

DINS D'UNA GOTA D'AIGUA

ESTUDIANT L'EFECTE DE LA CONTAMINACIÓ DELS
RIUS DEL PLA DE L'ESTANY EN LES PULSACIONS
CARDÍAQUES DE LA *Daphnia magna*

Ruth Marín Calles

2n Batxillerat A

Institut Josep Brugulat

Promoció 2021/2023

Tutors: Helena Riuró

i Sergi Martínez

SÍNTESI

RESUM

El següent projecte presenta un estudi de les pulsacions cardíques i la mortalitat de la *Daphnia magna* sotmesa a aigües contaminades. Vistos els greus episodis de contaminació constatats fa uns anys als rius del Pla de l'Estany, es busca veure si la contaminació causada per la mala gestió forestal i l'abocament de purins, presenta alguna alteració dins les variables habituals de les dàfnies. Tanmateix, es vol establir una comparativa entre els dos rius estudiats (Matamors i Ser) i els tres trams d'aquests (Curs alt, baix i mitjà) en funció a una mostra d'un riu control a un tram no contaminat (Terri). L'experiment realitzat consisteix en un *acute*: es seleccionen 50 dàfnies i són posades en els 7 tancs (3 corresponents al Matamors, 3 al Ser i 1 del Terri) amb l'aigua recollida, durant les següents 48h es prenen 5 mesures per observar com evolucionen les constants de l'espècie. Es fan 3 rèpliques de l'experiment. S'aprecia que les dàfnies sotmeses a les aigües de trams contaminats presenten unes pulsacions i una mortalitat més elevades que els trams no tan contaminats i el grup control. Així doncs, reforçant l'experiment amb les mesures fisicoquímiques preses *in situ* durant el mostreig, podem concloure que els rius estudiats presenten contaminació i que aquesta pot afectar als éssers vius que hi habiten, tal com s'ha demostrat utilitzant la *Daphnia magna* com a bioindicador.

RESUMEN

El siguiente proyecto presenta un estudio de las pulsaciones cardíacas y la mortalidad de la *Daphnia magna* sometida a aguas contaminadas. Vistos los graves episodios de contaminación constatados hace unos años en los ríos del Pla de l'Estany, se busca ver si la contaminación causada por la mala gestión forestal y el vertido de purines, presenta alguna alteración dentro de las variables habituales de las pulgas de agua. Sin embargo, se quiere establecer una comparativa entre los dos ríos estudiados (Matamors y Ser) y los tres tramos de éstos (Curso alto, bajo y medio) en función de una muestra de un río control a un tramo no contaminado (Terri). El experimento realizado consiste en un *acute*: se seleccionan 50 dafnias y són puestas en los 7 tanques (3 correspondiente al Matamors, 3 al Ser y 1 del Terri) con el agua recogida, durante las siguientes 48h se toman 5 medidas por observar cómo evolucionan las constantes de la especie. Se hacen 3 réplicas del experimento. Se aprecia que las pulgas de agua sometidas a las aguas de tramos contaminados presentan unas pulsaciones y una mortalidad mucho más elevadas que los tramos no tan contaminados y el grupo control. Así pues, reforzando el experimento con las medidas fisico-químicas tomadas *in situ*

durante el muestreo, podemos concluir que los ríos estudiados todavía presentan contaminación y que ésta afecta a la *Daphnia magna*.

ABSTRACT

The following project presents a study of cardiac pulsations and mortality of *Daphnia magna* subjected to contaminated water. Given the serious episodes of contamination observed a few years ago in this same area (Pla de l'Estany), the aim is to see if the contamination caused by poor forest management and the dumping of slurry presents any alteration within the usual variables of water fleas. However, we want to establish a comparison between the two rivers studied (Matamors and Ser) and their three sections (high, low and middle courses) based on a sample from a control river to an uncontaminated section (Terri) . The experiment carried out consists of an *acute*: 50 daphnia are selected and placed in the 7 tanks (3 corresponding to the Matamors, 3 to the Ser and 1 to the Terri) with the collected water, during the following 48 hours 5 measurements are taken to observe how they evolve. the constants of the species. Three replicates of the experiment are made. It can be seen that the water fleas subjected to the waters of the polluted stretches have much higher pulsations and mortality than the not so polluted stretches and the control group. Thus, reinforcing the experiment with the physical-chemical measurements taken in these settings during the sampling, we can conclude that the rivers studied still show contamination and that it affects *Daphnia magna*.

NOTA D'AGRAÏMENT

Primerament, m'agradaria fer un agraïment al tutor que vaig tenir a l'inici del treball, en Sergi Martínez, per la seva disposició, atenció i dedicació. Llavors, dono gràcies especialment a l'Helena Riuró per agafar el relleu de la tutorització del meu treball, facilitar-me nombrosos contactes que m'han estat d'ajuda i permetre la cessió del microscopi de l'Institut Josep Brugulat, n'estic infinitament agraïda per l'orientació proporcionada a l'hora de perfilar i concretar el treball, sense ella aquest projecte no seria el mateix.

M'agradaria agrair també l'ajuda que m'ha proporcionat l'Escola de Natura de Banyoles, per la cessió de l'oxímetre i la xarxa que m'ha permès recollir les dàfnies. També agraeixo que m'hagin ajudat a concretar els rius estudiats i m'hagin facilitat informació sobre on podia recollir les dàfnies. Dono les gràcies també a la depuradora de Cornellà, especialment a la Sunsi Ferrer Matas, que em va permetre fer una visita a la depuradora i em va explicar els procediments que aquesta emprea per depurar les aigües de la comarca. També agraeixo la seva amabilitat a l'hora de respondre les preguntes i qüestions que em van sorgir respecte als processos de depuració. Finalment, m'agradaria donar les gràcies a la Dra. Anna Freixa de l'ICRA, per facilitar-me informació per poder fer la part pràctica.

Per altra banda, m'agradaria agrair també l'ajuda de la professora Dolors Pujol, qui va tutoritzar-me el treball a 4t d'ESO a l'Institut Pla de l'Estany. Li dono les gràcies per l'empenta que em va donar per iniciar el treball, les hores de dedicació, el suport i l'experiència proporcionada. Així doncs, també m'agradaria agrair la dedicació de l'Àngels Felip, qui va fer possible que veiés per primera vegada les dàfnies al laboratori, i inicialment despertant-me molta curiositat pel món de l'ecologia. Curiositat que em va encoratjar a reprendre el treball iniciat a 4t d'ESO com el meu Treball de Recerca.

Tanmateix, també estic molt agraïda a les persones del meu voltant, fent un esment especial a la meva mare, qui m'ha motivat a no rendir-me, llegint-se nombroses vegades el treball i fent-ne comentaris d'una manera o altra. Estic agraïda al meu pare, qui m'ha ajudat a trobar els punts d'accés als rius, i m'ha acompanyat a fer la recollida de mostres. És per això que sense ells, el treball no hagués produït aquests fruits.

ÍNDEX

INTRODUCCIÓ	9
<u>1- MOTIVACIÓ</u>	9
<u>2- HIPÒTESIS</u>	9
<u>3- OBJECTIUS</u>	10
<u>4- METODOLOGIA I PARTS DEL TREBALL</u>	10

MARC TEÒRIC

<u>1- CONSIDERACIONS GENERALS DEL PLA DE L'ESTANY</u>	12
1.1- Situació geogràfica.....	12
1.2- Clima.....	13
1.3- Xarxa hidrogràfica.....	14
1.3.1- El cicle de l'aigua.....	14
1.3.2- L'aigua i la seva essencialitat dins un ecosistema.....	15
1.3.3- L'Estany de Banyoles.....	16
1.3.4- El Fluvià.....	18
1.3.4.1- El Ser.....	18
1.3.5- El Terri.....	19
1.3.5.1- El Matamors.....	20
<u>2- PRINCIPALS AGENTS CONTAMINANTS DE LES AIGÜES</u>	21
2.1- Abocaments industrials.....	21
2.1.1- Impacte dels abocaments industrials a l'aigua.....	22
2.2- Abocament de purins.....	22
2.2.1- Cicle del nitrogen.....	23
2.2.2- Els purins i la seva filtració.....	24
2.2.3- Conseqüències dels purins a l'aigua.....	24
2.2.4- Com eliminar els purins de les aigües.....	24
2.3- Mala gestió forestal.....	25

3- <u>DEPURACIÓ DE LES AIGÜES</u>	25
3.1- Tipus de depuració.....	26
3.2- Depuradores EDAR de Serinyà i de Cornellà del Terri.....	27
4- <u>LA DAPHNIA MAGNA</u>	29
4.1- Descripció i fisiologia.....	30
4.2- Alimentació.....	31
4.3- Reproducció.....	32

MARC PRÀCTIC

Anàlisi experimental de la zona estudiada

5- <u>PLANTEJAMENT DE LA RECERCA</u>	33
6- <u>DISSENY EXPERIMENTAL</u>	33
6.1- Protocol de recollida de mostres i d'anàlisi d'aigües.....	35
6.2- Protocol de recollida i selecció de les dàfnies.....	36
6.3- Protocol de recompte de les pulsacions de les dàfnies.....	36
6.4- Protocol de recompte de dàfnies vives i mortes.....	37
7- <u>RESULTATS</u>	37
7.1 -Resultats de la recollida de mostres i l'anàlisi d'aigües.....	37
7.1.1- Rèplica 1.....	38
7.1.1.1- El Ser.....	38
7.1.1.2- El Matamors.....	39
7.1.1.3- El Terri - riu control.....	40
7.1.2- Rèplica 2.....	40
7.1.2.1- El Ser.....	40
7.1.2.2- El Matamors.....	41
7.1.2.3- El Terri - riu control.....	42
7.1.3- Rèplica 3.....	42
7.1.3.1- El Ser.....	42
7.1.3.2- El Matamors.....	43
7.1.3.3- El Terri - riu control.....	43

7.2 - Resultats obtinguts de les pulsacions - dàfnies vives i mortes.....	44
7.2.1- Rèplica 1.....	46
7.2.1.1- Recollida de dàfnies.....	46
7.2.1.2- El Ser.....	46
7.2.1.3- El Matamors.....	47
7.2.1.4- El Terri - riu control.....	47
7.2.2- Rèplica 2.....	48
7.2.2.1- Recollida de dàfnies.....	48
7.2.2.2- El Ser.....	48
7.2.2.3- El Matamors.....	48
7.2.2.4- El Terri - riu control.....	49
7.2.3- Rèplica 3.....	49
7.2.3.1- Recollida de dàfnies.....	49
7.2.3.2- El Ser.....	50
7.2.3.3- El Matamors.....	50
7.2.3.4- El Terri - riu control.....	50
7.3 -Visita a la depuradora EDAR de Cornellà del Terri.....	50
<u>8- DISCUSSIÓ DELS RESULTATS.....</u>	51
8.1 - Limitacions i futures recerques.....	54
CONCLUSIONS.....	56
BIBLIOGRAFIA.....	57
ANNEXOS.....	62
<u>ANNEX 1. Fitxa de camp - Recollida de mostres d'aigua.....</u>	<u>62</u>
<u>ANNEX 2. Taules de les mesures fisicoquímiques, pulsacions i mortalitat.....</u>	<u>64</u>
<u>ANNEX 3. Imatges de la recollida de mostres.....</u>	<u>71</u>
<u>ANNEX 4. Visita a la depuradora EDAR de Cornellà del Terri.....</u>	<u>74</u>
<u>ANNEX 5. Gràfiques - discussió dels resultats.....</u>	<u>79</u>
<u>ANNEX 6. Gràfiques de l'enquesta i recollida de dàfnies - curs 2020/2021.....</u>	<u>83</u>

INTRODUCCIÓ

1- MOTIVACIÓ

Vaig fer l'elecció del meu treball de recerca a l'assignatura de projectes (una assignatura destinada a introduir el TdR) a 4t d'ESO, el curs 2020-2021. A l'hora d'escollir-lo vaig fer una llista de temes que m'interessaven. Després d'unes quantes setmanes, finalment vaig decidir-me per una idea que realment em motivava i em despertava curiositat. Quan vaig veure l'estat dels rius de la meua comarca (Limnos, 2017) (Estebán, 2020), vaig saber immediatament que tenia interès en conèixer més sobre aquesta qüestió, i vaig decidir orientar-hi el meu projecte de recerca. El que em va motivar especialment a l'hora d'escollir aquest tema va ser la curiositat per descobrir l'estat actual dels rius de la zona on visc, amb els quals estic familiaritzada, i veure com aquests contribueixen, en la seva desembocadura, a la contaminació dels rius que estan en pitjor estat de Catalunya.

Un cop vaig informar-me sobre com orientar aquesta idea, vaig decantar-me per relacionar dos temes. Primerament fer un estudi de la contaminació dels rius de la meua comarca (contaminats per purins, residus industrials i mala gestió forestal) i complementar aquesta investigació amb un estudi mitjançant la *Daphnia magna* (popularment anomenada dàfnia o puça d'aigua), un petit crustaci que serveix de bioindicador de la potabilitat de les aigües. Això em permetria saber com la contaminació dels nostres rius afecta les pulsacions cardíaques i a la mortalitat de les dàfnies, que podrien ser la base d'un ecosistema i, per tant, a manca d'aquestes, també desapareixen altres espècies piscícoles. Així doncs, vaig començar a endinsar-me en la matèria, a fer recerca i a orientar el meu treball.

Quan se'm va plantejar escollir un tema definitiu a 1r de batxillerat pel treball de recerca vaig tenir molt clar que volia reprendre el treball iniciat el curs anterior. El curs passat vaig poder obtenir-ne una visió general, i juntament amb el meu tutor, i posteriorment amb la meua tutora, m'he definit una sèrie d'objectius que he assolit en finalitzar el meu treball de recerca aquest curs.

2- HIPÒTESIS

Amb el meu treball em van sorgir un munt de preguntes, per les quals en vaig sintetitzar una sèrie d'hipòtesis.

Primerament, la pregunta inicial que em va portar a fer recerca sobre aquesta temàtica va ser si encara es produeix aquesta contaminació als rius de la comarca. Per aquest motiu, em vaig plantejar una primera hipòtesi: “Potser els rius estan contaminats pels purins, els residus industrials i la mala gestió forestal, i aquesta contaminació afecta els éssers vius”.

A continuació, em vaig plantejar quin ésser viu em podia servir d'indicador per a determinar la contaminació dels rius de la comarca. Després d'una mica de recerca bibliogràfica, em vaig plantejar la segona hipòtesi: “Potser aquesta contaminació afecta les pulsacions i la mortalitat de les dàfnies (*Daphnia magna*), poden servir com a bioindicador de la potabilitat i la contaminació dels rius”.

3- OBJECTIUS

Per tal d'assolir les hipòtesis de partida, en relació també a la motivació inicial, em vaig plantejar els següents objectius:

- Estudiar i comparar la qualitat i contaminació dels rius del Pla de l'Estany.
- Concretar quin efecte té aquesta contaminació a l'aigua sobre els animals i humans que les utilitzen.
- Determinar la *Daphnia magna* com a bioindicador de les aigües contaminades.
- Estudiar com es tracten les aigües que contenen residus químics abans de ser retornades als rius, visitant la depuradora EDAR de Cornellà del Terri.

4- METODOLOGIA I PARTS DEL TREBALL

El cos d'aquest treball consta d'una **part teòrica** on es troben redactades les consideracions generals del Pla de l'Estany, és a dir, la situació geogràfica i el clima. En aquest treball també s'hi pot trobar un apartat on s'explica la xarxa hidrogràfica, característica principal de la comarca. Més concretament s'ha escollit aprofundir en el Matamors i el Ser. Com a riu control, s'ha escollit el

Terri abans que el Matamors hi desemboqui, ja que aquest es troba en bon estat abans de rebre les aigües del seu afluent. D'altra banda, un altre punt de la part teòrica és la descripció de les dàfnies, que inclou la seva fisiologia, reproducció i alimentació.

Per la **part pràctica** s'ha plantejat dur a terme la investigació de la qualitat i la contaminació dels rius de la comarca, més concretament, s'ha fet una selecció de tres rius (Matamors, Remençà i Ser) dels quals se n'estudiaria el curs alt, mitjà i baix per establir una comparativa i determinar quan es produeix aquesta contaminació, si n'hi ha. Tot i això, a l'hora de dur-ho a terme, només s'han pogut estudiar 2 dels rius esmentats (Matamors i Ser), per sequera del Remençà. Primerament, s'han analitzat totes les mesures fisicoquímiques que ens determinen el grau de contaminació: el pH, els nitrats i nitrits, la duresa de l'aigua, la conductivitat i l'oxigen en aigua. Aquestes mesures van ser preses *in situ*. A continuació s'han pres mostres de cadascun dels rius distribuïnt-los en 7 tancs amb 50 dàfnies (obtingudes de la bassa de la Draga), de les quals se n'han estudiat les pulsacions cardíaques i la mortalitat en 5 mesures diferents durant 48 h. També s'ha realitzat una entrevista a la Sunsi Ferrer Matas de la depuradora EDAR de Cornellà del Terri per conèixer millor els sistemes de depuració que s'empren.

