

# Descobrim el micromón. Bioindicació a l'aigua residual

---

## **Presentació**

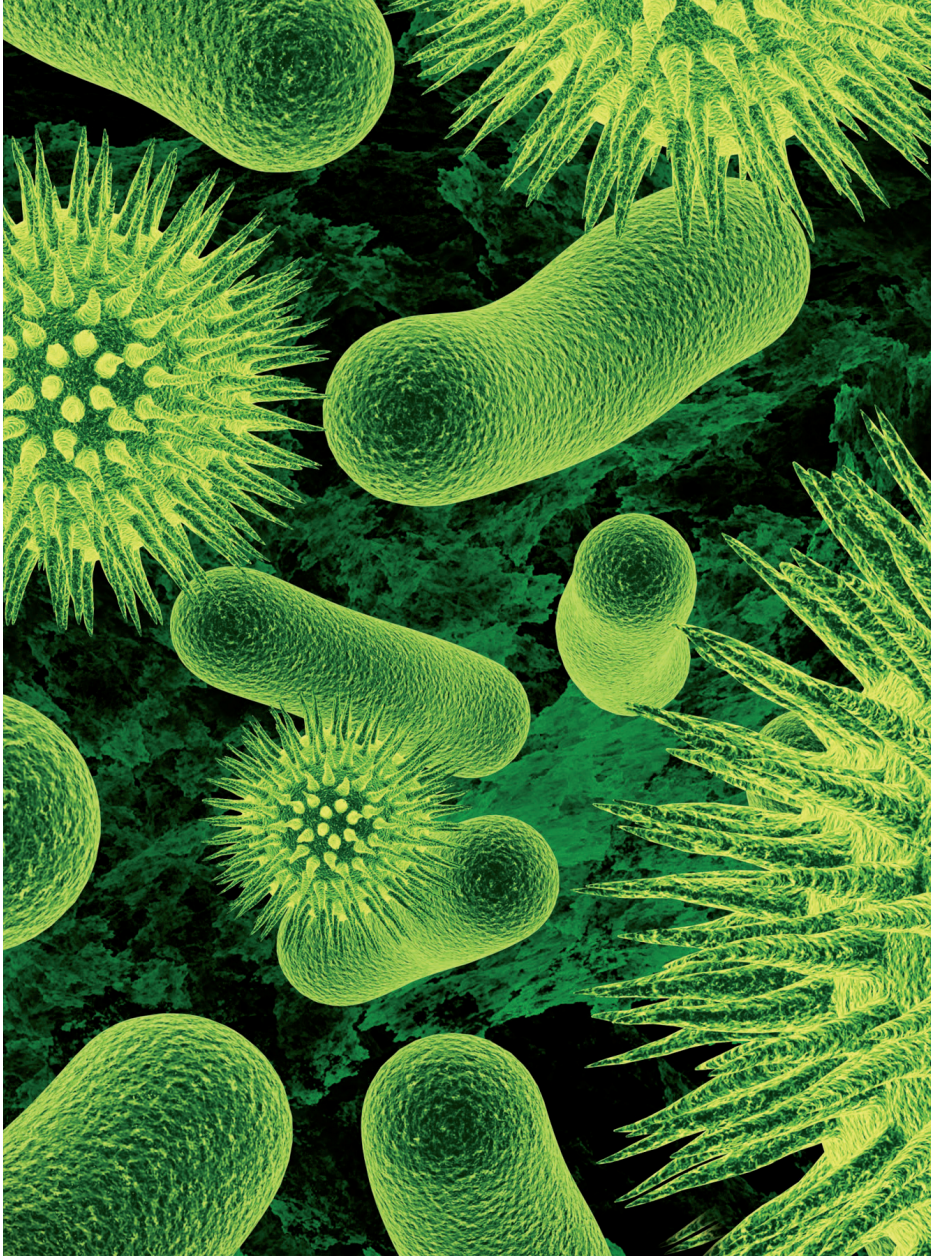
L'objectiu del treball és la identificació i l'estudi dels microorganismes implicats en la depuració de les aigües residuals de Palamós i rodalies, la Costa Brava centre, per tal de conèixer el grau de tractament d'aquestes aigües abans de ser retornades al medi ambient, en un període de gran aflluència turística com és l'estiu.

