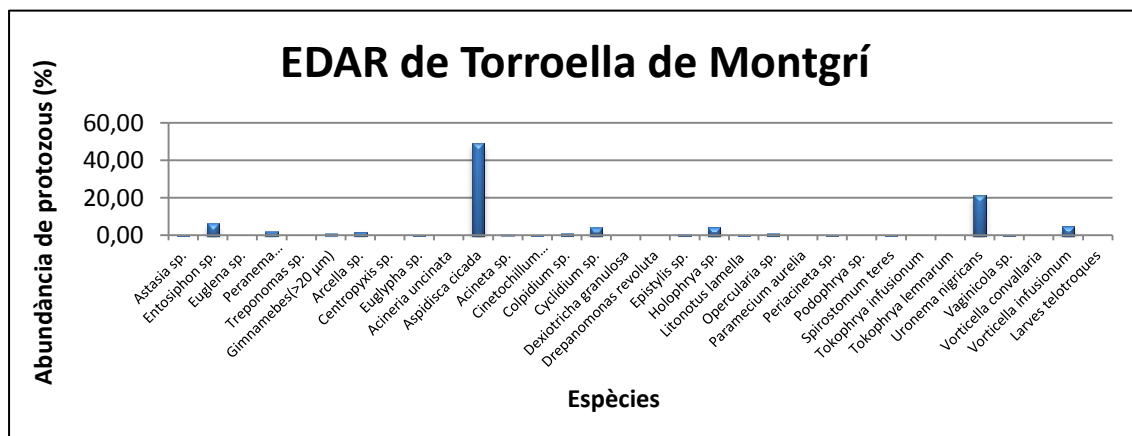
	04/07/14	10/07/14	18/07/14	22/07/14	24/07/14	29/07/14	31/07/14	07/08/14	20/08/14	\bar{X}	%
<i>Astasia</i> sp.	0	20	0	0	0	0	0	0	0	2,22	0,05
<i>Entosiphon</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Euglena</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Peranema trichophorum</i>	20	0	0	0	0	0	0	0	0	2,22	0,05
<i>Treponomas</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Gimnamebes (>20 µm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Arcella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Centropyxis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	40	4,44	0,10
<i>Euglypha</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Acineta uncinata</i>	40	40	0	0	60	0	20	40	20	24,44	0,55
<i>Aspidisca cicada</i>	840	1620	1620	260	600	1660	980	1840	1360	1197,78	26,75
<i>Acineta</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Cinetochillum margaritaceum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Colpidium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Cyclidium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Dexiotricha granulosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Drepanomonas revoluta</i>	0	0	0	40	20	0	80	0	320	51,11	1,14
<i>Epistylis</i> sp.	360	1400	3060	3580	2920	0	1640	2720	1520	1911,11	42,68
<i>Holophrya</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Litonotus lamella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Opercularia</i> sp.	1820	660	120	0	0	360	300	0	1240	500,00	11,17
<i>Paramecium aurelia</i>	0	0	0	0	0	0	20	0	0	2,22	0,05
<i>Periacineta</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Podophrya</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	40	4,44	0,10
<i>Spirostomum teres</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Tokophrya infusioformis</i>	0	0	20	100	60	0	0	20	20	24,44	0,55
<i>Tokophrya lemnae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Uronema nigricans</i>	20	40	0	0	0	0	0	60	80	22,22	0,50
<i>Vaginicola</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Vorticella convallaria</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Vorticella infusioformis</i>	200	1180	780	600	0	2600	240	700	280	731,11	16,33
Larves telotroques	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
TOTAL										4477,78	100,00





Pel que fa a l'EDAR de Torroella de Montgrí, *Aspidisca cicada* és l'organisme amb un percentatge més elevat a les mostres analitzades; s'ha comptabilitzat que s'hi troba en un 49,15%. El segueixen *Uronema nigricans* (21,49%), i *Entosiphon sp.* (6,38%).

	03/07/14	08/07/14	15/07/14	21/07/14	29/07/14	06/08/14	12/08/14	\bar{X}	%
<i>Astasia sp.</i>	0	0	20	0	0	0	0	2,86	0,21
<i>Entosiphon sp.</i>	80	60	280	40	20	20	100	85,71	6,38
<i>Euglena sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Peranema trichophorum</i>	0	40	20	80	0	40	20	28,57	2,13
<i>Treponomas sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Gimnamebes(>20 µm)	0	0	20	0	0	20	40	11,43	0,85
<i>Arcella sp.</i>	20	20	0	0	0	40	100	25,71	1,91
<i>Centropyxis sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Euglypha sp.</i>	0	0	0	0	0	20	0	2,86	0,21
<i>Acineta uncinata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Aspidisca cicada</i>	400	860	1760	440	1040	100	20	660,00	49,15
<i>Acineta sp.</i>	0	0	0	0	0	20	20	5,71	0,43
<i>Cinetochillum margaritaceum</i>	0	0	0	20	0	0	0	2,86	0,21
<i>Colpidium sp.</i>	0	0	0	100	0	0	0	14,29	1,06
<i>Cyclidium sp.</i>	0	0	0	280	20	20	60	54,29	4,04
<i>Dexiotricha granulosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Drepanomonas revoluta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Epistylis sp.</i>	0	0	0	0	0	0	60	8,57	0,64
<i>Holophrya sp.</i>	20	60	100	120	40	20	60	60,00	4,47
<i>Litonotus lamella</i>	0	0	20	0	0	0	0	2,86	0,21
<i>Opercularia sp.</i>	0	60	0	0	40	0	0	14,29	1,06
<i>Paramecium aurelia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Periacineta sp.</i>	0	0	0	0	0	0	20	2,86	0,21
<i>Podophrya sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Spirostomum teres</i>	0	0	0	0	0	20	0	2,86	0,21
<i>Tokophrya infusionum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Tokophrya lemnae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Uronema nigricans</i>	200	0	80	0	80	1200	460	288,57	21,49
<i>Vaginicola sp.</i>	0	0	0	0	0	0	20	2,86	0,21
<i>Vorticella convallaria</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Vorticella infusionum</i>	0	0	40	60	120	180	60	65,71	4,89
Larves telotroques	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
TOTAL								1342,86	100,00