Finalment, els resultats s'han analitzat, i al final del treball es troben redactades les interpretacions d'aquests, per tant, la **discussió**. Seguidament, s'hi troben totes les **conclusions** de l'estudi, extretes de la part teòrica i sobretot la part pràctica, observant així que ambdós rius estudiats es troben encara contaminats i segons el grau de contaminació es veuen condicionades les pulsacions i de retruc la mortalitat que presenten les dàfnies. Al final del treball podem trobar la **bibliografia** que deixa constància de tots els enllaços, llibres i altres recursos utilitzats tant per a la redacció de la part teòrica com pràctica, tots ells es troben escrits en el format APA. També queden redactades la numeració i les fonts de les figures i taules del treball. I ja per finalitzar, a les últimes pàgines d'aquest projecte s'hi poden trobar els **annexos**, on queden recollides totes les fotografies: imatges de les mostres recollides, les taules de resultats de l'observació i cultiu de les dàfnies, les fitxes de treball dels resultats de les proves fisicoquímiques dels rius estudiats; i també una breu enquesta realitzada a l'alumnat de 4t d'ESO (feta al curs 2020/2021) sobre la contaminació dels rius del Pla de l'Estany que, tot i que no està inclosa en el treball, ha servit per discutir els resultats obtinguts i plantejar futures recerques.

MARC TEÒRIC

1- CONSIDERACIONS GENERALS DEL PLA DE L'ESTANY

1.1- Situació geogràfica

El Pla de l'Estany és una petita comarca situada al nord-est de Catalunya, a la província de Girona. La comarca és fronterera amb les comarques de la Garrotxa, l'Alt Empordà i el Gironès. Va ser creada l'any 1988 i el 2018 tenia una població de 32.293 habitants.

La comarca està constituïda per 11 municipis: Banyoles, Camós, Cornellà del Terri, Crespjà, Esponellà, Fontcoberta, Palol de Revardit, Porqueres, Sant Miquel de Campmajor, Serinyà i Vilademuls.



El Pla de l'Estany consta d'un dels entorns naturals més privilegiats del país i també està integrat per una gran diversitat biològica. Sobretot presenta una gran varietat d'ocells, actualment n'hi ha més de 100 espècies que hi habiten com per exemple els bernats pescaires, ànecs de collverd, diversos tipus de gavians, aus rapinyaires (Museu Darder, 2020).

Figura 1: Infografia de la regió del Pla de l'Estany. (Font: Enciclopèdia catalana, 2021)

Banyoles es troba a una altitud de 172 metres sobre el nivell del mar. Amb una extensió de 232 km² destaquem el massís de Rocacorba (985 metres) i Sant Patllari (654 metres) on podem observar una gran abundància de marges i roca tendra, és a dir, roques toves i sense gaire duresa (Enciclopèdia catalana, 2009). A les zones muntanyoses hi trobem una gran diversitat de mamífers. No obstant els anteriors cims, el principal atractiu de la comarca, tant en l'àmbit biològic com turístic, és l'estany de Banyoles, el llac natural més gran de tota Catalunya. L'Estany de Banyoles integra una important xarxa hidrogràfica (Apartat 1.3).

1.2- Clima de la comarca

El clima del Pla de l'Estany té un interès especial per la seva variabilitat; és Mediterrani de tipus prelitoral nord. El clima s'emmarca dins el grup temperat plujós del tipus mediterrani (Cfa segons l'escala de Köppen Geiger¹). Aquestes causes s'expliquen principalment per la proximitat a la mar Mediterrània i una certa llunyania de l'oceà Atlàntic, i també pel fenomen lacustre que domina una gran part de la comarca. Així doncs, els factors condicionants del clima de la comarca són l'orografia² i l'esmentat fenomen lacustre, així com la posició i la circulació atmosfèrica de l'Atlàntic nord. El clima de la comarca és la suma del clima mediterrani temperat propi de les costes occidentals i el clima desert subtropical o tropical.

Tot i això, el clima és càlid i temperat. Es registren unes temperatures mitjanes anuals de 14,3 °C, els mínims es registren entre 5-7 °C i els màxims a 22-23 °C. Els estius consten d'unes mitjanes d'uns 23 °C a 24 °C, i els hiverns freds, al voltant dels 7 °C, comportant una amplitud tèrmica anual moderada. La temperatura de la comarca ve determinada per l'efecte del mar Mediterrani, que suavitza els mínims i els màxims de temperatura. L'efecte de l'Estany de Banyoles és significatiu respecte a la humitat, provocant una mitjana d'un 85,7% d'humitat relativa (Generalitat de Catalunya, 2002).

La comarca és plujosa, amb valors mitjans anuals que augmenten progressivament d'est a oest, entre els 700 mm als 900 mm. Als mesos d'hivern es detecta un mínim relatiu de precipitació, ja que les masses d'aire de l'oest arriben minimitzades després d'haver descarregat bona part de les precipitacions a l'oceà atlàntic.

Per altra banda, a la tardor, la interacció entre aquestes masses d'aire fredes i tèbies determinen la formació d'una gran quantitat de tempestes, i això provoca que el màxim de precipitacions sigui registrat a la tardor degut als intensos xàfecs. El Pla de l'Estany presenta un mínim de precipitació estival. Les precipitacions mitjanes anuals són de 960 mm. Aquestes abundants precipitacions estacionals corroboren al cabal de la xarxa hidrogràfica de la comarca.

¹ L'escala de Köppen Geiger va ser creada l'any 1884 pels climatòlegs Vladímir Köppen i Rudolf Geiger i divideix els climes del món en 5 grups principals: tropical, sec, temperat, continental i polar. El Pla de l'Estany correspon al Cfa, que vol dir clima subtropical humit amb una estació seca a l'estiu.

² Geografia física.

1.3- Xarxa hidrogràfica

1.3.1- El cicle de l'aigua

L'aigua (H_2O) és una molècula molt estable composta per tres àtoms, dos hidrògens i un oxigen, disposats en un angle de 105° . Els dos hidrògens es troben units a l'oxigen mitjançant un enllaç covalent, un enllaç fort que implica el compartiment d'electrons entre els àtoms. Per tant, és una molècula dipolar, i l'excés de càrrega negativa de l'oxigen queda compensada per les càrregues positives dels dos àtoms d'hidrogen.

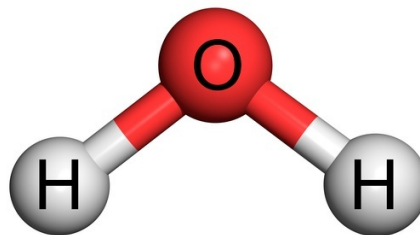


Figura 2: Representació de la molècula d'aigua. (Font: Ruiz, 2012)

L'aigua té tres estats a la natura, en els quals no canvia la seva composició química: sòlid, líquid i gasós. En l'estat sòlid, l'aigua es troba a menys de $0^\circ C$. En aquest estat, el gel flota sobre l'aigua líquida, a causa de l'aire atrapat dins les molècules d'aigua en congelar-se. L'aigua és un bé escàs i és limitada, tot i ocupar més d'un 70% de la superfície terrestre.

L'aigua segueix un cicle tancat. El cicle comença als oceans, que són els indrets d'on prové la major part de l'aigua terrestre, la quantitat d'aigua que s'hi troba emmagatzemada és molt més que la que podem trobar en circulació al cicle (96,5%). Existeixen una gran quantitat de corrents que mouen les masses d'aigua oceàniques al voltant de la Terra. Aquests moviments són de gran importància, ja que poden ser rellevants pel cicle de l'aigua. L'evaporació és el procés principal pel qual l'aigua canvia d'estat líquid a estat gasós, d'aquesta manera, l'aigua dels mars passa a formar part de l'atmosfera (en forma de vapor). El Sol, que dirigeix el cicle de l'aigua, escalfa els oceans, dels quals l'aigua s'evapora cap a l'atmosfera (un 90% de l'aigua evaporada prové dels oceans). La calor és un factor molt determinant del cicle, ja que aquesta energia és necessària per dur a terme l'evaporació. L'energia calorífica és utilitzada per trencar els enllaços que uneixen les molècules d'aigua: el punt d'ebullició de l'aigua és de $100^\circ C$ ($212^\circ F$). Quan hi ha una humitat de l'aire d'un 100%, hi ha un punt de saturació, en el qual es deixa de dur a terme l'evaporació. A la superfície terrestre es donen en major quantitat les precipitacions que les evaporacions i als oceans passa el

contrari. L'evaporació que es produeix al llarg de tot el cicle assegura una renovació constant de l'aigua i un moviment cíclic entre l'atmosfera, la terra i els oceans.

Un cop evaporada, una molècula pot estar al voltant de deu dies flotant a l'aire. Seguidament, es duu a terme el procés de condensació, en el qual l'aigua recupera la seva forma líquida inicial (procés invers de la vaporització). Durant aquest procés les molècules d'aigua es combinen amb microscòpiques partícules de pols, sals i fum, que originen els núvols. Els núvols són la forma més visible de la condensació de l'aigua a l'atmosfera, de fet, hi ha tanta aigua emmagatzemada a l'aire que si precipités tota, es podria cobrir tota la superfície terrestre amb 2,5 cm d'aigua. La condensació també és responsable d'altres fenòmens com la boira.

El següent nivell del cicle és la precipitació, és a dir, l'alliberament de les partícules condensades en els núvols en forma de pluja, aiguaneu, neu o pedra. Això es produeix a causa de les masses d'aire, que fan col·lidir les partícules d'aigua en suspensió, fent-les créixer de mida i caure en forma de precipitació. Si aquestes partícules s'ajunten per precipitar-se, es formen les gotes de pluja. Una part d'aquesta aigua es precipita en forma de neu, que es congela i es pot arribar a emmagatzemar en els glacials durant milers d'anys. En els climes més càlids, aquesta neu es fon i es desfà quan arriba la primavera. La major part d'aquestes precipitacions cauen en els oceans o sobre la Terra. Les esmentades aigües arriben als rius gràcies a les depressions del terreny, i aquests rius tornen a transportar l'aigua als oceans. Una part de l'aigua s'escola i s'absorbeix pel sòl i torna als oceans a partir de rius i aqüífers subterranis. Aquesta aigua subterrània és, en molts casos, filtrada per les plantes per dur a terme la respiració cel·lular i és transpirada a través de les fulles, tornant així a l'atmosfera (10% de l'aigua total evaporada) (Ruiz, 2012).

1.3.2 L'aigua i la seva essencialitat dins l'estructura d'un ecosistema

Un riu o un llac no són una simple massa d'aigua sinó que constitueixen un ecosistema complex. Aquest resultat, és a dir, aquest ecosistema està format per la interacció de factors biòtics o biocenosi (éssers vius que hi habiten i les relacions tròfiques que estableixen entre ells) conjuntament amb la interacció de factors abiòtics (elements sense vida) (Bouse, 2022). Coneixem 3 factors abiòtics que conformen el biòtop:

- **Substrat**, és a dir, lloc on es fixen, es desplacen o s'aguanten els organismes. Hi ha molts tipus de substrat, com podrien ser una roca, un fons arenós, l'aigua, el sòl i fins i tot el cos d'altres organismes. En el cas dels rius i dels llacs el substrat és l'aigua.
- El **medi** que envolta els organismes. A la biosfera trobem dos tipus de medi: l'aire (compost pels gasos que constitueixen l'atmosfera, el vapor d'aigua i les partícules en suspensió) i el medi aquàtic (constituït per l'aigua que integra mars, oceans, rius, llacs...).
- Els **factors fisicoquímics**, que són característiques físiques o químiques del medi on viuen els organismes i que provoquen en ells respostes diverses. En poden ser exemples la temperatura, la salinitat, la pressió, la llum, la humitat, entre altres. Normalment, les espècies presenten zones de tolerància (on poden viure) per cada determinat factor abiòtic o fisicoquímic. Podem distingir organismes eurioics (un marge molt ampli de tolerància) o estenoics (marge molt estret de tolerància). Els factors fisicoquímics són d'especial importància en rius i llacs.

A més a més, en un ecosistema també intervenen factors limitants. En condicions naturals els ecosistemes poden veure alterada temporalment la qualitat de les seves aigües per l'augment de l'aportació de matèria orgànica (fulles, despulles animals...) especialment a la tardor, que els organismes descomponedors s'encarregaran d'eliminar, restablint l'equilibri. La reducció dels cabals dels rius per efecte dels regadius i els embassaments, unida a la presència d'aigües residuals, disminueix dràsticament la seva capacitat d'autodepuració, convertint grans trams de riu en ecosistemes precaris, altament contaminats. Això són exemples de factors limitants pel creixement i l'expansió d'una espècie aquàtica, que podria arribar a perjudicar greument la seva xarxa tròfica. L'aigua no és tan sols un recurs essencial per a la vida, sinó també una part imprescindible de la biosfera, per això, a més de racionalitzar-ne l'ús, cal preservar el seu equilibri i la seva influència en els sistemes vius.

1.3.3- L'Estany de Banyoles

La comarca està molt marcada per un conjunt de sistemes lacustres centrats en l'Estany de Banyoles. Una bona part de la plana és recoberta pels travertins lacustres dipositats per l'estany quan les seves aigües ocupaven un sector més extens de l'actual. La conca lacustre està formada per

diversos estanyols: l'Estanyol del Vilar, l'Estanyol de la Cendra, l'Estanyol Gros i Petit de Montalt, l'Estanyol de N'ordis, l'Estanyol d'en Sisó i l'Estanyol Nou (Abellán i Llach, 2008).

L'aigua de l'estany prové de manera subterrània dels aquífers de materials calcaris i guixencs, que es filtren a partir d'una xarxa de canals. Aquesta aigua és provinent de l'Alta Garrotxa. L'estany també rep aigua superficial a través de diverses rieres. Aquesta aigua suposa només un 10% de l'aigua, que té un volum total de 16.120.000 m³.

L'estany de Banyoles també consta de diversos recs emissaris, per on s'efectua la sortida de l'aigua. Actualment, existeixen 5 recs que creuen tota la ciutat de Banyoles fins a desembocar al riu Terri. Van ser construïts l'any 812 pels monjos benedictins de manera artificial per permetre la sortida d'aigües en cas de pluja i controlar-ne el nivell. Això va permetre que Banyoles esdevingués un terreny habitable, ja que anteriorment a la seva construcció, l'estany s'havia arribat a desbordar en alguna ocasió i els recs van esdevenir el seu drenatge natural (Taula 1).

<u>RIERES QUE DESEMBOQUEN A L'ESTANY</u>	<u>RECS EMISSARIS</u>
<ul style="list-style-type: none"> ● Riera de les Estunes ● Riera del Vilà o Riera de les Deus ● Riera Marquès ● Riera dels Tanyers ● Riera Castellana ● Riera de Can Morgat ● Riera de Lió 	<ul style="list-style-type: none"> ● Rec d'en Teixidor ● Rec de Ca N'Hort ● Rec de la Figuera d'en Xo ● Rec Major ● Rec de Guèmol

Taula 1: Rieres i recs que desemboquen a l'Estany (Taula pròpia).

Al Pla de l'Estany s'hi poden trobar més de 500 recs i rierols (Abellán, 2008). Tot i que no consta del naixement de rius de renom, cal destacar dues grans conques: la part nord-oest de la comarca està constituïda per les aigües que van cap al Fluvià i cap a la part sud-est les aigües desemboquen al Terri.

1.3.4 El Fluvià

El Fluvià és un riu que neix al Pirineu Oriental, a la comarca de la Garrotxa, concretament al vessant nord de Collsacabra (Falgars d'en Bas) a 920 metres d'altitud respecte al mar. Té 97,2 quilòmetres de llargària i la superfície de la conca hidrogràfica és de 973,8 km². Aquest riu travessa 39 poblacions, entre aquestes Esponellà i Serinyà (municipis de la comarca) on arriba després del seu pas per Besalú, fins a arribar finalment al golf de Roses on desemboca a la mar Mediterrània. Quan arriba a Banyoles es troba al seu tram mitjà-baix, prova d'això són els amplis meandres que presenta poc després d'entrar a la comarca.

El seu pas per la comarca del Pla de l'Estany ve marcat sobretot per les aportacions de petits rius i rierols, el de més importància el Ser, que li vessa les seves aigües a l'alçada de la resclosa de Serinyà, i el rec d'Espolla que després de travessar tot el Pla d'Usall, ho fa després d'haver superat un desnivell d'uns 80 metres. Provenints de Mieres i Serinyà, el Merdançà, el Ritort, el Rodeja i el Serinyadell també aboquen les seves aigües al Ser, afluent del Fluvià. A part del Ser, el Fluvià no rep cap altre afluent important durant el seu recorregut pel Pla de l'Estany. Així doncs, té un cabal de 8,3 m³/s a Esponellà. Aquest cabal, però, té variacions segons l'estació de l'any, en conseqüència a les característiques climatològiques esmentades anteriorment. Això ha provocat diversos episodis d'inundació, amb cabals propers als 500 m³/s.