## **Metodologia**

El treball està dividit en dues parts. Primer, trobem l'explicació teòrica del tractament de l'aigua residual, es parla del procés que segueix, 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, on es descriu el microscopi i les tincions que complementen els resultats de les analítiques. A continuació, es parla dels grups de microorganismes que conformen la biodiversitat d'aquestes aigües i que intervenen en el procés depuratiu.

A la segona part, trobem el gruix de l'estudi, on s'engloba el seguit de procediments duts a terme per assolir l'objectiu de la recerca: descobrir l'estat de les aigües residuals de les depuradores de les quals s'han pres mostres, amb els microorganismes

---



---

que hi són presents. S'hi recullen totes les espècies identificades, amb les taules i gràfiques, gràcies a la interpretació de les quals s'han arribat a formular les conclusions finals del treball.

## **Cos del treball**

### *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, originant l'aigua residual. Aquesta, ja sigui d'origen industrial o urbà (procedent dels habitatges), no és apta per al consum ja que està carregada de substàncies contaminants i de microorganismes patògens, perjudicials per a la salut (sobretot, bacteris i protozous). Les estacions depuradores d'aigües residuals (EDAR) reben aquesta aigua bruta, n'eliminen les substàncies contaminants i la retornen al medi ambient en condicions satisfactòries per tal que pugui ser reutilitzada, tancant així el cicle de l'aigua.

### *Funcionament d'una EDAR*

El sistema de clavegueram condueix l'aigua residual dels habitatges o les indústries fins a 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 a les EDAR. Des que arriba (influent) fins que surt de l'estació depuradora (efluent), l'aigua residual és sotmesa a successives fases de tractament.

En una primera etapa, el pretractament, l'influent passa per una sèrie de tamisos on queden retinguts els sòlids arrossegats per l'aigua (draps, plàstics i restes orgàniques), residus que mitjançant una cinta transportadora són abocats al contenidor de deixalles. A continuació, gràcies a l'acció dels bufadors, el canal extractor de sorres i greixos permet separar les partícules sòlides de calibre mitjà (sorres) de l'aigua i els greixos, que suren.

Tot seguit, l'aigua residual és conduïda fins a uns grans tancs circulars en forma d'embut, d'uns 20 metres de diàmetre i 4 metres de profunditat: els decantadors primaris. Al seu interior es realitza el tractament primari: 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.

Els llots acumulats al fons dels decantadors primaris segueixen un camí diferent del de l'aigua. Seran tractats fins a ser transformats en adob orgànic per a usos agrícoles, dipositats en abocadors controlats o incinerats.

---

L'aigua que surt dels decantadors primaris passa a una arqueta i, d'aquí, als reactors biològics, uns grans tancs on té lloc el tractament secundari: la depuració biològica. D'això se n'encarreguen els microorganismes que viuen a l'aigua residual. 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. Només cal oxigenar bé l'aigua residual dels tancs perquè d'aliment no els en falta.

Seguidament, aquesta aigua amb menor càrrega orgànica arriba als decantadors secundaris, similars als primaris però de major diàmetre, on es tornen a separar els llots per gravetat. L'aigua que vessa d'aquests decantadors ja està en condicions de ser retornada al medi ambient: és aigua depurada. Aquest efluent pot enviar-se al mar, a partir d'un emissari submarí, o bé a un riu o riera, completant el cicle de l'aigua.

Cal recordar que l'aigua depurada no és apta per al consum. A l'EDAR es desinfecta amb hipoclorit sòdic, ozó o llum ultraviolada, constituint el tractament terciari, del qual s'obté l'aigua regenerada, que encara que no sigui apta per al consum humà, s'emptra per netejar els carrers, regar els jardins i camps de golf, o fins i tot per a usos agrícoles no dirigits al consum humà. És una forma de reduir el consum d'aigua potable, un bé cada cop més escàs. Per obtenir aigua potable, apta per al consum humà, cal que l'aigua depurada o regenerada passi per una estació potabilitzadora (ETAP).