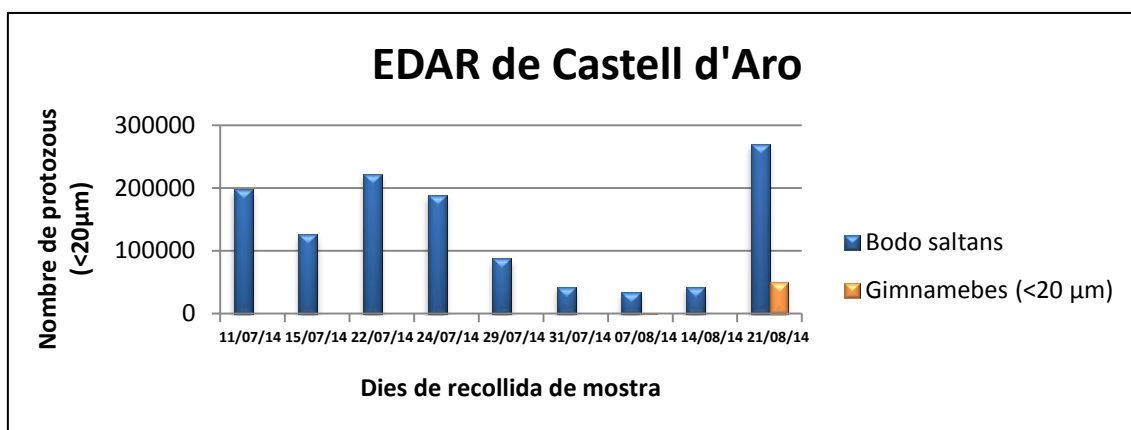




PETITS FLAGEL·LATS

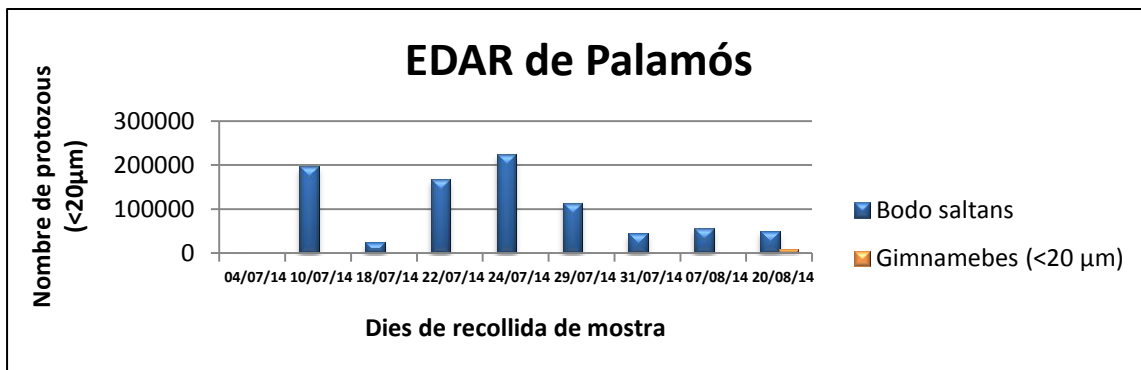
A l'EDAR de Castell d'Aro, s'ha detectat una abundància de *Bodo saltans* (95,91%), respecte les Gimnamebes < 20 µm (4,09%).

	11/07/14	15/07/14	22/07/14	24/07/14	29/07/14	31/07/14	07/08/14	14/08/14	21/08/14	\bar{X}	%
<i>Bodo saltans</i>	197546	125710	222238	188566	87548	42652	33672	42652	269380	134440,44	95,91
Gimnamebes (<20 µm)	0	0	0	0	0	0	2245	0	49386	5736,78	4,09
TOTAL										140177,22	100,00



Es pot observar que a l'EDAR de Palamós, l'abundància de *Bodo saltans* és d'un 98,99%, deixant un 1,01% de Gimnamebes < 20 µm.