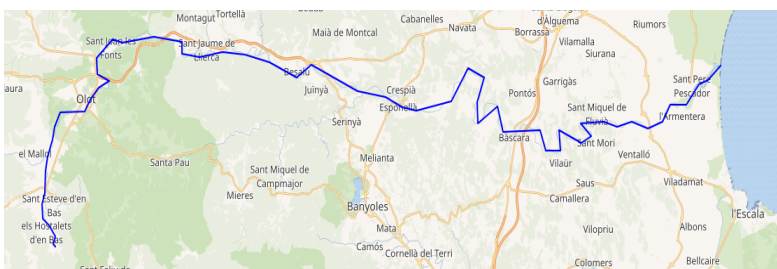


Figura 3: Representació del curs del Fluvià. (Font: Google Maps, 2022)

1.3.4.1- El Ser

El Ser neix a Santa Pau, la Garrotxa. Quan arriba al Pla de l'Estany segueix el seu curs fins a arribar a Serinyà, on desemboca al Fluvià.



Figura 4: Representació del curs del Ser. (Font: Google Maps, 2022)

1.3.5- El Terri

La conca del Terri té una superfície de 105,36 km², 18,4 km de recorregut i tan sols 150 metres de desnivell, això fa que sigui el principal curs hídric del Pla de l'Estany (Climent, 2020). El Terri neix a Borgonyà (Cornellà del Terri) i travessa la comarca fins a arribar al Ter, on desemboca les seves aigües. Aquest riu no presenta una clara divisió entre tram alt, mitjà i baix, sinó que tot el recorregut és considerat tram mitjà (descriu abundants meandres). A la comarca rep els seus dos afluents principals: la riera de Matamors, que recull les aigües dels vessants de Rocacorba i de la Serra de Portelles i el Revardit. El Terri, un cop ha travessat Banyoles i Porqueres, entra al municipi de Cornellà del Terri pel poble de Borgonyà, on precisament se li ajunta el Revardit, que és l'afluent que aboca un cabal més gran. Aquests dos rierols es caracteritzen per l'estacionalitat, amb llargs estiatges³ a l'estiu. En el seu darrer tram el Terri (ja dins la comarca del Gironès), vessa les seves aigües al Ter entre Sant Julià de Ramis i Medinyà (gairebé 20 km més tard del seu naixement). El Terri presenta unes característiques especials per la dinàmica fluvial presentada, ja que recull una bona part de les aigües de 5 recs emissaris de l'estany (el rec Major, el rec de Can Hort, el rec de Can Teixidor, el rec de la Figuera d'en Xo, el rec de Guèmol i el rec dels Xucladors), aquests recs aporten un cabal de 40200 m³/dia al riu, fent així que aquest tingui un caudal mitjà de 0,59 m³.

Sens dubte, és molt important destacar aquest riu per la seva problemàtica en les darreres dècades en relació amb el seu aprofitament per l'activitat humana. El Terri va encapçalar la llista dels rius més contaminats de Catalunya (Cugat, 2019). Ha estat un riu molt maltractat històricament, primer per la construcció i després per la contaminació de les seves aigües. Hi ha dos elements que encapçalen els problemes de contaminació del Terri: l'abocament de purins de granges properes i residus industrials i l'escassa presència de bosc de ribera, que ha quedat substituït per cultius no autòctons. A les ribes del riu hi podem trobar una gran quantitat d'espècies foranes com per exemple els pollancre (*Populus alba*) i els plataners (*Platanus hybrida*). S'observa una eutrofització puntual a les aigües d'alguns trams del Terri. Això suposa una deficiència per la qualitat de les aigües i pels ecosistemes del riu, on anteriorment habitava una població nombrosa de llúdrigues. S'han detectat una pèrdua d'espècies (generalment amfibis i rèptils) en els últims 30 anys a causa d'aquest fet. A més, la població piscícola està dominada per espècies invasores, que són poc exigents pel que fa a la qualitat de l'aigua. Per altra banda, hi ha trams del riu que tenen un aspecte molt degradat.

³ ESTIATGE: Cabal mínim en èpoques de sequera.

Aquesta contaminació es deu al fet que no hi ha cap figura de protecció ambiental que ho gestioni, cada tram queda gestionat únicament pels ajuntaments del municipi on el riu Terri hi passa. Tot i això, aquesta contaminació prové també dels principals afluents, la riera de Matamors, el Revardit, el Remença...

1.3.5.1- El Matamors

El Matamors, com s'esmenta anteriorment, és afluent del Terri per l'esquerra, neix al collet de Cal Negre (432 m alt), dins el terme de Porqueres, drena el terme de Camós i finalment desemboca davant de Borgonyà del Terri al Terri. Aquest rierol recull les aigües d'indrets de Pujarnol, Porqueres i dels rierols que baixen de la serralada camosina. En èpoques d'estiatge no acostuma a portar aigua, però en les estacions plujoses el seu cabal esdevé sobtat i perillós. Per aquest motiu, l'Ajuntament de Camós va rebre l'any 2021 una subvenció de 60.000 € per part de l'Agència Catalana de l'Aigua per poder ampliar la llera d'un tram del Matamors (Ràdio Banyoles, 2021). L'ajuntament també es comprometia a fer una neteja de la vegetació malmesa i plantar-ne d'autòctona.

La utilitat de l'aigua del Matamors, quan se n'ha disposat en el decurs del temps, ha estat molta. Antigament, va ser retinguda a una gran bassa per a fer funcionar durant molt de temps un petit molí. Tot i que durant anys va patir certs problemes de contaminació per abocaments de purins i aigües residuals, segons l'Ajuntament de Camós, la riera ja s'ha recuperat i actualment es troba en un bon estat pel que fa a la contaminació de l'aigua.



Figura 5: Representació del curs del Matamors. (Font: Google Maps, 2022)

Actualment, presenta trams on el bosc de ribera i la riera tenen un aspecte favorable i es pot gaudir d'espècies autòctones de la zona. Així doncs, hi ha una creixent consciència ambiental per part d'algunes de les empreses i granges que abans hi abocaven residus.

2- PRINCIPALS AGENTS CONTAMINANTS DE LES AIGÜES

Les aigües residuals es poden definir com la combinació de líquids que transporten residus procedents de residències, instal·lacions públiques i centres industrials, a les quals, eventualment, es poden afegir aigües subterrànies, superficials i pluvials. L'aigua contaminada és aquella de la qual la composició n'ha estat modificada i no reuneix les seves condicions inicials. Aquesta contaminació provoca efectes nocius a tots els éssers vius, incloent-hi els humans, per això és essencial mantenir les aigües lliures de contaminants. Aquesta qualitat es pot veure afectada en conseqüència de moltes activitats humanes, les estudiades són els abocaments industrials, l'abocament de purins a les aigües i la mala gestió forestal.

2.1- Abocaments industrials

El volum de substàncies tòxiques presents a causa de la mala gestió de les aigües residuals és considerable. L'aigua industrial és utilitzada per processos de fabricació, producció, transformació, consum, neteja o manteniment (Rodríguez, 2019). S'ha de tenir en compte que quan parlem de les aigües residuals cadascuna depenen de la indústria en particular i també dels seus processos productius, per això cadascuna presentarà diversos tipus de contaminació. En alguns casos les aigües acaben directament als rius i mars sense haver estat depurades.

La majoria d'empreses necessiten grans quantitats d'aigua per executar la seva activitat productiva. La contaminació no ha de ser deguda als agents químics, ja que les empreses, tan sols escalfant o refredant l'aigua ja estan contaminant-la. Això es deu al fet que l'aigua té menys oxigen a mesura que n'incrementem la temperatura i el canvi bruscat pot causar perjudicis als animals aquàtics, que estan acostumats a una certa quantitat d'oxigen.

No tots els abocaments industrials són directes, sinó que moltes substàncies dipositades en abocadors acaben als rius, arrossegades per la pluja. Aquests residus estan compostos principalment de productes químics com el plom, fosfats, olis, nitrats, fluorurs, mercuri i manganès, que barrejats són altament contaminants (Torey, 2014). Concretament, al polígon de Pont-Xetmar moltes de les empreses es dediquen a dur a terme processos de sinterització, gran part dels seus residus són partícules metàl·liques en suspensió, olis, dissolvents o alcohols, entre altres.

Gràcies a la creixent consciència ambiental, totes les empreses que generen aquests residus compten amb la seva pròpia depuradora d'aigües per normativa de l'administració (Annex 4), que té per funció aconseguir unes aigües amb una certa qualitat, d'acord amb uns paràmetres normalitzats. Així doncs, les indústries també poden reutilitzar l'aigua o abocar-la directament al medi.

2.1.1- Impacte dels abocaments industrials a l'aigua

La contaminació provoca un greu impacte, no només en la biocenosi de l'ecosistema, sinó també als humans que beuen o es banyen a les aigües. Els peixos més grans són els més resistents als compostos tòxics que arriben a les aigües, ja que en comptes de morir, els acumulen dins els seus cossos. Els residus industrials poden aportar disrupcions hormonals a les persones, problemes a la pell (dermatitis), càncer, si hi ha presència d'arseni (Villanueva, 2015) i filtració en les cadenes alimentàries, sòls i aqüífers. Aquests són només alguns dels motius pels quals s'ha de realitzar una neteja industrial a l'aigua, i el més important, no abocar aquests residus al medi directament.

2.2- Abocaments de purins

Els purins són el producte constituït per una barreja de dejeccions sòlides, líquides i restes de palla que són producte de l'alimentació animal i aigua (85% del pes). Normalment, aquestes restes són emmagatzemades en fosses de purins (dins el recinte de les granges) o bé en basses específiques. Els purins de porc són els més coneguts, ja que, a part de ser un fertilitzant orgànic, poden causar greus problemes mediambientals. Tot i estar regulats actualment (Real Decreto, 2022), la ramaderia porcina ha augmentat dràsticament en els últims anys a Catalunya, i a hores d'ara la contaminació de les aigües per excés de purins és alarmant. La implantació de la ramaderia intensiva ha provocat greus episodis de contaminació atmosfèrica, dels sòls i de les aigües properes a les zones de les granges.

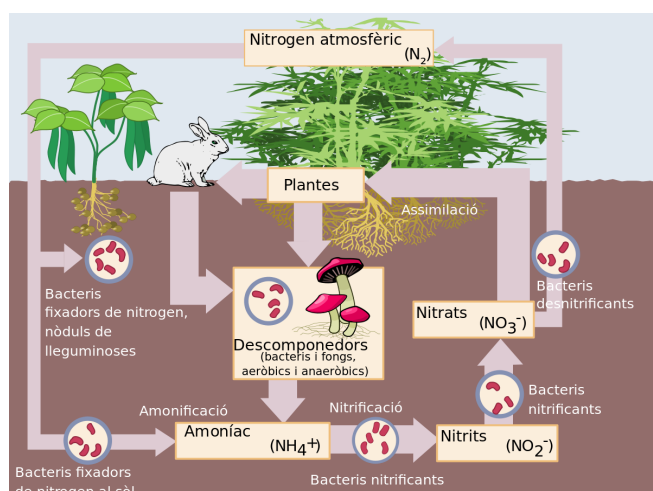
A part de la contaminació odorífera, els purins han esdevingut una qüestió greu, especialment en algunes comarques catalanes. Més concretament, el Pla de l'Estany ha tingut greus problemes ocasionats pels purins (Ajuntament de Camós, 2020) (Sindicat de Greuges, 2016).

2.2.1- Cicle del nitrogen

La principal diferència entre els purins i la resta d'excrements és que els purins tenen un contingut molt baix de matèria seca. Els purins estan formats per diversos components contaminants o perjudicials per al medi ambient, principalment tenen un excés de nitrats molt important (NO_3^-) i de fosfat (PO_4^{3-}). Tant el nitrogen com el fòsfor són macronutrients, és a dir, són essencials per la vida de les plantes, però de manera excessiva provoca la proliferació de vida incontrolada, fenomen que coneixem com a eutrofització, les aigües deixen de ser potables.

El nitrogen (N_2) és un element que s'acostuma a trobar en forma de gas a l'atmosfera i n'ocupa un 78,09% del volum. Pot formar una gran varietat de compostos en funció dels diversos estats d'oxidació, com per exemple l'amoni (NH_4^+), nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-) i el gas nitrogen (N_2). El nitrogen molecular és molt abundant a l'atmosfera, però els éssers vius no el poden assimilar directament, excepte determinats bacteris fixadors del nitrogen. El nitrogen és un bioelement primari indispensable per formar biomolècules orgàniques, constitueix els aminoàcids que formen les proteïnes i els àcids nucleics. El recorregut del d'aquest element el podem observar a l'atmosfera, el terreny i els éssers vius. El cicle del nitrogen és complex, ja que l'àtom de nitrogen pot formar moltes molècules diverses. Els processos químics implicats en la formació d'aquestes molècules integren quatre grups: fixació del nitrogen, amonificació, nitrificació i desnitrificació.

Les plantes només poden incorporar el nitrogen que es troba en forma de nitrats al sol, absorbint-lo. Els organismes heteròtrofs assimilen el nitrogen orgànic a través de les substàncies prèviament elaborades pels organismes autòtrofs mitjançant la cadena tròfica. La putrefacció de les restes orgàniques (cadàvers o excrements) retorna l'element al terreny en forma de ió amoni (NH_4^+), que després de l'acció bacteriana, són transformats a nitrits (NO_2^-), i seguidament a nitrats (NO_3^-).



Finalment, un tercer tipus de bacteris converteixen els nitrats i nitrits en nitrogen gasós (N_2), empobrint el sòl on es desenvolupen (Figura 6).

Figura 6: Esquema del cicle del nitrogen. (Font: Bernat, 2014)

2.2.2- Els purins i la seva filtració

Només una part dels fertilitzants nitrogenats són absorbits pels cultius i transformats en matèria vegetal. La resta s'acumulen al sòl, o bé, es perden per escolament cap a les aigües subterrànies, on els nivells de nitrats poden superar fàcilment els 10 mg/L (quantitat màxima recomanada).

2.2.3- Conseqüències dels purins a l'aigua

La contaminació de l'aigua per fertilitzants genera un greu impacte quan s'introdueixen en les cadenes alimentàries, provocant la mort de diverses poblacions o comunitats que són necessàries pel balanç d'alguns ecosistemes. Aquests compostos químics poden provocar la mort directa de peixos, tant d'aigua dolça com salada. Si no en provoquen la mort, s'acumulen en els teixits dels peixos, que posen en perill la vida dels seus consumidors. Les aigües perden la seva potabilitat pel consum humà, ja que els nitrats poden passar a formar nitrocompostos (NO₂X), que en moltes ocasions són cancerígens (Schullehner, 2018). El nitrat en si mateix no és cancerígen, però un cop es metabolitza en un organisme pot formar aquests compostos cancerígens. En condicions de laboratori, s'ha observat que alguns compostos són cancerígens, teratogènics⁴ i mutàgens en rates, hámsters i micos (Campos, 2007).

Per poder detectar les concentracions de NO₃- hi ha diversos mètodes: les tècniques clàssiques i les tècniques de camp. Les tècniques clàssiques estan basades en el mostreig continu de les aigües, que s'analitzen al laboratori. En canvi, les tècniques de camp utilitzen mètodes òptics i microfluídica, per poder mesurar l'aigua i obtenir-ne informació en temps real.

2.2.4- Com eliminar els purins de les aigües

No hi ha una solució o tècnica concreta per reduir la quantitat de purins a les aigües. La majoria de granges utilitzen les tècniques més populars com són la separació de fases, nitrificació i desnitrificació i el compostatge. Durant aquest tractament es barregen amb altres compostos

⁴ **COMPOSTOS TERATOGENÈICS:** Agents que poden desenvolupar un defecte congènit durant la gestació del fetus.

orgànics perquè la qualitat dels nitrats sigui òptima. Actualment, hi ha plantes que es dediquen a la transformació de purins per obtenir-ne biogàs.

Referent a les aigües que ja han estat contaminades, hi ha diverses maneres d'eliminar l' NO_3^- . Aquestes tècniques són principalment de separació i transformació en N_2 , un gas inert i no contaminant.

2.3- Mala gestió forestal

La mala gestió forestal consisteix a portar a terme desforestacions de manera que s'altera el cicle vital de l'aigua, això passa perquè els arbres alliberen aigua lentament que acaba a rius i aqüífers subterranis. Així doncs, si un riu està envoltat de vegetació mantindrà el seu cabal amb més constància al llarg de les 4 estacions que un que es trobi desforestat.

Tanmateix, la matèria orgànica restant que acaba als rius un cop feta la desforestació pot ocasionar greus problemes d'eutrofització en les aigües. Això és degut al fet que quan s'incrementa la matèria orgànica en una zona aquàtica, es redueix l'erosió i també el reciclatge de nutrients, de manera que aquests augmenten exponencialment i fan que aparegui una població d'algues.