### *Analítiques practicades a l'aigua residual*

Per tenir un control exhaustiu de l'estat de l'aigua que entra i que surt de l'EDAR, es duen a terme una sèrie d'analítiques fisicoquímiques i l'observació microscòpica del fang del reactor biològic. Per això, cal recollir mostres en diferents punts del procés de depuració, 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 fan 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.

Els equips de protecció individual (EPI), com la bata, els guants i la pera de succió, són d'ús obligat en el laboratori.

Les mostres d'aigua residual són sotmeses a les següents analítiques fisicoquímiques, seguint uns Procediments Normalitzats de Treball preestablerts: alcalinitat i àcids volàtils, clorurs, conductivitat, demanda bioquímica d'oxigen, demanda química d'oxigen, fòsfor total, matèries en suspensió, nitrats, nitrits, nitrogen amoniacal, nitrogen Kjeldahl, pH, sòlids totals i volàtils i sulfurs.

---

### *Observació de mostres al microscopi*

Mirar al microscopi una gota d'aigua residual del reactor biològic d'una EDAR ens dona una idea dels milions de microorganismes que hi viuen. Les observacions *in vivo* poden fer-se amb llum directa o amb contrast de fases, per destacar determinades estructures cel·lulars. Amb tincions específiques (Gram, Neisser) s'obté una millor visió de certes parts de les cèl·lules dels bacteris filamentosos.

### *El paper bioindicador de la microfauna en l'ecosistema dels fangs actius*

El sistema de depuració dels fangs actius és un ecosistema artificial on els grups de microorganismes vius, els descomponedors (bacteris, fongs i alguns protozous flagel·lats) i els consumidors (protozous ciliats, flagel·lats, sarcodins i micrometazous), constitueixen comunitats biològiques complexes, interrelacionades entre si i amb el medi físic que els envolta. Alguns d'ells degraden la matèria orgànica present en l'aigua residual, tot competint per l'aliment i la depredació.

El flocul és la unitat ecològica i estructural del fang actiu, un conjunt d'agregats microscòpics on hi ha bacteris formadors, bacteris filamentosos i partícules de matèria orgànica i/o inorgànica.

### *Els habitants del micromón*

Són microorganismes tant vegetals com animals: bacteris, fongs, protozous, algues i micrometazous. En la depuració biològica destaquen els bacteris, els protozous i els metazous. Les condicions fisicoquímiques del medi (temperatura, salinitat, disponibilitat d'oxigen, pH...) influeixen en la seva activitat i poden afectar l'eficiència del procés.

### *Els bacteris*

Són éssers unicel·lulars procariotes: formats per una sola cèl·lula, el material genètic de la qual és dispers pel citoplasma. Als fangs actius n'hi ha dos grups: els formadors de floculs, que solen ser cèl·lules individuals, i els filamentosos, que formen cadenes de diferents longituds i gruixos. La trentena de bacteris filamentosos coneguts s'identifiquen segons els seus trets morfològics. En l'estudi n'hem trobat 23 espècies, de les quals s'han elaborat fitxes i fotografies: *Bacillus sp.*, *Beggiatoa sp.*, *Cyanophyceae*, *Flexibacter sp.*, *Haliscomenobacter hydrossis*, *Microthrix parvicella*, *Nocardia sp.*, *Nostocoida limicola I i II*, *Spirillum sp.*, *Spirochaeta sp.*, *Streptococcus sp.*, *Thiothrix I i II*, i els tipus 021N, 0041, 0092, 0581, 0675, 0914, 0961, 1851 i 1863.