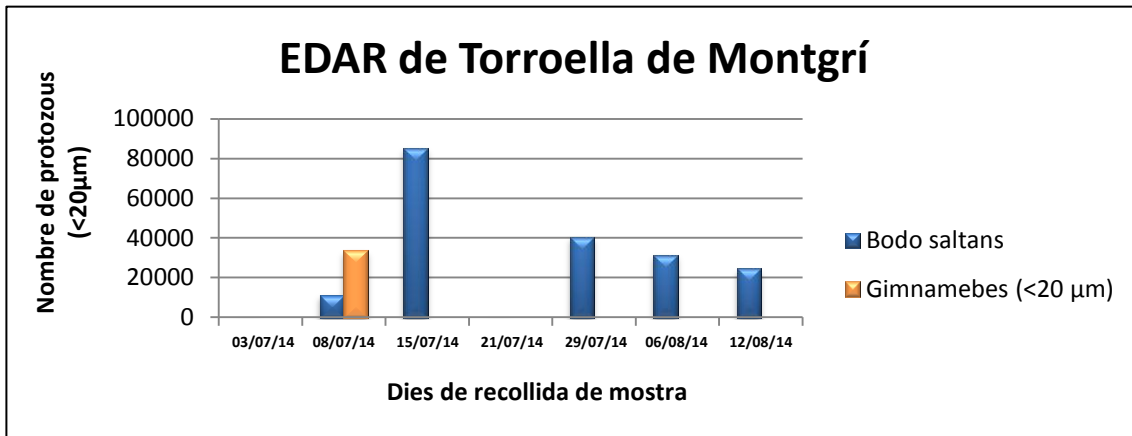
	04/07/14	10/07/14	18/07/14	22/07/14	24/07/14	29/07/14	31/07/14	07/08/14	20/08/14	\bar{X}	%
<i>Bodo saltans</i>	0	197545	24693	168362	224483	114486	44897	56121	49386	97774,78	98,99
Gimnamebes (<20 µm)	0	0	0	0	0	0	0	0	8979	997,67	1,01
TOTAL										98772,44	100,00





Finalment, a l'EDAR de Torroella de Montgrí, el percentatge de *Bodo saltans* és de 85,15%, mentre que de Gimnamebes se n'ha observat un 14,85%.

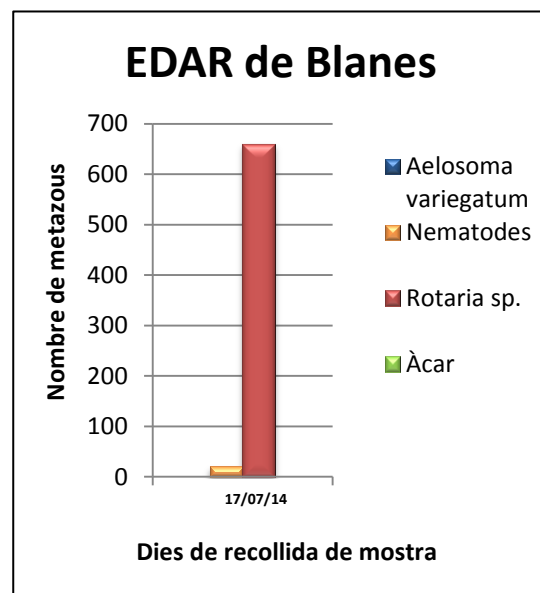
	03/07/14	08/07/14	15/07/14	21/07/14	29/07/14	06/08/14	12/08/14	\bar{X}	%
<i>Bodo saltans</i>	0	11224	85304	0	40407	31428	24693	27579,43	85,15
Gimnamebes (<20 µm)	0	33672	0	0	0	0	0	4810,29	14,85
TOTAL								32389,71	100,00



METAZOUS

Tal i com es pot observar a la gràfica, el 97,06% del total de metazous presents a les mostres de l'EDAR de Blanes, correspon a *Rotaria sp.*, mentre que el 2,94% correspon als Nematodes.

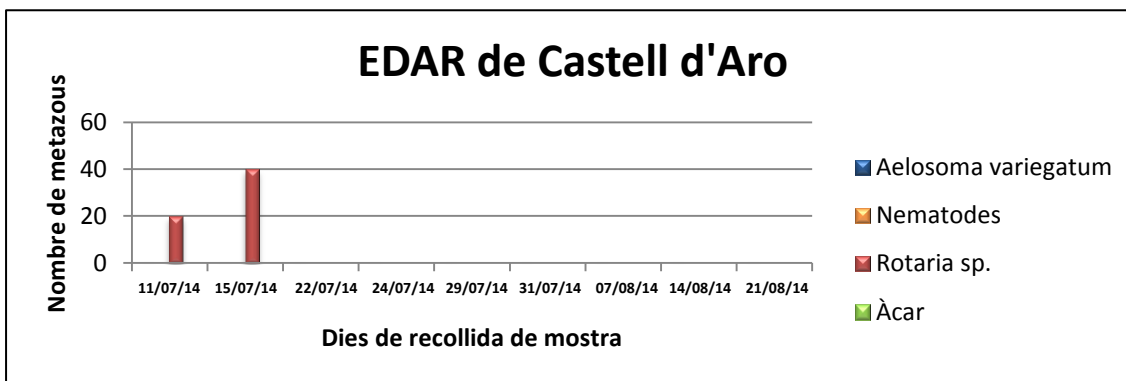
	17/07/14	%
<i>Aelosoma variegatum</i>	0	0,00
Nematodes	20	2,94
<i>Rotaria sp.</i>	660	97,06
Àcar	0	0,00
TOTAL	680	100,00