3- DEPURACIÓ DE LES AIGÜES

El progressiu creixement urbanístic i l'activitat econòmica comporta un augment de la contaminació ambiental. Com s'explica anteriorment, la qualitat de les aigües se'n veu afectada. Les depuradores són l'eina amb la qual l'home neteja l'aigua que embruta amb les seves activitats abans d'abocar-la de nou al medi, ja que si les aigües fossin abocades directament poden suposar un risc mediambiental. El procés realitzat en una depuradora consisteix bàsicament a tractar les aigües residuals, i netejar-les per poder abocar-les netes al riu o al mar.

Gràcies a aquest tractament, es provoquen les mínimes alteracions possibles en els sistemes naturals, evitant abocar aigües contaminades no es duen a terme els desequilibris en els ecosistemes que alteren la fauna i la flora presents.

3.1- Tipus de depuració

Per depurar aquestes aigües es troben tres tipus de tractament: tractament físic, tractament químic i tractament biològic (Laboratori d'Enginyeria Química UdG, 2020).

- Mitjançant el tractament físic s'eliminen tots els residus més grans visibles a simple vista, com per exemple grasses, olis, sorres i sòlids de gran dimensió. La presència de substàncies sòlides a l'aigua constitueix la part més important i aparent de la contaminació. Per dur a terme aquest procés, es poden separar les partícules per decantació, mitjançant la influència de la gravetat o bé per flotació, depenen de les densitats del sòlid i de l'aigua. Un altre mètode efectiu per separar els residus sòlids és la filtració. En especial, hi ha unes partícules molt petites que tenen una mida compresa entre 0,001 i 1 micra, de naturalesa col·loidal⁵ i que presenten una gran estabilitat a l'aigua deguda a les càrregues superficials electroestàtiques (normalment negatives) que formen dues capes d'electrons, que fa que es repelin entre elles i no se sedimentin. Aquestes micropartícules són una part rellevant de la contaminació, i són la causa de la terbolesa de l'aigua, a més, és impossible separar-les per decantació, flotació o fins i tot filtració, ja que passarien a través de qualsevol filtre.
- Mitjançant el tractament físic-químic es poden eliminar la contaminació que ja es troba dissolta a l'aigua (és a dir, les micropartícules col·loides), això es fa introduint productes químics, que alteren la composició de l'estat físic d'aquestes substàncies que romandrien per temps indefinit de forma estable, per convertir-les en partícules susceptibles a la decantació i a la filtració. Aquest procés pot arribar a eliminar el 80-90% de la matèria total suspesa. El tractament físic/químic pot constituir una única etapa dins del tractament de l'aigua residual o bé pot interposar com a procés de depuració complementari entre el pretractament i el tractament biològic. Es distingeixen tres processos: coagulació, coadjuvació i floculació. El procés de coagulació permet una barreja ràpida i homogènia del producte com a reactiu, s'utilitzen diverses substàncies coagulants, com podrien ser el polietilè, PRFV... Aquest coagulant ha d'estar dosificat en forma de dissolució a una concentració determinada. La coadjuvació té com a finalitat portar l'abocament a un pH òptim (7) per ser tractat mitjançant productes químics anomenats coadjuvants. Una vegada ha estat coagulat passa a

⁵ **PARTÍCULES DE NATURALESA COL·LOIDAL:** Partícules de diàmetre molt petit, responsables de la terbolesa o el color superficial de l'aigua.

la darrera etapa, la floculació. La floculació pot tenir lloc en un floculat separat o bé en l'interior d'un decantador. En aquesta etapa, se li afegeix a l'aigua un producte químic anomenat floculant, per afavorir l'agregació de les partícules individuals o floculs formats durant la coagulació. S'originen floculs de major grandària, els quals, a causa del seu augment de pes, decantaran en la darrera etapa del tractament físic/químic. Aquest procés dura de 10 a 30 minuts. Una altra possibilitat és realitzar els tres processos alhora.

- Finalment, el tractament biològic més comú consisteix en la degradació de la matèria orgànica de l'aigua mitjançant microorganismes en un ambient anaeròbic controlat.

3.2- Depuradores EDAR de Serinyà i de Cornellà del Terri

Al Pla de l'Estany trobem dues depuradores EDAR (Estacions Depuradores d'Aigües Residuals), una situada a Serinyà, que aboca les seves aigües al Serinyadell i la depuradora de Cornellà del Terri, que aboca les seves aigües al Terri (Es pot consultar la visita a la depuradora a l'annex 4). Les aigües residuals que tracten són aigües residuals domèstiques, de les nostres indústries (aigua residual industrial) i de la pluja.

Es va crear l'EDAR de Cornellà del Terri l'any 1999. Durant aquest mateix any, el Consell Comarcal del Pla de l'Estany va iniciar la seva tasca d'inspecció i control de les empreses connectades a aquesta xarxa de sanejament, amb l'objectiu de reduir al mínim la càrrega contaminant industrial aportada per determinades indústries. L'any 2000, es va publicar al Butlletí Oficial de la Província (BOP), una actualització sobre l'ús del sistema de sanejament de la comarca. Des de llavors, el Consell realitza el control d'abocaments industrials fent inspeccions a les empreses i el seguiment i el control de la xarxa dels col·lectors. S'ha aconseguit reduir els residus aportats per les indústries, gràcies a les tasques de control dels abocaments mitjançant l'assessoria a les empreses, la promoció per part de l'administració de la implantació de tractaments propis (que han augmentat a les empreses) i l'establiment d'un programa de vigilància i inspecció que ha comportat la imposició de sancions quan ha estat necessari.

La depuradora EDAR del Terri és també gestionada actualment pel Consell Comarcal, que en controla el seu bon funcionament i assegura que la qualitat de l'aigua abocada al Terri sigui correcta. Per poder acceptar aigües residuals d'origen industrial en una EDAR, cal que aquestes

tinguin unes característiques similars a les aigües generades per l'activitat domèstica, per això s'obliga a les indústries a disposar de sistemes de depuració propis per a tractar les seves aigües residuals abans d'abocar-les a la xarxa de sanejament. Les aigües residuals tractades a la depuradora i després s'aboquen un altre cop al medi, a un tram del riu Terri proper a la depuradora.

El tipus de procés utilitzat per depurar és el biològic, i la seva procedència és de Banyoles, Porqueres, Cornellà del Terri i Camós, això equival a més de 18.000 habitants. Té un cabal de 14.000 m³/dia i l'aigua depurada no és apta pel consum humà, és a dir, perquè sigui apta cal potabilitzar-la.



Figura 7: Plànols de la depuradora de Cornellà del Terri. (Font: Consell Comarcal).

Per altra banda, el Consell Comarcal del Pla de l'Estany també compta amb el control d'abocaments industrials d'aigües residuals al sistema de sanejament comarcal, aquesta competència és cedida per l'Agència Catalana de l'Aigua. Així doncs, des del novembre de l'any 2000 entra en vigència l'Ordenança comarcal sobre l'ús del sistema de sanejament al Pla de l'Estany. Dins les tasques d'inspecció i control de sanejament s'inclouen la inspecció de les indústries connectades, a les quals s'analitzen els abocaments d'aigües residuals.

Així doncs, s'ha aconseguit que totes les indústries de la comarca que podrien abocar aigües contaminades hagin instal·lat depuradores pròpies i aquestes aigües siguin tractades de manera òptima abans de ser retornades a la natura. Com a resultat, s'han obtingut una disminució de les càrregues contaminants d'entrada a les depuradores i, per tant, una millor eficiència dels processos de depuració realitzats a les EDAR comarcals.

4- LA *Daphnia magna*

La *Daphnia magna* és un petit crustaci planctònic (mesura entre 1,5 i 5 mm) que habita en aigües dolces d'Europa, Àfrica, Àsia i Amèrica del Nord. És artròpode, és a dir, està dotada d'un exoesquelet. Pertany al subordre Cladocera que comprèn unes 400 espècies diferents, les quals les més importants són les dàfnies. A causa de la seva singular manera de nedar per mitjà de salts ràpids i bruscs, se les coneix com a “puces d'aigua” (Falcó i Moreno, 2022) (Taula 2).

Regne	Animalia
Fílum	Arthropoda
Subfílum	Crustacea
Classe	Branchipoda
Ordre	Cladocera
Família	Daphniidae
Gènere	<i>Daphnia</i>
Espècie	<i>Daphnia magna</i>

Taula 2: Classificació de la *Daphnia magna*. (Taula pròpia).

El gènere *Daphnia* és especialment rellevant en l'estudi de la genètica perquè l'espècie *Daphnia pulex* (Miller, 2020) és el primer crustaci del qual se n'ha seqüenciat el genoma. S'ha descobert que conté uns 31.000 gens, mentre que l'ésser humà en conté tan sols uns 23.000 (LaForsch, 2011).

L'estudi presentat a continuació se centra en la *Daphnia Magna*, que s'ha utilitzat per realitzar estudis científics des del segle XVIII. Les puces d'aigua poden ser usades per determinar els efectes de les toxines en els ecosistemes, així doncs serveixen d'espècie indicadora a causa de la seva alta capacitat reproductiva i curt termini de vida (Chin, 2011). S'usen en estudis d'ecologia i limnologia, evolució i ecotoxicologia, i també són útils per avaluar els efectes del canvi climàtic, com per exemple la radiació ultraviolada, entre d'altres. Internament, són translúcides, és a dir, els seus òrgans es poden observar fàcilment, això permet experimentar amb espècimens vius en els àmbits esmentats anteriorment. Per exemple, a Suïssa, l'any 2006, es va usar aquesta espècie per valorar la

qualitat de l'aigua potable de Zurich, mitjançant sistemes electrònics de detecció de moviments, cosa que possibilita la localització d'aigües contaminades (El Mundo, 2006).

Dins els ecosistemes són l'aliment de capgrossos i altres espècies d'amfibis, i dins l'àmbit domèstic s'utilitzen per a l'alimentació de peixos en aquaris. Les dàfnies constitueixen preses importants per depredadors vertebrats i invertebrats. Així doncs, les puces d'aigua també són populars en aqüicultura i aquariofília. Gràcies a la seva dinàmica com a població i distribució, aquestes exerceixen també un paper fonamental en alguns ecosistemes, on són molt rellevants, cal esmentar que les dàfnies també exerceixen un rol important en la regulació del creixement d'algues, ja que aquestes formen part de la seva dieta, per tant, la desaparició d'aquests organismes podria provocar una reproducció proliferada de les algues, fent que s'eutrofitzi el medi.

4.1- Descripció de les dàfnies

La *Daphnia magna* és una de les espècies més grans del gènere *Daphnia*. Dins l'espècie hi ha diferències importants de mida entre mascles i femelles: les femelles poden mesurar fins a 5 mm, mentre que els mascles mesuren fins a 2 mm. La mida també és molt relativa en funció de l'ecosistema on es trobi: si els seus depredadors són vertebrats veuran les dàfnies més grosses i se n'alimentaran, així doncs el fenotip de menor mida es veurà afavorit. Passarà el contrari si els depredadors són invertebrats, la mida més grossa es veurà afavorida perquè els depredadors invertebrats no podran digerir les dàfnies més grosses.

El cos d'aquests crustacis està embolcallat per una capa de quitina, per tant, està recobert per un exoesquelet de quitina impregnada en carbonat càlcic, fet que n'augmenta la duresa. La quitina és un polisacàrid (unió de molts monosacàrids), és a dir, un glúcid. Les dues cadenes de quitina formen capes superposades i constitueixen l'exoesquelet de les puces d'aigua. A darrere de la capa de quitina hi té una doble paret en la qual està continguda l'hemolimfa, aquesta capa és transparent i permet observar l'estructura interna (anatomia de la puça d'aigua), permetent fins i tot observar els batecs del cor d'aquesta.

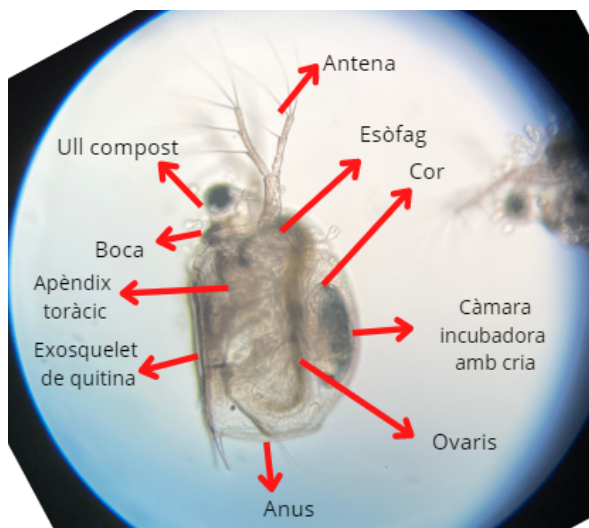


Figura 8: Anatomia de la *Daphnia magna* sota el microscopi a 150 X. (Imatge pròpia)

Per altra banda, la *Daphnia magna* presenta una obertura lateral que facilita la filtració de l'aigua per obtenir l'aliment, el fitoplàncton⁶. També conté 5 parells de potes (és decàpode) i al cap es pot observar que presenta dues antenes que tenen com a funció permetre nadar i “saltar”. També hi tenen un ull compost, és a dir, un òrgan visual format per milers d'unitats receptives, que es mou gràcies al múscul ciliar que controla el mecanisme per veure objectes a diferents distàncies.

Així doncs, sota un microscopi es poden analitzar els òrgans de la dàfnia gràcies al seu esquelet translúcid, per exemple, s'observa l'aparell digestiu i l'ull compost que es mou gràcies al múscul ciliar (Figura 8). També es pot apreciar el batec del cor situat just darrere el cap, a un ritme cardíac mitjà de 350 pulsacions per minut sota unes condicions normals. La mitjana de vida de la *Daphnia magna* és de 40 dies a 25 °C i d'uns 56 dies a 20 °C, ara bé, si les condicions són òptimes i l'entorn està lliure de depredadors, poden arribar a viure fins a 100 dies. La maduresa s'obté entre els 6 i els 10 dies, passant per 4 o 6 fases amb les seves mudes corresponents abans d'obtenir-la.

4.2- Alimentació de les dàfnies

En termes d'alimentació, les dàfnies no són gaire selectives, és a dir, s'alimenten de zooplàncton i fitoplàncton. S'alimenten per mitjà de filtració, ingerint algues unicel·lulars i alguns tipus de bacteris o protists, ingereixen microorganismes d'una mida compresa entre 1 µm i 50 µm. Solen alimentar-se a la superfície de llacs o basses, si no també als seus fons, especialment quan és hivern.

⁶ L'alimentació de la *Daphnia Magna* s'aprofundeix en l'apartat 4.2.

Gràcies al moviment realitzat per les seves potes, l'aliment flueix dins l'aparell digestiu, per això són essencials el primer i el segon parell de potes, que aporten aquesta capacitat nadadora i també són utilitzades pel sistema de filtratge d'organismes. Per tant, una dàfnia que no presenta un bon moviment no està duent bé a terme la funció vital de la nutrició. Per altra banda, d'aquesta manera la dàfnia s'assegura que els organismes no digestibles no entrin dins seu. Les partícules digerides segueixen el tracte digestiu, formant una bola de color verd i són excretades per l'anus de la dàfnia (Figura 8). En l'àmbit de laboratori, les dàfnies poden ser mantingudes a base d'una dieta de llevat.

4.3- Reproducció

Primerament, cal esmentar que les dàfnies presenten dimorfisme sexual, per tant, com bé s'esmenta anteriorment, s'estableixen diferències entre les dàfnies de sexe femení i les de masculí, fent una menció especial a la mida d'aquestes (La, 2014). A part d'això, els mascles tenen un ganxo copulador amb la funció de retenir la femella, i també tenen les antenes més desenvolupades.

Per altra banda, poden tenir tant reproducció sexual com asexual. La reproducció asexual se sol dur a terme quan hi ha condicions favorables, com podrien ser una quantitat petita de depredadors o bé un menjar adequat. Quan es produeix la reproducció asexual la femella, mitjançant partenogènesi⁷, és capaç de produir nous individus idèntics, també femelles, per tant, la població serà íntegrament femenina. La femella, si la ingesta energètica és suficient, produirà com a màxim 100 ous cada 3 dies, i pondrà ous una mitjana de 6 vegades durant el transcurs de la seva vida.

Per altra banda, la reproducció sexual es duu a terme quan les condicions no són òptimes, és a dir: en èpoques de sequera, neixen els mascles i comença la reproducció (Merinos, 2016). Els ous dipositats tenen la capacitat de resistir a gelades i sequeres, ja que el seu desenvolupament s'atura i es poden mantenir en aquesta etapa durant més de 20 anys, fins que les condicions siguin favorables.

⁷ Originació d'un nou individu a partir d'un òvul sense fecundar, és a dir, sense la necessitat de gàmetes masculins.

MARC PRÀCTIC

ANÀLISI EXPERIMENTAL DE LA ZONA ESTUDIADA

5- PLANTEJAMENT DE LA RECERCA

Tal com s'explica a la part teòrica, les dàfnies són un bioindicador de la qualitat de les aigües. Així doncs, es planteja la possibilitat de fer servir aquestes per poder corroborar la contaminació dels rius del Pla de l'Estany, i poder saber com afecta la qualitat de les aigües dels rius de la comarca a un organisme aquàtic.