### *Els protozous*

Són éssers unicel·lulars eucariotes, amb el material genètic encerclat per una membrana. A les EDAR, són bàsics per al funcionament del sistema de tractament,

---

perquè depreden sobre els bacteris. S'agrupen en tres classes, segons el tipus d'apèndixs mòbils: flagel·lats (amb flagels), ciliats (amb cilis) o sarcodins (amb pseudòpodes). Cada grup té una funció concreta en el sistema; la seva aparició i abundància reflecteix les condicions fisicoquímiques en els reactors biològics; és un índex molt útil per valorar l'eficiència del procés depuratiu. Se n'han identificat 33 espècies, amb les seves fitxes i fotografies: Flagel·lats: *Astasia sp.*, *Bodo saltans*, *Entosiphon sp.*, *Euglena sp.*, *Peranema trichophorum* i *Trepomonas sp.* Ciliats: *Acineta uncinata*, *Acineta sp.*, *Aspidisca cicada*, *Cinetochilum margaritaceum*, *Colpidium sp.*, *Cyclidium sp.*, *Dexiotricha granulosa*, *Drepanomonas revoluta*, *Epistylis sp.*, *Holophrya sp.*, *Litonotus lamella*, *Opercularia sp.*, *Paramecium aurelia*, *Periacineta sp.*, *Podophrya sp.*, *Spirostomum teres*, *Tokophrya infusionum*, *Tokophrya lemnae*, *Uronema nigricans*, *Vaginicola sp.*, *Vorticella convallaria*, *Vorticella infusionum* i larves telotroques. Sarcodins: gimnamebes i tecamebes (*Arcella sp.*, *Centropyxis sp.* i *Euglypha sp.*).

### *Els micrometazous*

Organismes pluricel·lulars de nutrició heteròtrofa. Són els menys abundants i indiquen edats elevades dels fangs. S'hi han vist nematodes, rotífers (*Rotaria sp.*), àcars i anèl·lids (*Aelosoma variegatum*).

### *Interpretació dels resultats*

Després d'estudiar 27 mostres de les EDAR de Palamós, Castell d'Aro, Torroella de Montgrí, Lloret de Mar i Blanes, i d'anotar quins i quants microorganismes hi apareixen, s'han elaborat taules qualitatives, quantitatives i gràfiques. Serveixen per comparar l'abundància de les 60 espècies, que són bioindicadores de l'estat i les característiques de l'aigua residual de les depuradores estudiades.

### **Conclusions**

A Palamós i Castell d'Aro el procés depuratiu és bo o semibo, perquè les espècies del gènere *Epistylis* hi abunden.

En aquestes dues EDAR hi ha més sulfurs que a Torroella, perquè reben abocaments procedents de fosses sèptiques.

A les tres EDAR, la deficiència de nitrogen pot ser deguda a l'entrada de tòxics, tot provocant desequilibris.

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 les depuradores petites (Torroella) que les grans (Palamós i Castell d'Aro). Això, provoca reinicialitzacions contínues del procés.

1- Bacteri filamentós *Nocardia* sp. (1000x).