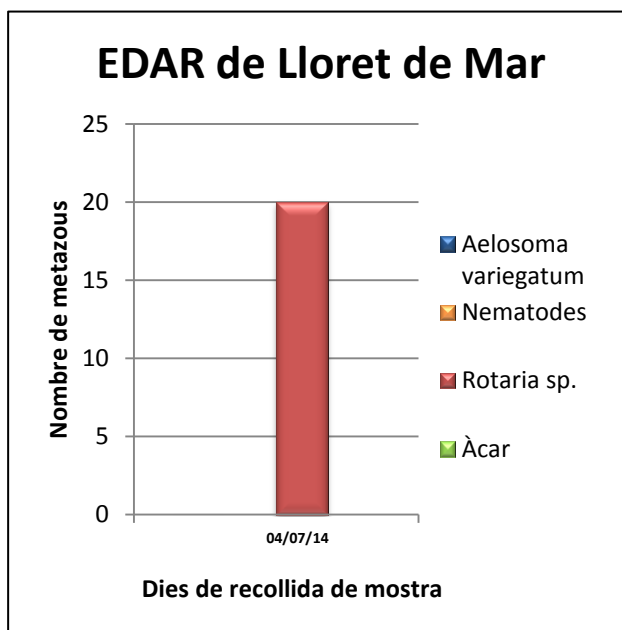


A les EDAR de Castell d'Aro i Lloret de Mar només s'ha vist *Rotaria sp.*, de manera que la seva abundància és del 100%.

	11/07/14	15/07/14	22/07/14	24/07/14	29/07/14	31/07/14	07/08/14	14/08/14	21/08/14	\bar{X}	%
<i>Aelosoma variegatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Nematodes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Rotaria sp.</i>	20	40	0	0	0	0	0	0	0	6,67	100,00
Àcar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
TOTAL										6,67	100,00



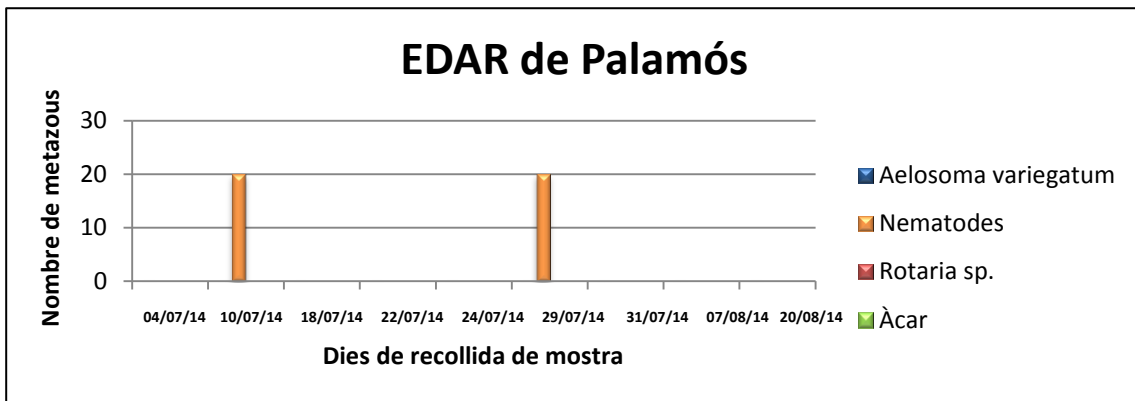
	04/07/14	%
<i>Aelosoma variegatum</i>	0	0,00
Nematodes	0	0,00
<i>Rotaria sp.</i>	20	100,00
Àcar	0	0,00
TOTAL	20	100,00





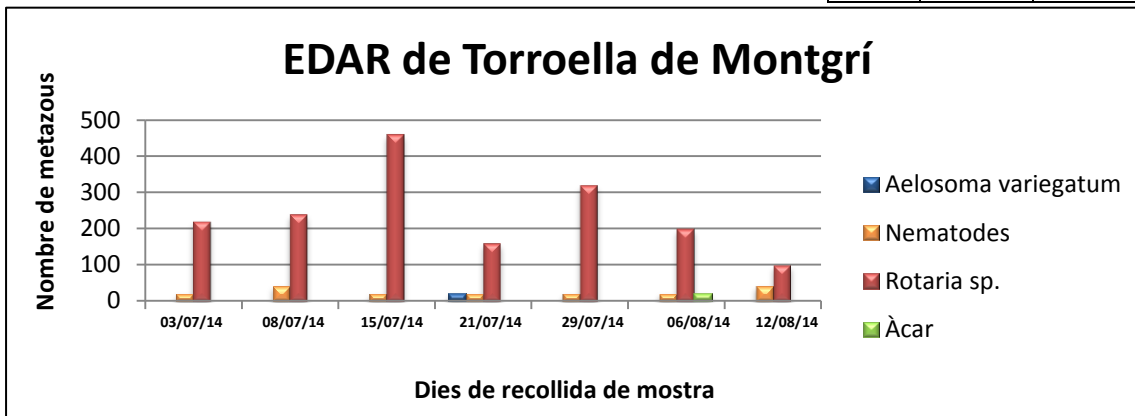
A l'EDAR de Palamós, només s'ha detectat la presència de Nemàtodes, per tant la seva abundància ha estat del 100%.