Per tal d'assolir els objectius plantejats a l'inici de la meua recerca, s'ha realitzat la part pràctica del 6 al 21 d'agost de 2022, temps durant el qual s'han fet tres rèpliques dels 3 cultius *acute* (s'explica a continuació) dels rius escollits per analitzar d'acord amb documentats episodis anteriors per contaminació. A més, l'estudi es complementa amb les proves fisicoquímiques corresponents de cada riu i tram analitzat. La finalitat d'aquesta part pràctica és analitzar si aquesta contaminació encara és vigent als rius estudiats, i més concretament veure a partir de quin tram del riu es comença a manifestar. D'altra banda, també es vol estudiar com afecta aquesta aigua a un organisme el qual podria ser la base de l'ecosistema de la zona.

Finalment, la part pràctica es tanca amb una visita i entrevista a la depuradora EDAR de Cornellà del Terri que deixa constància dels mètodes emprats per depurar aquestes aigües.

6- DISSENY EXPERIMENTAL

A l'hora de plantejar l'estudi realitzat, vaig contactar la doctora Anna Freixa de l'ICRA, que em va facilitar els protocols que se solen utilitzar per fer un estudi com el que es planteja en aquest treball (United States Environmental Protection Agency, 1996) (Poirier, Westlake & Abernethy, 1988). Després de valorar-ho es va optar fer un *acute*, és a dir, un experiment que consta d'una durada de 24 h o 48 h que permet estudiar variables com la mortalitat i les pulsacions que presenten les dàfnies durant el transcurs de les hores. D'aquesta manera, es pot optar a la possibilitat de poder repetir l'experiment diverses vegades i, per tant, s'obtenen uns resultats molt més fiables i acurats que si

plantegés un experiment *chronic*, és a dir, un experiment que consta d'una durada de 21 o 28 dies i que només hagués pogut fer una vegada i, per tant, no hi hauria rèpliques de la pràctica.

Respecte als rius estudiats, el disseny inicial plantejava l'estudi de tres rius: Matamors, Ser i Remençà; en tres trams: curs alt, mitjà i baix de cadascun d'ells. Tot i això, en el treball final, el darrer no s'ha pogut estudiar a causa de la manca d'aigua per sequera el mes en el qual es va realitzar l'estudi. A més, per donar validesa a l'estudi, s'han comparat els rius d'estudi amb el riu el Terri com a riu control.

Les mostres s'han recollit en un punt on es presenten unes qualitats fisicoquímiques favorables, abans que hi desemboqui el Matamors i aquest quedi contaminat pel seu afluent. D'altra banda, la recollida de les dàfnies s'ha realitzat a la Bassa de la Draga (Estany) amb el protocol el qual s'explica a l'apartat 6.2 en relació amb les proves realitzades, també explicades a continuació en l'apartat de protocols, en els dos rius estudiats (Ser i Matamors) i en el riu control (Terri), s'han realitzat proves fisicoquímiques *in situ* a cada tram, abans de recollir-hi els 5 litres d'aigua per cultivar-hi les dàfnies portades a estudi.

A partir dels 5 litres d'aigua recollits, s'han mantingut 2 litres en un tanc amb 50 dàfnies recollides a la Draga. Per tant, a cada rèplica (3 rèpliques totals) s'han estudiat 7 tancs: 3 corresponents al Ser, 3 al Matamors i 1 al grup control del Terri. Per realitzar l'experiment s'han inserit les dàfnies i durant 48 h s'han pres 5 mesures, les dues primeres cada 5 h (Mesura 1 a les 5 h d'experiment, Mesura 2 a les 10 h) i les 3 següents cada 12 h (Mesura 3 a les 22 h, Mesura 4 a les 34 h i Mesura 5 a les 46 h) (Pujals, 2010).

Les variables estudiades en l'experiment, i que es presenten a continuació, són les pulsacions de les dàfnies i la mortalitat d'aquestes. Així doncs, cada mesura s'han comptat les dàfnies mortes i les pulsacions durant 15 segons al microscopi sota 150 X. Es compten les pulsacions de 5 dàfnies seleccionades aleatòriament durant cada mesura.

6.1- Protocol de recollida de mostra i anàlisi d'aigües

Les aigües han estat recollides amb un recipient de plàstic amb una capacitat de 5 litres⁸, un cop a casa han estat destapades ràpidament i s'han abocat, tot mirant amb la bàscula 2 litres d'aquesta al tanc corresponent segons el curs del riu de procedència.



Figura 9: Imatge dels tancs. (Imatge pròpia)

Durant la recollida s'han pres les següents mesures fisicoquímiques: nitrats, pH, duresa de l'aigua, conductivitat, oxigen i temperatura. Aquestes mesures de cada mostra recollida s'han anotat la fitxa de camp (Annex 1). Les mesures fisicoquímiques s'han pres *in situ* al lloc del mostreig, per garantir que els resultats no es veuen afectats pel pas de les hores i permetre també una major exactitud dels valors (Monroy González, 2021). L'utilitatge utilitzat és el següent:

- Màquina PCE - PHD 1 (Cedida per Escola Natura) per la mesura de l'O₂, conductivitat i temperatura.
- Tires reactives de pH (Nahita), duresa de l'aigua (Aquadur, Macherey-Nagel) i nitrats i nitrits (Quantofix, Macherey-Nagel).

Durant l'obtenció de les mostres i anàlisi fisicoquímica, també es van realitzar observacions com la vegetació, l'ombra, la terbolesa de l'aigua, el cabal i el temps en les darreres 48 h, tal com es pot percebre a la fitxa de treball que queda recollida a l'Annex 1.

⁸ Consultar l'apartat 8.1 - Limitacions i futures recerques.

6.2- Protocol de recollida i selecció de les dàfnies

La recollida de les dàfnies s'ha realitzat a la bassa de la Draga, utilitzant la xarxa cedida per l'Escola de Natura. Aquesta recollida s'ha dut a terme fent unes quantes passades fins a veure-hi a ull nu les dàfnies a la xarxa. S'ha omplert també una garrafa de 5 litres, que ha servit per posar 50 dàfnies a cada tanc.

Previ a la recollida, es van anar a prendre mostres per assegurar que a la bassa on s'ha realitzat la recollida hi havia una quantitat de dàfnies suficient per poder posar 50 dàfnies a cada tanc d'estudi, i, a més, que aquestes dàfnies fossin joves, per tal de garantir que la mortalitat d'aquestes no fos deguda a la seva vellesa.

A l'hora de seleccionar les dàfnies primerament s'ha abocat la garrafa de 5 litres a un aquari, i sota la llum s'han seleccionat les dàfnies més petites mitjançant una pipeta Pasteur. S'ha procurat seleccionar dàfnies que presentin una bona mobilitat. Llavors aquestes han estat separades de 50 en 50 en 7 provetes, tal com s'observa a la figura 10, i un cop seleccionades s'han abocat als 7 tancs d'aigua recollida dels rius (Figura 10, Annex 3).

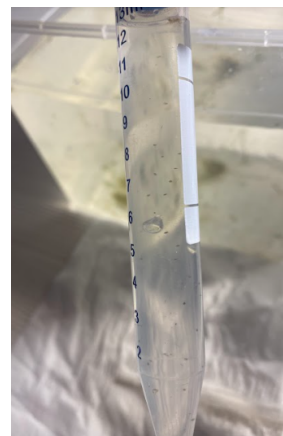
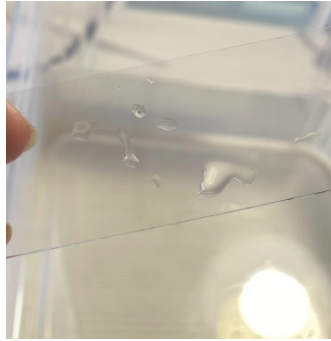


Figura 10: 50 dàfnies en una proveta abans de ser inserides als tancs. (Imatge pròpia).

6.3- Protocol de recompte de pulsacions de les dàfnies

Per fer el recompte de les pulsacions cardíaques de les dàfnies primerament s'han seleccionat 5 dàfnies, s'han escollit les que siguin de lleugerament major mida per així poder observar-les millor sota el microscopi. Les dàfnies s'han extret del tanc una per una amb una pipeta Pasteur, i s'han posat al portaobjectes. L'aigua excedent sobre el portaobjectes s'ha xuclat amb una pipeta Pasteur (Figura 12), de manera que només quedi la dàfnia envoltada d'una bombolla d'aigua. Així, el que s'aconsegueix és la reducció de la seva mobilitat, ja que es mouen amb molta rapidesa, fet que faria impossible comptar-ne les pulsacions sota el microscopi. Les pulsacions s'han comptabilitzat a 150 X durant 15 segons i llavors, si es volen saber per un minut es poden multiplicar per 4 (Brown, 2014). El sistema utilitzat per comptar-les és anar comptant fins a 10, és a dir, comptar en paquets

de 10, ja que els nombres fins a arribar al 10 només consten d'una sola síl·laba, sent més ràpids de dir i així es poden comptar les pulsacions de manera més veloç i acurada. Cal considerar que això ha de ser un procés ràpid, ja que la dàfnia no aguanta massa temps viva sense gaire aigua, i menys sota l'escalfor que proporciona el focus del microscopi.



Figures 11, 12: Procés de recollida de dàfnies dels tancs per observar-ne les pulsacions al microscopi. (Imatges pròpies).

6.4- Protocol de recompte de dàfnies vives i mortes

Per estudiar la mortalitat de les dàfnies, s'han observat aquelles que presenten menys moviment. Amb una pipeta Pasteur s'han tocat suaument les que no es movien, ja que moltes vegades les dàfnies estan quietes un cop passades unes quantes hores dins el tanc. Si al tocar-les aquestes es mouen, llavors estan vives, tanmateix, si aquestes no es mouen, seran seleccionades amb una pipeta Pasteur i s'observaran sota el microscopi per comprovar si hi ha pulsació cardíaca. Si està morta s'ha de comptabilitzar i separar, no s'ha de tornar a inserir al tanc, ja que això podria provocar que es comptés una mateixa dàfnia morta dues vegades. En cas que, per error, una dàfnia es morís quan es faci l'observació, també és convenient separar-la i no tornar-la a posar dins l'aquari.

7- RESULTATS

7.1- Resultats de la recollida de mostres i anàlisi d'aigües

En primer lloc, es presenten les mesures fisicoquímiques analitzades en els dos rius d'estudi i el riu control. A la taula 3 es pot apreciar que el control sempre manté el pH neutre de 7 (mitjana de les 3 rèpliques realitzades), mentre que la mitjana de les mesures preses als dos rius d'estudi estan entre 5,3 i 6,7 en funció del tram (Taula 3), un pH lleugerament àcid. Tanmateix, també és important la

diferència entre trams, ja que el tram alt presenta mesures més bones que les presentades pel tram baix, en ambdós rius d'estudi.

Mesures	SER			MATAMORS			TERRI (Control)
	Alt	Mitjà	Baix	Alt	Mitjà	Baix	
pH (1-14)	5,8	6,3	5,7	6,7	5,5	5,3	7
Nitrats i nitrits (mg/L)	0	0	0	10/5	25/5	25/5	0
Oxigen (mg/L)	5,4	4,7	3,2	6,5	5	4,9	5,5
Conductivitat (uS)	0,589mS	0,573mS	1216mS	1335mS	1220uS	1325uS	1407 uS
Duresa de l'aigua (mol/m ³)	>3,6	>3,6	>4,5	>4,5	>4,5	>4,5	>4,5
Temperatura (°C)	23,1	23,9	25,3	23	24,2	22,3	24

Taula 3: Mitjanes de les mesures fisicoquímiques a partir de les 3 rèpliques realitzades. (Taula pròpia).

També cal ressaltar els nivells de nitrats o oxigen. Respecte als nitrats, és especialment rellevant ressaltar que així com al Ser i al Terri (control) no s'observen nitrats ni nitrits, al Matamors hi ha uns valors de 10 mg/L NO₃⁻ i 5 mg/L NO₂⁻, 25 mg/L NO₃⁻ i 5 mg/L NO₂⁻ i 25 mg/L NO₃⁻ i 5 mg/L NO₂⁻ respectivament a cada tram. En canvi, i en relació amb l'oxigen dissolt, s'observen els nivells més baixos són al Ser, especialment al tram baix (3,2 mg/l).

A continuació, es presenten els resultats detallats per tram i rèplica (Taules 1 (resultats de la rèplica 1), 5 (rèplica 2) i 9 (rèplica 3), Annex 2).

7.1.1- RÈPLICA 1

7.1.1.1- El Ser

La mostra del Ser en el curs alt del riu va ser presa a Sant Miquel de Campmajor, a les coordenades (42,1645555, 2,6797840). L'aigua feia una lleugera olor de vegetació morta, ja que el riu presenta en tots els seus trams una greu eutrofització que augmenta a mesura que avança el curs del riu. La mostra del curs alt presenta un pH de 5,5, per tant, és àcid. Per altra banda, no hi ha presència de nitrats ni nitrits i la duresa de l'aigua és de >2,7 mol/m³. La conductivitat és de 0,599 mS. En referència a l'oxigen dissolt, mesurat a partir de l'oxímetre cedit per l'Escola de Natura, es pot

observar que consta d'un oxigen de 5,4 mg/l (Figura 4, Annex 3). Aquesta zona, era abans, una zona de bany.

En referència al curs mitjà del riu, la mostra va ser recollida a Serinyà (42,1704600, 2,7221099). En aquesta zona el riu presenta un tram de bosc, i el pH no es mostra tan àcid, sinó que està a 6. De totes maneres, l'eutrofització respecte al tram anterior ha augmentat, i en conseqüència la concentració d'oxigen dissolt sent de 4,7 mg/l. L'aigua, igual que el curs alt, no presenta nitrats i la conductivitat és de 0,612 mS. Per altra banda, la duresa és de $>3,6$ mol/m³.



Figura 13: Ser al curs baix. (Imatge pròpia)

Finalment, al curs baix, just abans de desembocar al Fluvià a Serinyà (42,1847671, 2,7593758) l'aigua presenta una eutrofització molt greu. L'aigua presenta molta olor de vegetació, és tèrbola i no es pot veure res que no estigui a la superfície de l'aigua. Presenta un pH de 5,5, és a dir, àcid. No mostra presència de nitrats ni nitrits, igual que els trams anteriors. L'oxigen dissolt és molt baix: 3,9 mg/L (Figura 2, Annex 3). Un cop posats els 2 litres de cada mostra als tancs s'observa una clara progressió respecte al color que presenten les tres mostres.

7.1.1.2- El Matamors

La mostra del curs alt del Matamors va ser recollida a Camós (42,09655, 2,75800), aquesta zona està envoltada de conreus, però no hi ha presència de granges. L'aigua presenta un aspecte transparent, està en moviment i no hi ha olors. L'aigua mostra un pH neutre de 7, amb una petita presència de purins i amb una duresa de $>4,5$ mol/m³. L'oxigen dissolt en aigua és de 6,5 mg/L.

Respecte a la mostra del curs mitjà (42,09856, 2,78857) s'observa que el riu presenta una aigua d'aspecte fangós, sense contaminació odorífera. Aquesta zona s'hi troba una gorga amb banyistes. Als voltants d'aquesta localització hi ha granges i conreus, i també s'hi



Figura 14: Matamors al curs baix. (Imatge pròpia)

troba la gorga, on abans hi havia un rentador antic. L'aigua presenta un pH de 5,5 àcid, els nitrats es troben entre 25 mg/L NO₃⁻ i 5 mg/L NO₂⁻. La conductivitat és de 1373 uS i l'oxigen dissolt és de 5 mg/L. La duresa de l'aigua és de >4,5 mol/m³.

Finalment, al tram baix, que es troba a Cornellà del Terri (42,0992317, 2,7906953), l'aigua flueix molt suaument i l'aigua té un aspecte fangós i tèrbol i fa olor de claveguera. És una zona envoltada també de granges i camps abandonats. El pH presentat és de 6, els nitrats són de 25 mg/L NO₃⁻ i nitrits 5 mg/L NO₂⁻, l'oxigen dissolt de 4,9 mg/L. La conductivitat elèctrica és de 1305 uS i la duresa de l'aigua és de >4,5 mol/m³.

7.1.1.3- El Terri - riu control

La mostra del grup control del Terri és recollida abans d'arribar a Borgonyà (42,1007867, 2,7992972). L'aigua presenta un molt bon estat, l'aigua és transparent, inodora. El pH presentat és de 7, per tant, és neutre, la duresa és de >4,5 mol/m³ i no hi ha ni nitrits ni nitrats. La conductivitat és de 1410 uS i l'oxigen dissolt és de 7 mg/L.

7.1.2- RÈPLICA 2

7.1.2.1 - El Ser

En la segona rèplica, el Ser presenta en el curs alt⁹ un tram en el qual l'aigua flueix i es manté en el nivell habitual d'aigua per l'època de l'any, l'aigua continua amb un aspecte tèrbol i fangós. El pH presentat és de 6, mentre que la duresa és de >3,6 mol/m³. Per altra banda, igual que la darrera vegada l'aigua no presenta ni nitrits ni nitrats. La conductivitat de l'aigua indicada per l'oxímetre és de 0,575 uS i l'oxigen dissolt presentat és de 4,5 mg/l.