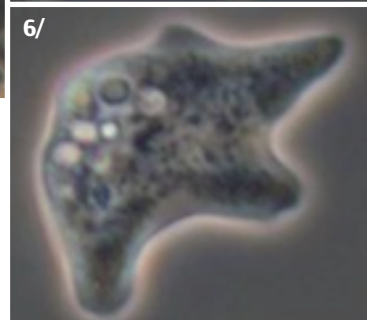
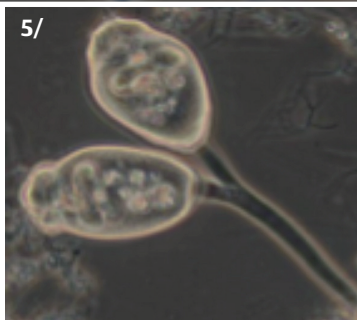
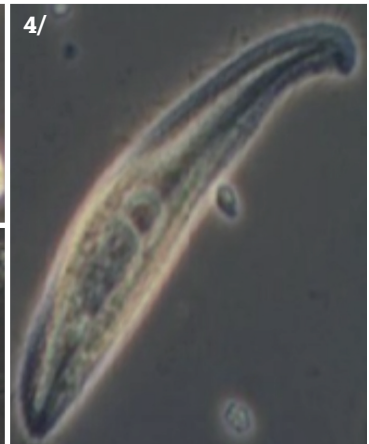
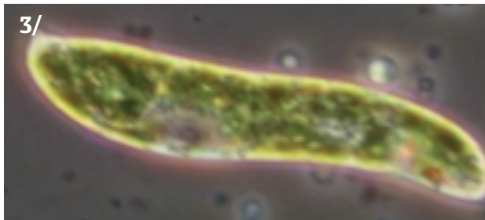
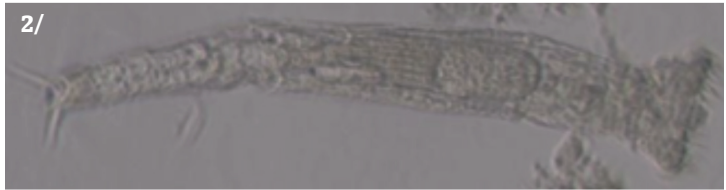
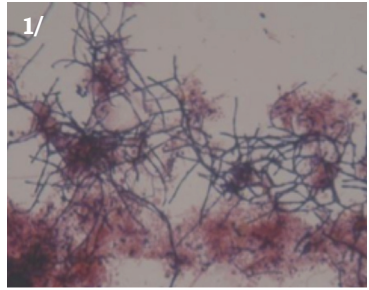
2- Rotífer *Rotaria* sp. (200x).

3- Flagel·lat *Euglena* sp. (400x).

4- Ciliat reptant *Litonotus lamella* (400x).

5- Ciliat sèssil *Epistylis* sp. (400x).

6- Gimnameba (400x).



---

L'edat dels fangs és alta en els tres casos, fet que indica que l'estat de l'ecosistema és vell i requereix una renovació.

La suma dels paràmetres estudiats indiquen que la qualitat de les EDAR de Palamós i Castell d'Aro és lleugerament millor que la de Torroella.

### **Bibliografia**

Llibres: – BOSCH GRAU, A. *Microscopia de la Depuració Biològica*. Barcelona: Sociedad de Explotación de Aguas Residuales (SEARSA), 1991. – JENKINS, D.; RICHARD, M. G.; DAIGGER, G. T. *2nd Edition Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking and Foaming*. Michigan: Lewis Publishers, INC, 1993. – SERRANO, S.; ARREGUI, L.; PEREZ-UZ, B.; CALVO, P.; GUINEA, A. *Guidelines for the Identification of Ciliates in Wastewater Treatment Plants*. London: Published by IWA Publishing, 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) y Reed Business Information. Tecnología del Agua, 2008. – *Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales*. APHA-AWWWA-WPCF. 17a ed. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A., 1992. – *Microorganismos Filamentosos en el Fango Activo*. Empresa Municipal de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla S.A. (EMASESA), 1997. CD-ROM: – FERRER TORREGROSA, C. *BIOFAC vs.1.0. La Bioindicación en EDAR de Fangos Activos*. FACSA, 2009. – Grupo Bioindicación Sevilla (GBS). *Curso de Microbiología de Fangos Activos*. 2009. Webs: – <[http://bugs.microorganisms.com/es/List\\_of\\_Microorganisms.htm](http://bugs.microorganisms.com/es/List_of_Microorganisms.htm)> – <[http://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/aguas/Protozoos.asp](http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/Protozoos.asp)> – <[http://www.jfhcs.unp.edu.ar/catedras/ecologia\\_acuatica/ecologia\\_acuatica/Textos%20alumnos/Ciliados.pdf](http://www.jfhcs.unp.edu.ar/catedras/ecologia_acuatica/ecologia_acuatica/Textos%20alumnos/Ciliados.pdf)> – <<http://www.asissludge.com/>>.