	04/07/14	10/07/14	18/07/14	22/07/14	24/07/14	29/07/14	31/07/14	07/08/14	20/08/14	\bar{X}	%
<i>Aelosoma variegatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Nematodes	0	20	0	0	0	20	0	0	0	4,44	100,00
<i>Rotaria sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Àcar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
TOTAL										4,44	100,00



Es pot dir que a l'EDAR de Torroella és on s'ha trobat més varietat de metazous. A més de *Rotaria sp.*, que presenta un 88,54% d'abundància, segueixen els Nematodes (9,38%), *Aelosoma variegatum* (1,04%) i l'àcar (1,04%).

	03/07/14	08/07/14	15/07/14	21/07/14	29/07/14	06/08/14	12/08/14	\bar{X}	%
<i>Aelosoma variegatum</i>	0	0	0	20	0	0	0	2,86	1,04
Nematodes	20	40	20	20	20	20	40	25,71	9,38
<i>Rotaria sp.</i>	220	240	460	160	320	200	100	242,86	88,54
Àcar	0	0	0	0	0	20	0	2,86	1,04
TOTAL								274,29	100,00





9. CONCLUSIÓ

Un cop realitzada la interpretació dels resultats obtinguts a les gràfiques i les taules comparatives, arriba el moment d'extreure'n les conclusions per determinar com és la qualitat de l'aigua de cada estació depuradora, segons la biocenosi que conté.

CARACTERÍSTIQUES DE L'AIGUA DE L'EDAR DE CASTELL D'ARO

Les espècies de bacteris filamentosos dominants són *Nocardia sp.* i *Thiothrix II*, alhora que s'observen molts exemplars dels protozous *Epistylis sp.* i *Vorticella infusionum*, a més de *Bodo saltans* i del metazou *Rotaria sp.*

Abans de res, s'ha de dir que *Nocardia sp.* sol ser més abundant durant els mesos d'estiu, perquè prolifera especialment en condicions de temperatures elevades. A més, és indicadora de baixa càrrega orgànica i, a vegades, també d'una bona oxigenació als reactors biològics, fet que fa que es pugui parlar de bones condicions d'aeració. Igualment, acostuma a associar-se a altes edats dels fangs i a la presència d'olis i greixos en l'aigua d'entrada -l'influent.

Thiothrix II ens indica que l'aigua prové de zones sèptiques, per tant, rica en sulfurs i àcids orgànics. També, que pot haver-hi un desequilibri nutricional, degut a deficiències de nitrogen.

Tot plegat lliga perfectament amb el fet que l'EDAR de Castell d'Aro rep l'abocament constant de molts camions cisterna amb el contingut de fosses sèptiques.

Que *Epistylis sp.* sigui el protozou més abundant, ens fa veure que l'aigua presenta càrregues orgàniques mitjanes i qualitats entre mitjanes i bones en el procés de depuració.

De la mateixa manera, *Vorticella infusionum* és indicador de sobrecàrrega orgànica o bé deficiències en l'oxigenació del reactor biològic.

La gran quantitat de *Bodo saltans* que hi ha a les mostres observades, ens alerta de l'empitjorament de l'estat del sistema degut, segurament, a canvis bruscs en les condicions fisicoquímiques de l'aigua o bé de l'entrada de tòxics. Tal i com mostra la presència de *Vorticella infusionum*, *Bodo saltans* també ens indica que hi ha deficiències d'oxigen.

El metazou *Rotaria sp.* ens permet constatar que el fang té una edat bastant elevada.

CARACTERÍSTIQUES DE L'AIGUA DE L'EDAR DE PALAMÓS

Les dues espècies de bacteris filamentosos més rellevants en aquesta planta depuradora són *Thiothrix II* i *Nocardia sp.*, mentre que com a protozou destaca només *Epistylis sp.*, a part del petit flagel·lat *Bodo saltans*. Finalment, corresponent al grup dels metazous, trobem els Nematodes en major quantitat que la resta.

Tal i com hem comentat per l'EDAR de Castell d'Aro, com que les espècies de bacteris filamentosos més abundants a la EDAR de Palamós segueixen sent *Thiothrix II* i *Nocardia sp.*, es pot concloure que l'aigua d'entrada d'aquesta segona estació





depuradora porta greixos, els seus fangs són vells, les condicions d'aeració són bones, per tant, amb bona oxigenació i hi ha càrregues orgàniques baixes. A més a més, l'aigua d'entrada és rica en sulfurs i àcids orgànics, procedent de zones sèptiques i hi ha deficiència de nitrogen podent generar desequilibri nutricional.

El fet de detectar gran nombre d'*Epistylis sp.* ens fa pensar també en càrregues orgàniques mitjanes i un grau entre mitjà i bo en quant a la qualitat del procés depuratiu.

El nombre elevadíssim de *Bodo saltans*, ens diu que s'han produït canvis sobtats en les condicions fisicoquímiques de l'aigua, coincidint amb deficiència d'oxigen i l'entrada de tòxics, fet que ens alerta que hi pot haver un empitjorament del procés depuratiu.

En aquest cas, els metazous presents amb major abundància són el grup dels Nematodes, indicant-nos una edat elevada del fang.

CARACTERÍSTIQUES DE L'AIGUA DE L'EDAR DE TORROELLA DE MONTGRÍ

A diferència de les EDAR de Castell d'Aro i Palamós, a l'EDAR de Torroella de Montgrí T0675 i *Microthrix parvicella*, han estat els dos tipus de bacteris filamentosos que s'han trobat amb major abundància. Paral·lelament, quant a protozous, destaca *Aspidisca cicada*, seguida dels petits flagel·lats *Bodo saltans*. Entre els metazous, s'han observat, a més a més de *Rotaria sp.* i Nematodes, *Aelosoma variegatum* i, excepcionalment, un àcar.