Figura 15: Ser al curs alt. (Imatge pròpia)

En el curs mitjà s'aprecia que l'aigua torna a presentar un efecte eutrofitzat, tot i que aquesta flueix. El pH presentat és de 6,5, l'aigua no acaba de ser ben bé transparent. L'oxigen dissolt que mostra és

⁹ Totes les mostres dels rius corresponents a cada tram han estat recollides a la mateixa localització les 3 rèpliques de les quals consta l'experiment.

3,9 mg/L i la conductivitat presentada és de 0,583 mS. No hi ha nitrats ni nitrits, i la duresa de l'aigua és de $>3,6$ mol/m³.

Per altra banda, al curs baix a Esponellà es pot observar com l'eutrofització no és tan aguda com la darrera vegada (Figura 8, Annex 3), però, tot i això, l'estat del riu continua estant greu. L'aigua no flueix i es troba pràcticament estancada, i continua amb aspecte tèrbol i fangós. A més l'aigua fa molta olor de vegetació morta. El pH presentat és més bo que el de l'altra vegada, sent de 6. No es presenten nitrats. La duresa de l'aigua és de $>4,5$ mol/m³. L'oxigen dissolt és de 3,5 mg/L i la conductivitat és de 1057 mS.



Figura 16: Ser al curs baix. (Imatge pròpia)

7.1.2.2- El Matamors

En la segona rèplica, el Matamors presenta en el curs alt un tram en el qual l'aigua flueix, l'aigua continua amb un aspecte transparent i inodor. El pH presentat en aquesta zona és de 7, mentre que la duresa és de $>4,5$ mol/m³. Presenta una petita quantitat de nitrats, entre 10 mg/L NO₃⁻ i 5 mg/L NO₂⁻, possiblement perquè la zona es troba envoltada per alguns conreus. La conductivitat de l'aigua indicada per l'oxímetre és de 1077 uS i l'oxigen dissolt presentat és de 5 mg/l.

En el curs mitjà s'observa que l'aigua ja torna a tenir un aspecte tèrbol i fa mala olor. El pH presentat és de 5,5. L'oxigen dissolt que mostra és 4,2 mg/L i la conductivitat presentada és de 1375 mS. Torna a presentar molta quantitat de nitrats de 25 mg/L NO₃⁻ i 5 mg/L NO₂⁻, i la duresa de l'aigua és de $>4,4$ mol/m³.

Per altra banda, al curs baix s'aprecia com l'aigua, com també la rèplica 1, no acaba de fluir gaire i el nivell d'aigua es troba per sota l'habitual per l'època de l'any. Continua també amb aspecte tèrbol i fangós. El pH presentat és de 5,5. Torna a presentar molta quantitat de nitrats de 25 mg/L NO₃⁻ i 5 mg/L NO₂⁻. La duresa de l'aigua és de $>4,5$ mol/m³. L'oxigen dissolt és de 3,5 mg/L i la conductivitat és de 1057 mS.

7.1.2.3- El Terri - riu control

La mostra del grup control del Terri presenta una altra vegada un molt bon estat, l'aigua és transparent, inodora. El pH presentat és de 7, per tant, és neutre, la duresa és de $>4,5 \text{ mol/m}^3$ i no hi ha nitrats ni nitrits. La conductivitat és de 1400 uS i l'oxigen dissolt és de 5 mg/L.

7.1.3- RÈPLICA 3

7.1.3.1- El Ser

En la tercera rèplica, el Ser presenta en el curs alt un tram en el qual l'aigua flueix amb el nivell una mica baix pel que correspondria a l'estiu, l'aigua no presenta un aspecte tèrbol ni fangós. El pH presentat és de 6, mentre que la duresa és de $>3,6 \text{ mol/m}^3$. Per altra banda, aquesta vegada si presenta 10 mg/L NO_3^- de nitrats i 5 mg/L NO_2^- de nitrits. La conductivitat de l'aigua indicada per l'oxímetre és de 0,530 mS i l'oxigen dissolt presentat és de 5,1 mg/l.

En el curs mitjà s'observa que l'aigua no presenta un aspecte tant eutrofitzat com les darreres vegades, sinó que una part de la vegetació superficial a l'aigua està morta, tot i que aquesta flueix. El pH presentat és de 6, l'aigua no acaba de ser ben bé transparent. L'oxigen dissolt que mostra és 4 mg/L i la conductivitat presentada és de 0,413 mS. Torna a presentar 25 mg/L NO_3^- i 5 mg/L NO_2^- de nitrats, i la duresa de l'aigua és de $>3,6 \text{ mol/m}^3$.

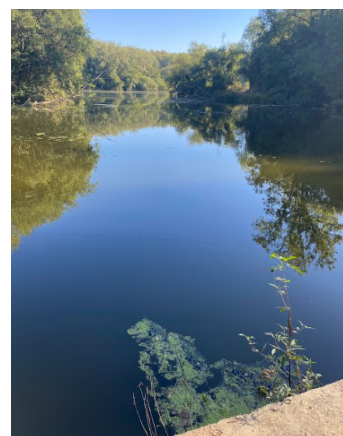


Figura 17: Ser al curs baix. (Imatge pròpia)

Per altra banda, al curs baix a Esponellà es pot observar com l'eutrofització ha disminuït, però, així i tot, l'estat del riu continua estant greu. L'aigua no flueix i es troba pràcticament estancada, i continua amb aspecte tèrbol i fangós (Figura 14, Annex 3). El pH presentat és de 5,5. Igual que els altres trams del riu torna a haver-hi una petita presència de nitrats i nitrits, 10 mg/L NO_3^- i 5 mg/L NO_2^- . La duresa de l'aigua és de $>3,6 \text{ mol/m}^3$. L'oxigen dissolt és de 3,5 mg/L i la conductivitat és de 0,831 mS.

7.1.3.2- El Matamors



En la tercera rèplica, el Matamors presenta en el curs alt un tram en el qual l'aigua flueix, l'aigua continua amb un aspecte transparent i inodor. El pH presentat en aquesta zona és de 6, mentre que la duresa és de $>4,5$ mol/m³. Torna a presentar una petita quantitat de nitrats. La conductivitat de l'aigua indicada per l'oxímetre és de 1285 mS i l'oxigen dissolt presentat és de 4,2 mg/l.

Figura 18: Matamors al curs alt. (Imatge pròpia)

En el curs mitjà s'observa que l'aigua ja torna a tenir un aspecte tèrbol i fa mala olor. El pH presentat és de 6,5. L'oxigen dissolt que mostra és 3,8 mg/L i la conductivitat presentada és de 1069 mS. Torna a presentar molta quantitat de nitrats i nitrits: 25 mg/L NO₃⁻ i 5 mg/L NO₂⁻, i la duresa de l'aigua és de $>4,5$ mol/m³.

Per altra banda, al curs baix es pot observar com l'aigua, com també la rèplica 1 i 2, es troba pràcticament estancada. Continua també amb aspecte tèrbol i fangós. El pH presentat és de 5,5. Es presenten 25 mg/L NO₃⁻ i 5 mg/L NO₂⁻ de nitrits i nitrats. La duresa de l'aigua és de $>4,5$ mol/m³. L'oxigen dissolt és de 3,9 mg/L i la conductivitat és de 1311 mS.

7.1.3.3- El Terri - riu control

La mostra del grup control del Terri presenta una altra vegada un molt bon estat, l'aigua és transparent, inolora. El pH presentat és de 7, per tant, és neutre, la duresa és de $>4,5$ mol/m³, per altra banda, hi ha una petita presència de nitrats i nitrits que no arriba a 10 mg/L NO₃⁻ i 5 mg/L NO₂⁻. La conductivitat és de 1053 uS i l'oxigen dissolt és de 5,8 mg/L.



Figura 19: Riu Terri abans que el Matamors hi desemboqui. (Imatge pròpia)

7.2- Resultats obtinguts de les pulsacions i anàlisi de nombre de dàfnies vives i mortes

Tal com es pot observar a la taula 4 els resultats de les mitjanes obtingudes en les pulsacions de les dàfnies, després d'analitzar els tres trams de cada riu per cada rèplica, són:

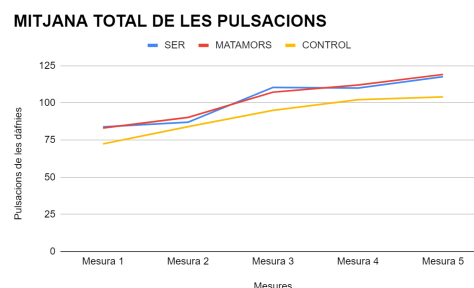
DÀFNIES	SER					MATAMORS					TERRI (CONTROL)	
	Pulsacions durant 15s					Pulsacions durant 15s					Pulsacions durant 15s	
	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	MITJANA	MORT-ALITAT	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	MITJANA	MORT-ALITAT		
Mesura 1	81,1	81,5	88,9	83,86	2,0	78,3	85	85	83,1	1,3	72,4	0,0
Mesura 2	80,93	86,8	92,13	87	1,9	87	88,4	94,3	90,2	2,1	84	1,0
Mesura 3	103,9	109,9	117,3	110,4	2,1	99,1	107,8	114,4	107,2	2,8	95	1,0
Mesura 4	102,6	109,2	117	110	2,4	103,3	112,5	119,6	112	2,6	102,1	2,3
Mesura 5	106,2	116,7	130	117,6	3,3	110,4	120,3	127	119,1	2,9	104	1,7

Taula 4: Mitjana total de les pulsacions per riu, curs i mesura tenint en compte les tres rèpliques (vegeu taules Annex 2). (Taula pròpia)

D'una banda, que les dàfnies cultivades en les mostres dels rius que s'estudien per contaminació presenten unes pulsacions més altes que el grup control (els trams baixos que són els més contaminats presenten sobre 130 pulsacions al final de l'experiment, mentre que el control presenta al voltant de 100 pulsacions). Com es pot observar, les mitjanes de les pulsacions per les dàfnies en el riu control oscil·len entre 72,4 (Mesura 1) i 104 (Mesura 5) mentre que el Matamors, al tram baix, presenta uns valors entre 85 i 127 al llarg de les 5 mesures; i el Ser, en aquest mateix tram i durant les 5 mostres preses, es troben entre 88,9 i 130 pulsacions per 15 s. Idòniament, aquestes pulsacions haurien de rondar les 90 per 15 s (350 per minut).

A continuació, la gràfica 1, engloba les pulsacions de les dàfnies estudiades per cada rèplica, riu, tram i mesura (Taula 1, mitjana dels tres trams de les diferents mesures).

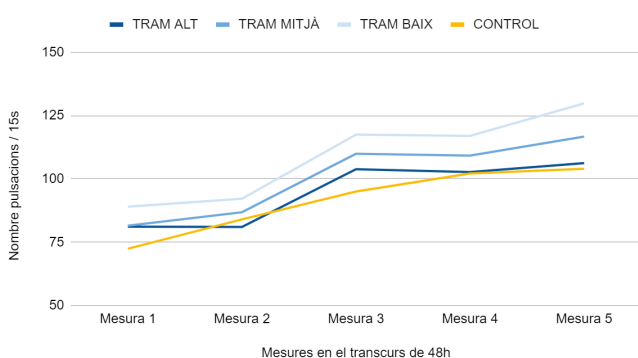
Gràfica 1: Mitjana total de les pulsacions. (Gràfica pròpia)



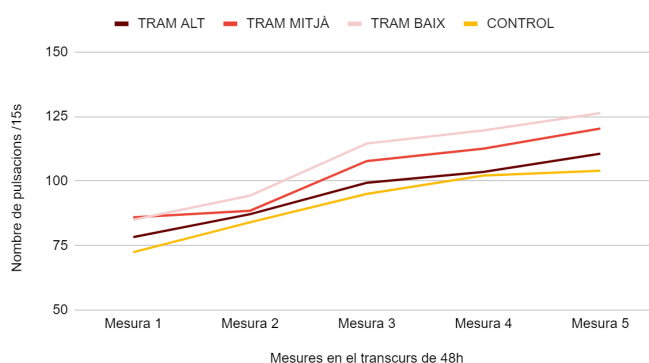
Així, es pot observar com un cop posades en comú totes les rèpliques, que els dos rius contaminats presenten unes mitjanes molt similars i més elevades que el control.

D'altra banda, si comparem els resultats obtinguts en la mesura del nombre de pulsacions de cada tram dins del mateix riu, és a dir, si comparem les mitjanes obtingudes del curs alt, mitjà i baix del Ser (Gràfic 2) o del Matamors (Gràfica 3), comparat amb el control (valors de la Taula 4); es pot observar com a mesura que el curs del riu és més baix, les pulsacions de les dàfnies augmenten. També es pot observar, com la mitjana de les pulsacions obtingudes en els trams alts, són semblants les més semblants al riu control.

PULSACIONS PER TRAM - RIU SER



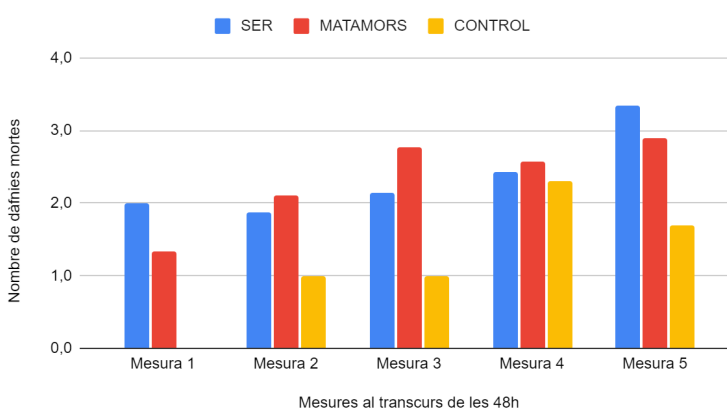
PULSACIONS PER TRAM - MATAMORS



Gràfic 2 (Ser) i 3 (Matamors). Mitjana del nombre de pulsacions obtingudes per tram de riu, en comparació també amb el riu control. (Gràfiques pròpies)

Finalment, respecte a la mitjana de la mortalitat segons les mesures de totes les rèpliques, s'observa que en totes les mesures, la mortalitat dels tancs amb mostres del riu Ser i Matamors és més elevada en comparació amb els tancs del riu Terri, utilitzat com a control. D'altra banda, es pot observar que la mortalitat augmenta al llarg del pas de les hores, en tots els casos (Gràfica 4).

EVOLUCIÓ DE LA MORTALITAT

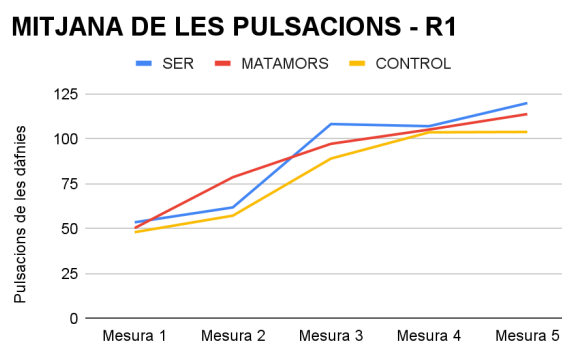


Gràfica 4: Evolució de la mortalitat de les dàfnies (Gràfica pròpia)

A continuació, s'exposen detalladament els resultats obtinguts per cada rèplica.

7.2.1- RÈPLICA 1

A la rèplica 1, igual com en els resultats generals, s'observa que les pulsacions de les dàfnies dels rius contaminats presenten un major increment que les dàfnies del grup control.



Gràfica 5: Mitjana de les pulsacions dels tres rius en la rèplica 1. (Gràfica pròpia).

7.2.1.1- Recollida de dàfnies

Les dàfnies de la rèplica 1 van ser recollides el dia 06.08.22 a la Bassa de la Draga (42,126273, 2,759614). La qualitat fisicoquímica que presenta la bassa, per tant, el medi inicial de les dàfnies utilitzades per l'experiment, és d'un pH de 6,5, els nitrats i nitrits són 0, per tant, no presenta purins, i la conductivitat de l'aigua és menor de 3,6 mol/m³. Aquestes 50 dàfnies van ser recollides posteriorment al mostreig d'aigües (Figura 5, Annex 3), d'aquesta manera es garanteix que aquestes es mantenen en les millors condicions possibles abans de ser introduïdes als tancs. Així doncs, aquesta variable no pot afectar a l'experiment.

7.2.1.2- El Ser

Tal com s'ha explicat anteriorment, dins de cada rèplica es van realitzar 5 mesures durant les 48 h d'experiment. La taula 5 mostra l'evolució del batec cardíac i de les dàfnies vives i mortes durant les 5 mesures de la rèplica 1 del riu Ser. Aquesta taula es presenta a resultats com a exemple del que s'ha fet en cadascuna de les rèpliques i rius. La resta de taules, però, es troben a l'annex 2.

DÀFNIES	Mesura 1			Mesura 2			Mesura 3			Mesura 4			Mesura 5			Mitjana
	Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			
	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	
Dàfnia 1	47	51	45	51	53	67	89	120	105	98	114	113	114	114	138	
Dàfnia 2	61	49	65	62	73	71	98	110	130	100	105	116	109	121	133	
Dàfnia 3	45	55	73	54	70	63	110	109	108	104	106	118	103	119	135	
Dàfnia 4	53	53	50	63	64	63	104	113	102	109	102	105	106	121	134	
Dàfnia 5	54	57	54	47	66	59	109	101	115	80	100	127	115	118	118	
MITJANA PER CURSOS	52	53	55,6	55,4	65,2	64,6	102	110,6	112	98,2	105,4	115,8	109,4	118,6	131,6	
MITJANA PER MESURES	53,5			61,73			108,2			107			119,87			
DÀFNIES MORTES	0	2	4	1	2	2	2	2	3	0	2	5	2	5	5	Curs alt:45 Curs mitjà:39 Curs baix:31

Taula 5: Evolució de les dàfnies durant les 5 mesures un cop sotmeses a les aigües del Ser. (Taula pròpia).

Es pot observar que les dàfnies presenten diferències respecte a les pulsacions, primerament els valors es mantenen constants pels tres cursos, però a mesura que avancen les hores els tres trams es van diferenciant, així doncs el curs alt (menys contaminat a causa de l'eutrofització) presenta menys de 20 pulsacions cardíaques per 15 segons respecte al curs alt. En qüestió a la mortalitat, s'observa que aquesta evoluciona en tots els trams quan avancen les mesures, però els trams mitjà i baix, que són els més eutrofitzats, presenten una major mortalitat respecte al curs alt.

7.2.1.3- El Matamors

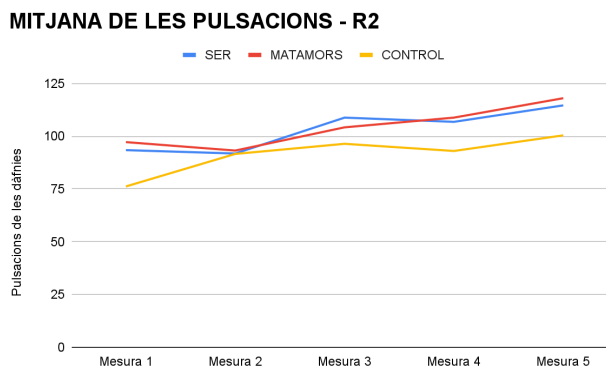
Respecte a les dàfnies (Taula 3, Annex 2), es pot apreciar que es mantenen més o menys en la línia de les pulsacions observades en la taula del Ser. Respecte a la mortalitat, s'observa que es duu a terme en funció els diversos trams i de manera més augmentada a mesura que passen les 48 h. Per exemple, a la mesura 3 es pot observar que hi ha 1 dàfnia morta al curs baix, 3 al mitjà i 7 a l'alt.

7.2.1.4- El Terri - riu control

S'aprecia que el grup control es manté en línia i tant pulsacions com mortalitat són molt constants (Taula 4, Annex 2). Per exemple, la mortalitat és de tan sols 1,8 dàfnies de mitjana durant totes les mesures.

7.2.2- RÈPLICA 2

A la rèplica 2 s'observa que les pulsacions de les dàfnies dels rius contaminats presenten un major increment que les dàfnies del grup control. Les mesures entre els dos rius contaminats són més similars respecte a la primera rèplica.



Gràfica 6: Mitjana de les pulsacions dels tres rius en la rèplica 2.(Gràfica pròpia)

7.2.2.1- Recollida de dàfnies

En la segona rèplica les dàfnies van ser també recollides a la Bassa de la Draga el dia 17.08.22. L'aigua presenta un pH de 6,5, una duresa de $>3,6 \text{ mol/m}^3$ i no mostra ni nitrats ni nitrits. L'oxigen dissolt i la conductivitat es mantenen constants respecte a la mesura anterior.

7.2.2.2- El Ser

Respecte a les dàfnies, es pot observar que en les dues primeres mesures (Taula 6, Annex 2) les pulsacions són molt majors que les mateixes mesures de la primera rèplica. S'observa, però, que a partir de la tercera mesura els resultats es mantenen en la mateixa línia de la primera rèplica, a la mesura tres es comença a observar que els tres cursos presenten pulsacions molt diferents. A la 4 mesura per exemple es pot veure que el tram alt presenta 101,4 i el tram baix té 117 pulsacions, per tant, difereixen de 16. A la darrera mesura aquesta diferència es duplica i es poden observar que entre el curs alt i el baix hi ha 30 pulsacions de diferència.

7.2.2.3- El Matamors

En qüestió de les dàfnies és possible apreciar que, de la mateixa manera que el Ser, les pulsacions inicials (Taula 7, Annex 2) ja són molt més grans que les de les mesures a la primera rèplica. A partir d'aquí es pot dir que les pulsacions segueixen en la mateixa tònica que la primera rèplica, les diferències entre trams s'accentuen a mesura que passen les hores. A la mesura 1 el tram baix (més

contaminat) presenta 98,4 pulsacions de mitjana, mentre que aquest mateix curs a l'última mesura mostra 130,2 pulsacions.

En referència a la mortalitat d'aquestes se'n pot dir que augmenten en tots els cursos al llarg de les mesures, però igual que les pulsacions, aquestes presenten diferències entre els cursos. Per exemple a l'última mesura el curs alt consta de 2 dàfnies mortes, el curs mitjà de 2 també i el baix de 4.

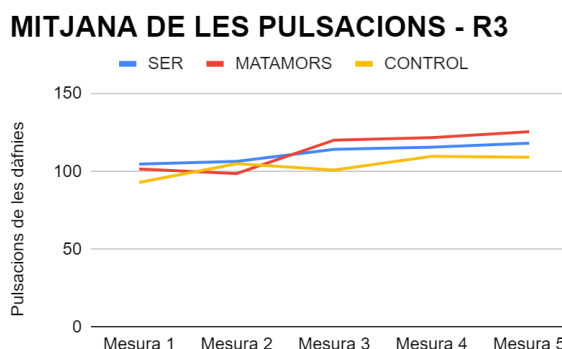
7.2.2.4- El Terri - riu control

En qüestió a les dàfnies, les pulsacions augmenten en funció de les mesures igual que els rius contaminats, però es mantenen molt per sota de les pulsacions que presenten els trams més contaminats dels rius estudiats. Per exemple, l'última mesura consta d'una mitjana de 100,4 pulsacions durant els 15 segons. Respecte a les puces d'aigua mortes, la mitjana és de 0,4, no arriba ni a 1 dàfnia morta per mesura (Taula 8, Annex 2).

7.2.3- RÈPLICA 3

En la darrera rèplica s'observa com les pulsacions del control segueixen una línia més equilibrada que les mostres contaminades.

Gràfica 7: Mitjana de les pulsacions dels tres rius en la rèplica 1.



7.2.3.1- Recollida de dàfnies

En la tercera rèplica les dàfnies van ser també recollides a la Bassa de la Draga el dia 24.8.22. L'aigua presenta també un pH de 6,5, una duresa de $>3,6 \text{ mol/m}^3$ i no presenta nitrats. L'oxigen dissolt i la conductivitat es mantenen constants respecte a les dues mesures anterior. Les dàfnies són recollides un dia de molta calor a una zona on el sol incideix directament.

7.2.3.2- *El Ser*

Pel que fa a les dàfnies (Taula 10, Annex 2), es pot dir que es mantenen unes mesures semblants a la rèplica 2. Respecte a la mortalitat, aquesta presenta una lleugera davallada en tots els trams, tot i que encara es pot apreciar la diferència entre aquestes

7.2.3.3- *El Matamors*

En qüestió de les dàfnies es pot apreciar que, igual que la segona rèplica, les pulsacions inicials (Taula 11, Annex 2) són molt més grans que les de les mesures a la primera rèplica. A partir d'aquí es veu que les pulsacions segueixen en la mateixa tònica que la primera i la segona rèplica, les diferències entre trams s'accentuen a mesura que passen les hores. A la mesura 1 el tram baix (més contaminat) presenta 119,6 pulsacions de mitjana, mentre que aquest mateix curs a l'última mesura mostra 133 pulsacions, la diferència no és tan gran respecte a les altres rèpliques, ja que en aquest mostreig durant les 2 rèpliques totes les aigües del riu es trobaven, en menor o major mesura, contaminades. En referència a la mortalitat d'aquestes es pot apreciar que augmenten en tots els cursos al llarg de les mesures, però igual que les pulsacions, aquestes presenten diferències entre els cursos. Per exemple a l'última mesura el curs alt consta de 2 dàfnies mortes, el curs mitjà de 3 també i el baix de 5.

7.2.3.4- *El Terri - riu control*

El grup control presenta unes pulsacions (Taula 12, Annex 2) baixes en les dàfnies que oscil·len entre 93 (mesura 1) i 109,2 (mesura 5). La mortalitat presentada és major, d'1,4 de mitjana.

7.3- Buidatge de la visita a la depuradora EDAR de Cornellà del Terri

Per donar resposta a l'objectiu proposat inicialment de conèixer i estudiar els diversos mètodes de depuració, s'ha realitzat una entrevista (Annex 4) a la Sunsi Ferrer Matas, de la depuradora EDAR de Cornellà del Terri. La visita ha constatat de 5 preguntes. El primer bloc de preguntes, les 4 primeres, pretén conèixer els mètodes de depuració utilitzats a la mateixa depuradora, la depuració

en indústries per evitar que els residus siguin abocats i també les mesures fisicoquímiques establertes abans de retornar l'aigua. En el segon bloc hi ha una pregunta de caràcter personal i interpretatiu, respecte a si s'ha agreujat la contaminació de les aigües rebudes en funció a períodes anteriors documentats anys enrere.

Respecte al primer bloc, la Sunsi explica el mètode de depuració utilitzat a Cornellà del Terri, que s'ha usat per redactar l'apartat 3.2. En funció de les indústries, aquestes consten d'una depuradora adaptada a la contaminació que cada empresa genera en l'aigua, és a dir, empren el mateix sistema que una depuradora de major escala però canviant el pretractament. Això és degut al fet que, per exemple, una empresa productora de l·laminadures necessita eliminar el sucre de l'aigua, però, en canvi, una altra això no ho necessitarà. Un cop depurada l'aigua, les empreses reben la possibilitat d'abocar-la a un riu (com fan algunes empreses de Serinyà amb una depuradora molt potent) o bé que acabi a la depuradora EDAR de Cornellà del Terri. Pel que fa a les mesures fisicoquímiques indicades per retornar l'aigua destaquem els sòlids en suspensió per sota de 35 i el pH entre 6 i 8. Gràcies a les mesures indicades per la Sunsi, s'han establert les mesures fisicoquímiques que s'han estudiat a l'anàlisi experimental.

Respecte a si s'ha agreujat la contaminació de les aigües en comparació a fa uns anys, la Sunsi exposa que l'aigua de les indústries i domicilis no arriba en els estats que arribava fa 10 anys. En el cas dels domicilis és molt pitjor, reben molt més material sanitari del que rebien anteriorment, i han de dedicar moltes hores a retirar-lo de l'aigua abans de poder iniciar el tractament. Tanmateix, l'aigua de les indústries presenta una qualitat molt més bona gràcies a l'obligació de la implantació de depuradores pròpies a les empreses, ja que fa un parell de dècades es podien observar rius tenyits de vermell de la sang de les indústries càrnies.

8- DISCUSSIÓ DELS RESULTATS

Un cop observats els resultats, és possible apreciar que les mesures fisicoquímiques i biològiques de les dàfnies varien entre els diversos trams en funció a la contaminació presentada. En aquest apartat, s'analitzen els resultats presentats anteriorment, tenint en compte els resultats fisicoquímics de cada tram, els resultats de les variables biològiques estudiades a través de les dàfnies, i tenint en compte també la visita i entrevista a la depuradora.

En primer lloc, s'observa clarament, tant en la mitjana final com en cada rèplica per separat que les pulsacions de les dàfnies estudiades són superiors en els rius Ser i Matamors que en el riu control (Gràfiques 1, 5, 6 i 7). En les mesures fisicoquímiques s'ha pogut observar que en aquests tres rius hi ha diferències principalment en el pH, l'oxigen dissolt i els nitrats i nitrits.

Respecte al **Ser**, la contaminació és més aviat per l'eutrofització, probablement generada per la mala gestió forestal (Rutledge, 2022), per aquest motiu les dàfnies presenten unes majors pulsacions a mesura que avança el riu (Mauree, 2002) i l'eutrofització que presenta també explicaria la menor quantitat d'oxigen en el Ser respecte al control (National Geographic, 2022). La mortalitat augmenta també en funció a la quantitat d'oxigen que presenten les aigües, com menys oxigen s'observa més mortalitat. L'eutrofització fa que les algues i plantes sorgides limitin la quantitat d'oxigen en aigua. Així doncs, aquestes plantes sorgides també emeten substàncies tòxiques que tenen les capacitats de contaminar els organismes d'un ecosistema. A més, poden originar nombrosos bacteris que són un focus d'infecció tant per humans com per animals, per tant, aquestes aigües no podrien ser aptes pel consum humà.

En relació amb el **Matamors**, s'observa que les dàfnies també presenten unes pulsacions per sobre del control, a mesura que el riu avança els tres trams (Mauree, 2002), fet que demostra una possible contaminació del riu. Així mateix, en les proves fisicoquímiques s'ha determinat gràcies als nitrats i nitrits detectats en les 3 rèpliques, que aquest riu presenta contaminació per purins. Tanmateix, també s'observa una major mortalitat en els trams que presenten purins. És possible concloure que la problemàtica ocasionada anys enrere (Ajuntament de Camós, 2020) encara no es troba del tot resolta. Tot i haver observat l'efecte d'aquests en l'espècie estudiada, en humans també podrien incrementar les pulsacions cardíaques, si l'aigua és ingerida (Minnesota Department of Health, 2020). Cal recordar també que els purins en concentració més de 50 mg/L poden ocasionar greus problemes sanitaris com càncer de pell, segons l'OMS corrobora. En el moment de l'estudi, la Gorga Blava es trobava a la meitat d'aquesta quantitat, per tant, això vol dir que, tot i això, no es troba en el grau més greu de contaminació.

En segon lloc, també es pot observar que tant la mortalitat com les pulsacions augmenten també en el riu control, encara que en una menor mesura, durant les 48 h. Així mateix, cal remarcar que aquest experiment no es podria dur a terme si no fos un *acute*, és a dir si constés d'una durada de més de 48 h, ja que es deixen de controlar variables i, per tant, probablement, l'augment de pulsacions i mortalitat que presenta la mostra no contaminada sigui degut a la manca, d'aliment o

oxigen que comencen a presentar els tancs d'aigua estancada. És per aquest motiu, que si s'hagués escollit el *chronic* les dàfnies presentarien unes pulsacions i mortalitat que no serien degudes a la contaminació, i per tant s'hauria d'estudiar com controlar les darreres variables que podrien alterar els resultats.

En tercer lloc, i ara sí, comparant les rèpliques, es pot observar que en les rèpliques 2 i 3 les pulsacions són més elevades, això és degut al fet que les dàfnies van ser recollides a la Draga en dos dies de molta calor, en una zona on el sol incideix directament, això causa que les dàfnies presenten unes majors pulsacions inicials (Santoso, 2020). Aquesta variable no incideix un cop les dàfnies estan habituades totes a un mateix lloc (a partir de la mesura 2 i 3, on s'observa que els resultats de les 3 rèpliques estan en la mateixa línia).

Finalment, cal remarcar que la impossibilitat de les dàfnies de viure en llocs que consten d'aquest tipus de contaminació no només ens serveix de referència pels efectes que aquestes aigües causen en els humans, sinó que també ens permet veure que la majoria dels ecosistemes no es troben en l'equilibri que abans hi havia. Per tant, si no hi ha presència d'aquests petits crustacis en els rius, els consumidors secundaris (peixos) no tenen aliment (Miner, 2012).

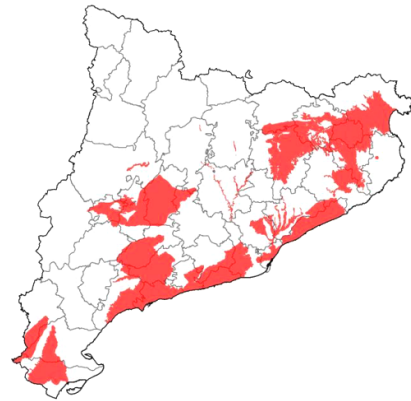
Per acabar, m'agradaria recalcar de nou que el Pla de l'Estany és una de les comarques amb les aigües més contaminades de tot Catalunya (Síndic de Greuges, 2016) (Figura 20), i pel que es determina en el present estudi, els dos rius no presenten gaire millora respecte a episodis documentats anys enrere (Cugat, 2019) (Museus de Banyoles, 2020), o si més no, no es troben en l'estat que haurien d'estar per mantenir el Pla de l'Estany un entorn sostenible i apte tant per animals com persones.