Tant el tipus T0675 com *Microthrix parvicella* són indicadors de baixes càrregues orgàniques en el sistema. D'una banda, T0675 és indicador d'edats elevades dels fangs actius i, a vegades, de desequilibris nutricionals del sistema. De l'altra, *Microthrix parvicella* també ens fa veure que hi ha baixes concentracions d'oxigen dissolt i influents rics en greixos.

Aspidisca cicada és indicador de bon rendiment de depuració en el procés amb baixa càrrega màssica i, al mateix temps mostra una bona estabilització dels fangs. El fet que també hi hagi *Bodo saltans* es deu als canvis bruscs en les condicions fisicoquímiques de l'aigua, segurament degut a l'entrada de tòxics.

Si ens centrem en els metazous presents en aquesta EDAR, veurem com tant *Rotaria sp.*, com el grup dels Nematodes, *Aelosoma variegatum* i l'àcar observats, indiquen pràcticament el mateix. D'aquestes quatre espècies n'hi ha una, l'àcar, que no afecta al procés depuratiu, no actua com a agent bioindicador, mentre que les altres tres, coincideixen en què l'edat del fang és bastant elevada, i requereix ser renovat. L'*Aelosoma variegatum* indica, a més, el bon rendiment del procés depuratiu.

EDARS DE LLORET DE MAR I BLANES

La poca quantitat de mostres rebudes de les EDAR de Lloret de Mar i de Blanes, només ens permeten donar informacions puntuals d'aquestes instal·lacions.

Pel que fa a l'EDAR de Lloret de Mar, a la mostra observada hi destacaven els bacteris filamentosos *Spirillum sp.* i *Spirochaeta sp.*, els quals abunden a temperatures elevades -període estival. Indiquen condicions de baixa oxigenació, septicitat i baixa càrrega





orgànica. A més, trobem també *Thiothrix l*, que indica que l'aigua té condicions sèptiques, per tant, l'influent és ric en sulfurs i àcids orgànics. A més, aquest darrer també indica la deficiència de nitrogen, generant desequilibri nutricional.

A continuació també destaca, com a protozou, *Opercularia sp.*, que recalca l'oxigenació insuficient -fangs amb aeració deficient- i un procés de depuració imperfecte.

El metazou més abundant ha estat *Rotaria sp.*, indicant elevades edats del fang.

Si ens centrem ara en l'EDAR de Blanes, veurem com *T0092* és el tipus de bacteri més comptabilitzat, característic de càrregues màssiques molt baixes i altes edats del fang. Cal destacar també el tipus *T0581*, que pot anar associat a vertits industrials, i tot seguit, *T0961* i *T1851*, els quals es presenten amb càrregues màssiques molt baixes.

Els protozous dominants són, per un costat, *Arcella sp.*, indicadora de càrregues màssiques baixes, condicions de bona oxigenació, nitrificació dels fangs i bon rendiment depuratiu. Cal afegir que és una espècie que sol proliferar a elevades temperatures, és a dir, els mesos d'estiu. Per l'altre, trobem *Epistylis sp.*, que indica càrregues orgàniques mitjanes i un procés depuratiu d'entre mitjana i bona qualitat.

Finalment, *Rotaria sp.* i els Nematodes són indicadors d'elevades edats del fang.

Expressat de manera més esquemàtica, hem observat el següent:

EDAR DE CASTELL D'ARO:

- Es detecten microorganismes que proliferen en temperatures elevades.
- Bona oxigenació als reactors biològics → bones condicions d'aeració.
- Altes edats del fang.
- Presència d'olis i greixos a l'influent.
- Rica en sulfurs i àcids orgànics.
- Deficiència de nitrogen → desequilibri nutricional.
- Càrregues orgàniques baixes/mitjanes.
- Procés de depuració de mitjana/bona qualitat.
- Entrada de tòxics + canvis sobtats en condicions fisicoquímiques → empitjorament de l'estat del sistema.

EDAR DE PALAMÓS:

- Es detecten microorganismes que proliferen en temperatures elevades.
- Bona oxigenació als reactors biològics → bones condicions d'aeració.
- Altes edats del fang.
- Presència d'olis i greixos a l'influent.
- Rica en sulfurs i àcids orgànics.
- Deficiència de nitrogen → desequilibri nutricional.
- Càrregues orgàniques baixes/mitjanes.
- Procés de depuració de mitjana/bona qualitat.
- Entrada de tòxics + canvis sobtats en condicions fisicoquímiques → empitjorament de l'estat del sistema.





EDAR DE TORROELLA DE MONTGRÍ:

- Baixa concentració d'oxigen dissolt → condicions d'aeració dolentes.
- Altes edats del fang.
- Presència d'olis i greixos a l'influent.
- Càrregues orgàniques baixes.
- Desequilibri nutricional al sistema.
- Procés de depuració de bona qualitat.
- Bona estabilització del fang actiu.
- Entrada de tòxics + canvis bruscs en les condicions fisicoquímiques → empitjorament del sistema.

EDAR DE LLORET DE MAR:

Possiblement:

- Es detecten microorganismes que proliferen en temperatures elevades.
- Baixa concentració d'oxigen dissolt → condicions d'aeració dolentes.
- Altes edats del fang.
- Rica en sulfurs i àcids orgànics.
- Càrregues orgàniques baixes.
- Deficiència de nitrogen → desequilibri nutricional.
- Procés de depuració imperfecte.

EDAR DE BLANES:

Possiblement:

- Bona oxigenació als reactors biològics → condicions d'aeració bones.
- Altes edats del fang.
- Càrregues orgàniques baixes/mitjanes.
- Procés de depuració de mitjana/bona qualitat.
- Fang actiu nitrificat.

A continuació es mostra una comparativa entre les estacions depuradores de Castell d'Aro, Palamós i Torroella de Montgrí.

Els ítems de color blau només els marquem amb una X perquè no els quantifiquem. Malgrat tot, si ens fixem amb les gràfiques de l'apartat del meu estudi, es comprova com malgrat no ser tan abundants en algunes EDAR, alguns microorganismes amb els que ens hem basat per extreure les conclusions, també hi són presents.

X: més quantitat.

x: menys quantitat.

La resta els quantifiquem:

Oxigenació del reactor biològic (aeració)	1 Bona / 2 Acceptable / 3 Dolenta
Càrrega orgànica	1 Alta / 2 Mitjana / 3 Baixa
Qualitat procés de depuració	1 Bona / 2 Mitjana / 3 Baixa





Els valors 1 indicarien bona depuració i els valors 3 deficient. Així, si sumem els tres valors de cada depuradora i el resultat final és baix, voldrà dir que la depuració és millor que si és alt.

	Castell d'Aro	Palamós	Torroella de Montgrí
Organismes de temperatures altes	X	X	x
Aeració	1	1	3
Edat del fang	Alta	Alta	Alta
Olis i greixos	X	X	X
Sulfurs i àcids orgànics	X	X	x
Possible desequilibri nutricional	X	X	X
Càrrega orgànica	2	2	3
Procés depuratiu	2	2	1
Empitjorament del sistema	X	X	X
Total ítems quantitius	5	5	7

Analitzant les tres primeres depuradores de les quals tenim més dades poden concloure:

1. A les depuradores de Castell d'Aro i Palamós hi ha més quantitat d'organismes que indiquen temperatures altes que no pas a Torroella de Montgrí. Malgrat això, totes les mostres han estat agafades a l'estiu, i a tot arreu hi ha organismes que proliferen amb temperatures elevades.
2. L'edat dels fangs és alta en els tres casos. Això és degut a que, a l'estiu, hi ha més càrrega orgànica que entra a les depuradores, i s'acostuma a treballar amb més concentració de sòlids en suspensió en els reactors biològics. La depuradora de Torroella de Montgrí tracta menys volum d'aigua residual que les EDAR de Palamós i Castell d'Aro, per això, la càrrega d'entrada és més baixa.
3. Hi ha olis i greixos a l'influent de les tres depuradores. Totes les plantes de tractament reben aigües residuals urbanes, les quals porten greixos i olis precedents dels usos domèstics (sabó de les dutxes, aigua de les cuines, etc.).
4. A Castell d'Aro hi ha més sulfurs que en altres EDAR degut a que disposen d'instal·lacions específiques per a rebre camions cisterna carregats d'aigua residual procedents de fosses sèptiques de particulars. Tot i això, a Palamós els nivells de sulfurs són també alts, malgrat que hi descarreguen pocs camions cisterna.
5. Sovint, la deficiència de nitrogen, la qual pot ser deguda a l'entrada de tòxics a l'EDAR, pot provocar desequilibris nutricionals.
6. En els tres casos el sistema depuratiu està empitjorant. Tal com es comenta en el punt 2, a l'estiu, totes les depuradores reben més aigua residual que durant la resta de mesos de l'any, amb màxims de càrrega orgànica que afecten més a les depuradores petites (Torroella de Montgrí), que a les grans (Castell d'Aro i





Palamós). Tot plegat, provoca reinicialitzacions contínues del procés, moments en els quals apareixen els petits zooflagel·lats típics de les primeres etapes de colonització del fang actiu.

7. La suma dels ítems quantificats indiquen que la qualitat de les depuradores de Castell d'Aro i Palamós (5) és lleugerament millor que la de Torroella de Montgrí (7).

Els sistemes d'aeració als reactors biològics a les EDAR de Palamós i Castell d'Aro són estructuralment diferents als de Torroella de Montgrí. Per aquest motiu, són difícilment comparables.

Les depuradores grans, com la de Palamós i Castell d'Aro, que a ple estiu tracten prop de 30.000 m³ d'aigua residual diaris, no es veuen tan afectades pels màxims de càrrega com les depuradores més petites, com ara la de Torroella de Montgrí.

Respecte les EDAR de Lloret de Mar i Blanes, com que les mostres preses són puntuals, d'un sol dia de cada planta, no es poden extreure conclusions.





10. VALORACIÓ PERSONAL

Després d'haver arribat a aquestes conclusions, arriba el moment de fer una valoració de la recerca realitzada durant l'estiu del 2014.

En un principi, l'objectiu que vaig proposar-me assolir semblava tot un abisme. Es tractava d'endinsar-me en un món el qual desconeixia: el món microscòpic. Em preguntava com era possible que uns éssers tan diminuts fossin capaços d'indicar-nos diferents aspectes de l'aigua, en el meu cas l'aigua tractada a les estacions depuradores.

El meu primer contacte amb l'observació microscòpica d'una mostra d'aigua residual va ser sorprenent; doncs em semblava increïble que una sola gota d'aigua contingués tanta vida.

Evidentment, abans de poder iniciar la tasca d'identificació de cada una de les diferents espècies que s'amagaven, vaig haver de documentar-me sobre els microorganismes i les possibles espècies amb les quals em podia trobar.

Un cop fet tot això, començava el meu estudi. Anava identificant i comptabilitzant totes i cada una de les espècies observades. Dia rere dia, notava com aquell món m'absorbia. Cada mostra observada era un espectacle imprevisible davant del qual passava hores i hores explorant cada racó del portaobjectes per assegurar-me que cap espècie passava desapercibuda.

Amb els dies, gràcies a la observació microscòpica, vaig anar estructurant el que llavors seria el meu treball. Poc a poc, anava agafant forma, veia com aquell abisme inicial s'esvaïa i començava a veure el vincle entre l'objectiu proposat i les conclusions finals exposades.

L'assoliment final dels meus objectius, m'ha fet sentir realitzada. Malgrat no hagi sigut una tasca senzilla, finalment, he vist el fruit de tot el meu esforç i dedicació.

Tot el procés de recerca m'ha enriquit tant a l'àmbit de coneixement, com a nivell personal. Crec que tot el que he après durant aquests dos mesos em serà de gran utilitat de cara al meu futur acadèmic, doncs, tinc la intenció de, en un futur més o menys proper, dedicar-me al camp de la investigació biomèdica. D'aquesta manera, la destresa adquirida al laboratori, i sobretot, a l'hora de fer servir el material necessari per observar a través d'un microscopi, ha esdevingut un gran avantatge.





11. AGRAÏMENTS

Aquest treball no hagués estat una realitat sense el suport del Gerent de l'Empresa Mixta d'Aigües de la Costa Brava (EMACBSA), Josep Maria Caus Pla, el Cap de Recursos Humans, Gerard Monar Aynier, així com del Cap de la Zona Centre 2, David López Guerra.

Montse Romero Serramitjana, em va facilitar la formació ràpida i precisa en matèria de prevenció de riscos laborals.

La col·laboració dels tècnics de l'empresa Montse Soler Cantalosella i Mireia Alberch Arralde, i de Natàlia Agustí Corredor, ha estat clau per a poder disposar de mostres de les EDAR de Lloret de Mar, Blanes i Torroella de Montgrí.

Igualment, la meva estada al laboratori de l'EDAR de Palamós durant l'estiu de 2014 ha estat tota una experiència. Començar de zero a treballar en un laboratori d'anàlisi d'aigües residuals, amb un munt de protocols de treball a seguir, així com l'ús diari del microscopi òptic amb càmera fotogràfica incorporada, sense oblidar les normes de seguretat que cal complir, ha estat una feina fàcil gràcies al que n'és el Cap de Laboratori des de fa més de 20 anys, Lluís Mercader Bravo.

Finalment, des de l'Escola Vedruna Palamós, la bona relació mantinguda durant més de sis mesos amb la meva tutora, Maria Dolors Vilert Horta, ha estat de gran ajuda. Ella m'ha aconsellat i aportat seguretat per a dur a terme el meu projecte. De la mateixa manera, no vull oblidar les facilitats donades pel departament administratiu de l'Escola Vedruna, amb Maria Dolors Monar Aynier al capdavant.

El meu sincer agraïment a tots ells.





12. BIBLIOGRAFIA

LLIBRES

Bosch Grau, Agustí. *Microscopia de la Depuració Biològica*. Sociedad de Explotación de Aguas Residuales (SEARSA). Barcelona. 1991.

Jenkins, David; G. Richard, Michael; T. Daigger, Glen. *2nd Edition Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking and Foaming*. Lewis Publishers, INC. Michigan. 1993.

Serrano, Susana; Arregui, Lucia; Perez-uz, Blanca; Calvo, Pilar; Guinea, Almudena. *Guidelines for the Identification of Ciliates in Wastewater Treatment Plants*. Published by IWA Publishing. London. 2008.

Manual Práctico para el Estudio de Grupos Bioindicadores en Fangos Activos. Grupo Bioindicación Sevilla (GBS), Empresa Municipal de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla S.A. (EMASESA) i Reed Business Information – Tecnología del Agua. 2008.

Métodos Normalizados para el Anàlisis de Aguas Potables y Residuales. APHA-AWWWA-WPCF. Ediciones Díaz de Santos S.A., Madrid. 17a edició, 1992.

Microorganismos Filamentosos en el Fango Activo. Empresa Municipal de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla S.A. (EMASESA). 1997.

WEBS

http://bugs.microorganisms.com/es/List_of_Microorganisms.htm

http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/Protozoos.asp

http://www.ifhcs.unp.edu.ar/catedras/ecologia_acuatica/ecologia_acuatica/Textos%20alumnos/Ciliados.pdf

<http://www.asissludge.com/>

CD-ROM

Ferrer Torregrosa, Carlos. *BIOFAC vs.1.0.. La Bioindicación en EDAR de Fangos Activos*. FACSA. 2009.

Grupo Bioindicación Sevilla (GBS). *Curso de Microbiología de Fangos Activos*. 2009.