Tot i la quantitat d'iniciatives per part de moltes associacions per tal de millorar la qualitat aquàtica, és molt important que la població estigui conscienciada. Per dir això em baso en una petita enquesta (Annex 6) que vaig fer fa un parell d'anys als alumnes del meu curs, només un 4,7% sabia d'aquesta contaminació. Unes quantes veus no poden donar visibilitat al problema, però si tota una comarca.

Per tant, només queda dir que no només és essencial erradicar la qüestió des de l'arrel, és a dir, aturar la presència de nitrats ocasionats pels purins i, per altra banda, la mala gestió forestal, si n'hi

ha, si no també donar a conèixer aquests fets a la resta dels habitants i informar a la població de l'estat en què es troben gorgues i fonts.

Figura 20: Imatge que assenyalava les comarques més contaminades pels purins. (Font: Síndic de Greuges de Catalunya, 2016).



9.1- Limitacions i futures recerques

En qüestió a les limitacions sorgides, tan bon punt vaig plantejar l'estudi em van sorgir alguns dubtes respecte a les variables que era necessari controlar per tal de poder garantir el màxim de fiabilitat dels experiments. Així doncs, vaig optar per posar tots els tancs dels cultius en un mateix lloc per poder garantir que la llum rebuda per les dàfnies era la mateixa i la temperatura també, ja que una variació d'aquestes podria ocasionar-ne la mort, i, per tant, arribaria a uns resultats incongruents.

Per altra banda, també em van sorgir dubtes arran de les dàfnies, vaig concretar, d'acord amb estudis anteriors, que mentre tinguessin la mateixa procedència això no provocaria efectes diferents en aquestes un cop sotmeses a medis contaminats. Tanmateix, una variable que m'agradaria haver pogut controlar hagués estat l'edat i el cicle vital que presenten les dàfnies posades en els tancs, això requereix un cultiu de dàfnies previ. Per evitar que es morissin de vellesa, el que s'ha realitzat a l'estudi és seleccionar dàfnies molt petites i, per tant, que no es troben encara en un cicle vital de prou maduresa per a morir-se.

Un cop iniciat el mostreig em va sorgir el problema que un dels rius escollits, el Remençà, no portava aigua. És per aquest motiu que, de cara a futures recerques, penso que seria necessari realitzar les proves fisicoquímiques i els experiments de toxicitat en dàfnies en un riu d'un pH bàsic que pugui estar contaminat per residus industrials, ja que aquesta era la intenció inicial en el plantejament de la recerca.

De cara a futures recerques, trobo que seria interessant continuar en aquesta línia d'estudi ampliant-la a més rius de la comarca i, així doncs, es podria obtenir un estudi més exhaustiu de la zona i, per tant, es podria determinar tots els rius que causen l'afectació dels rius principals del Pla de l'Estany, com per exemple el Terri o el Fluvià. No només trobo rellevant ampliar aquesta recerca, sinó també crec que seria interessant l'estudi *chronic* dels cultius, de manera que es podrien estudiar altres variables com l'evolució i la reproducció de les dàfnies sota condicions no òptimes causades per la contaminació. Ara bé, per dur a terme el cultiu *chronic* seria necessari controlar l'aliment que presenten els tancs, o bé canviar-ne les aigües, ja que si no, les pulsacions s'acceleren per variables no controlades, com la manca d'oxigen o fitoplàncton. Per acabar, per poder controlar exactament quines èpoques són en les que els rius es troben més contaminats, es podria dur a terme l'experiment una vegada a cada estació de l'any.

CONCLUSIONS

A continuació es presenten les conclusions en funció els objectius plantejats a l'inici d'aquesta recerca:

Primerament, i en relació amb les mesures fisicoquímiques, és possible observar que el pH del riu Matamors és àcid a causa dels nitrats i, per altra banda, del Ser cal destacar que conté un oxigen molt baix en l'aigua a causa de l'eutrofització, que pot estar ocasionat per una mala gestió forestal. Per tant, es pot afirmar que aquests rius estan contaminats, tal com les mesures preses en el mostreig indiquen.

Per altra banda, un cop fet l'estudi s'observa que les pulsacions cardíaques de les dàfnies no són les mateixes respecte als valors que presenten en aigües no contaminades, aquestes augmenten sotmeses a un medi contaminat. Així mateix, la mortalitat també es veu incrementada. Per tant, es pot concloure que la contaminació sí que afecta organismes que habiten en aquests ecosistemes, en el cas de l'estudi, la *Daphnia magna*.

En tercer lloc, es pot afirmar que les *Daphnia magna* són un bon bioindicador de l'estat i la qualitat de les aigües, ja que com s'esmenta, han permès observar les diferències en les seves pulsacions i la mortalitat sota les diferents mostres d'aigua.

En qüestió l'últim objectiu, es pot concloure que, tot i que ara mateix la contaminació està molt més regulada que ho estava anteriorment, l'aigua rebuda per part de les indústries presenta unes mesures fisicoquímiques òptimes. Tot i això, la tala forestal no està del tot regulada, i com s'observa, pot ser la causa de l'eutrofització. Tanmateix, cal considerar que moltes vegades les granges no tenen una gestió correcta dels purins, i d'aquesta manera acaben als rius de la comarca.

Finalment, i en relació amb les hipòtesis de partida, es valida la primera hipòtesi plantejada a l'inici de la recerca, actualment els rius no es troben en un estat òptim, i aquest mal estat té una clara influència sobre les pulsacions i la mortalitat de les dàfnies. També la segona, la *Daphnia magna* és un bon bioindicador de la potabilitat de les aigües, ja que la seva estructura translúcida permet comptar-ne fàcilment les pulsacions, i aquestes, al seu torn, presenten clares diferències un cop les dàfnies estan sotmeses a mostres contaminades i mostres d'aigua que presenten un bon estat.

BIBLIOGRAFIA

- Abellán, J. A. (2008, 12). *RECS I RIEROLS DEL PLA DE L'ESTANY. Articles, publicacions i projectes actuals d'en Joan Anton Abellan*. TURARIS.net. Retrieved April 22, 2022, from http://www.turaris.net/ca/publicacions/articles_10/s_ciencies_4/recs-i-rierols-del-pla-de-l-estany_101
- Abellán, J. A., & Llach, M. (n.d.). *Estanys i estanyols del Pla de l'Estany*. (ESTANYS, ESTANYOLS I LLACUNES). Retrieved April 22, 2022, from <http://www.trianglegironi.cat/images/imatges%20i%20documents/pla%20estany/banyoles/pdf/zona%20lacustre%20estany%20banyoles.pdf>
- Ajuntament de Camós. (2020). *La riera Matamors | Web oficial de l'Ajuntament de Camós*. Ajuntament de Camós. Retrieved September 19, 2022, from <http://www.camos.cat/coneix/llocs-dinteres/el-riu-matamors/>
- Ávalos, E., & Huamán, V. (n.d.). *Crecimiento poblacional de Daphnia magna “pulga de agua” en cultivo experimental alimentado con Saccharomyces cerevisiae “levadura” y jugo de Spinacia oleracea “espinaca”*. Repositorio Institucional UNSCH. Retrieved April 22, 2022, from <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/1657>
- Bouse, L. (2022, May 19). *Ecosystem*. National Geographic Society. Retrieved September 18, 2022, from <https://education.nationalgeographic.org/resource/ecosystem>
- Brown, A. (2014, 09 14). *Counting daphnia's heart rate*. Retrieved 8 5, 2022, from <https://www.amybrownsience.com/2012/02/measuring-heart-rate-in-daphnia.html>
- Campos, J. (2007). *riesgo de la posible presencia de N-nitrosaminas en productos cárnicos crudos adobados cuando se someten a tratamientos culinarios*. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Retrieved January 9, 2021, from https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/evaluacion_riesgos/informes_comite/NITROSAMINAS_P.CARNICOS.pdf
- CEAB. (2019, January 23). *Les Dàfnies, o puces d'aigua*. CEAB-CSIC. Retrieved April 22, 2022, from <https://www.ceab.csic.es/les-dafnies-o-puces-daigua/>
- Chin, A. (2011, 06). *Daphnia, una pulga de agua | Investigación y Ciencia*. Investigación y Ciencia. Retrieved April 22, 2022, from <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/la-inflacin-a-debate-528/daphnia-una-pulga-de-agua-8926>
- Climent, E. T. (2020, April 6). *El Terri, fill de Banyoles - El Temps*. El Temps - Setmanari. Retrieved April 22, 2022, from <https://www.eltemps.cat/article/9858/el-terri-fill-de-banyoles>

Constans, L. G. (1981). Passatge del Matamors. *Banyoles Cultura*.

<http://www.banyolescultura.net/carrers/matamors.html>

Criado, M. Á. (2017, January 1). Una puça d'aigua explica per a què serveix el sexe. *elpais.cat*.

https://cat.elpais.com/cat/2016/12/30/ciencia/1483110879_694022.html

Cugat, L. (2019, July 10). Apareixen centenars de peixos morts al riu Terri. *Diari de Girona*.

<https://www.diaridegirona.cat/comarques/2019/07/10/limnos-denuncia-laparicio-centenars-peixos/991145.html>

de Diego Soler, H., & López Berbel, B. (2008, February 4). *L'efecte del cafè en les pulsacions cardíaques a partir de la Daphnia magna*. Recercat. Retrieved September 18, 2022, from

<https://recercat.cat/bitstream/id/14671/2008PJ10085.pdf>

El Mundo. (2006, March 16). Pequeñas pulgas de agua vigilan la calidad del agua potable en Suiza | elmundo.es. *El Mundo*.

<https://www.elmundo.es/elmundo/2006/03/15/ciencia/1142440484.html>

Els Residus Industrials by Xavi Rodríguez Broceño. (2019, 04 25). Prezi. Retrieved April 22, 2022,

from <https://prezi.com/tz-e1y3xquvd/els-residus-industrials/>

Enciclopèdia catalana. (n.d.). *el Terri* | *enciclopèdia.cat*. Enciclopèdia.cat. Retrieved April 22, 2022,

from <https://www.enciclopedia.cat/ec-gec-0065743.xml>

Enciclopèdia catalana. (2009). *el Pla de l'Estany* | *enciclopèdia.cat*. Enciclopèdia.cat. Retrieved

April 22, 2022, from <https://www.enciclopedia.cat/ec-gec-0239088.xml>

Enciclopèdia catalana. (2009). *riera de Matamors* | *enciclopèdia.cat*. Enciclopèdia.cat. Retrieved

April 22, 2022, from <https://www.enciclopedia.cat/ec-gec-0041305.xml>

Estebán, R. (2017, October 31). Aigües contaminades al rierol Remença | R. Estéban | CORNELLÀ DEL TERRI | Medi ambient | El Punt Avui. *Avui*.

<https://www.elpuntavui.cat/territori/article/11-mediambient/1272204-aigues-contaminades-al-rierol-remenca.html>

Estebán, R. (2020, January 29). Amplien el polígon de Pont-xetmar de Cornellà | Ramon Estéban | CORNELLÀ DEL TERRI | Economia | El Punt Avui. *Avui*.

<https://www.elpuntavui.cat/economia/article/18-economia/1731122-amplien-el-poligon-de-pont-xetmar-de-cornella.html>

Estragués, E. (2015, 12 31). *Usuari:Paputx/proves/Llista de fonts del Pla de l'Estany*. Viquipèdia.

Retrieved April 22, 2022, from

https://ca.wikipedia.org/wiki/Usuari:Paputx/proves/Llista_de_fonts_del_Pla_de_l%27Estany

Falcó, M., & Moreno, O. (n.d.). *Daphnia magna*. *Daphnia magna*. Retrieved April 22, 2022, from

https://agora.xtec.cat/cesire/wp-content/uploads/usu397/2017/10/Informacio_daphnia.pdf

- Fondriest. (n.d.). *pH of Water - Environmental Measurement Systems*. Fondriest Environmental. Retrieved April 22, 2022, from <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/ph/>
- Generalitat de Catalunya. (2002). *Atles del Pla de l'Estany*. Generalitat de Catalunya
- Govern d'Andorra. (n.d.). *Depuradores*. Depuradores. Retrieved April 22, 2022, from <https://www.depuradores.ad/ca/contingut-3/com-es-depura-l-aigua.html>
- INFORME SOBRE LA CONTAMINACIÓ PROVOCADA PER PURINS A CATALUNYA*. (2016). Síndic de Greuges de Catalunya. Retrieved September 6, 2022, from https://www.sindic.cat/site/unitFiles/4255/Informe%20purins%20a%20Catalunya_cat_ok.pdf
- Jordán, F. (2013, 10). *La visión de los insectos | Investigación y Ciencia*. Investigación y Ciencia. Retrieved April 22, 2022, from <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/el-amanecer-de-los-exoplanetas-582/la-visin-de-los-insectos-11363>
- La, G.-H. (2014, August 11). *Mating Behavior of Daphnia: Impacts of Predation Risk, Food Quantity, and Reproductive Phase of Females*. PLOS. Retrieved April 22, 2022, from <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0104545>
- Laboratori d'Enginyeria Química i Ambiental, UdG & Laboratori d'edafologia, UB. (n.d.). *Tecnologies de tractament d'aigües*. UdG. Retrieved April 22, 2022, from http://www3.udg.edu/publicacions/vell/electroniques/gestio_aigues_residuals/pag/capitol3.htm#OLE_34tractaments_biologic_suspensio
- LaForsch, C. (2011, February 8). La pulga de agua, «más compleja» que el ser humano Pulga de agua. *ABC*. https://www.abc.es/ciencia/abci-pulga-agua-compleja-humano-201102030000_noticia.html
- Limnos. (2017, October 30). Limnos denuncia que un polígon de Cornellà del Terri aboca aigües contaminades de fa anys. *El Gerió Digital*. <https://www.gerio.cat/noticia/307518/l-entitat-ecologista-limnos-denuncia-que-un-poligon-de-cornella-del-terri-aboca-aigues-con>
- Mauree. (2002). *Investigating the Effects of Water Pollution on Daphnia magna | AMNH*. American Museum of Natural History. Retrieved September 3, 2022, from <https://www.amnh.org/learn-teach/curriculum-collections/young-naturalist-awards/winning-essays/1998-2003/investigating-the-effects-of-water-pollution-on-daphnia-magna>
- Merinos, N. (2016, June 14). *Investiguem les dàfnies by Nuria Merino claros*. Prezi. Retrieved April 22, 2022, from <https://prezi.com/qxlwvvtv0gqk/investiguem-les-dafnies/>

- Mestres de l'alt berguedà. (2007). *Anàlisi física i química de l'aigua del riu Llobregat, abans i després de la depuradora*. XTEC. Retrieved April 22, 2022, from <http://www.xtec.cat/cda-altbergueda/projectes/comarcal/activitats1dia/quaderns%20de%20quimica/presentacio%20mestres%202007.pdf>
- Miller, C. (2020). *ADW: Daphnia pulex: INFORMATION*. Animal Diversity Web. Retrieved April 22, 2022, from https://animaldiversity.org/accounts/Daphnia_pulex/
- Minnesota Health Department. (2022). Retrieved 08 14, 2022, from <https://www.health.state.mn.us/communities/environment/water/contaminants/nitrate.html>
- Minner, B. E. (2012, 02 01). *Linking genes to communities and ecosystems: Daphnia as an ecogenomic model*. Retrieved 09 03, 2022, from <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspb.2011.2404#d3e435>
- Museu Darder. (2020, 04 10). *Museu Darder > Descobreix el Patrimoni > La conca lacustre de l'Estany > Vertebrats*. Museus de Banyoles. Retrieved April 22, 2022, from <https://www.museusdebanyoles.cat/darder/Descobreix-el-Patrimoni/La-conca-lacustre-de-l'Estany/Vertebrats>
- Museus de Banyoles. (2020). *EL TERRITORI > Patrimoni natural > Hidrografia > Gorga blava del Matamors*. Museus de Banyoles. Retrieved April 22, 2022, from <https://www.museusdebanyoles.cat/EL-TERRITORI/Patrimoni-natural/Hidrografia/Gorga-blava-del-Matamors>
- Museus de Banyoles. (2008). *EL TERRITORI > Patrimoni natural > Hidrografia > Gorga blava del Matamors*. Museus de Banyoles. Retrieved April 22, 2022, from <https://www.museusdebanyoles.cat/EL-TERRITORI/Patrimoni-natural/Hidrografia/Gorga-blava-del-Matamors>
- Monroy Gonzalez, M. F. (2021). *Medición in situ de las cualidades del agua*. Escuela tecnológica instituto técnico central. Retrieved 9 1, 2022, from <file:///C:/Users/RuthMar%C3%ADnCalles/Downloads/171-Texto%20del%20art%C3%ADculo-293-1-10-20190613.pdf>
- National Geographic. (2022). *Dead zone - encyclopedic entry*. Retrieved 7 18, 2022, from <https://education.nationalgeographic.org/resource/dead-zone>
- Poirier, D., Westlake, F., & Abernethy, G. (n.d.). *Daphnia magna Acute Lethality Toxicity Test Protocol. April 1988*. The Atrium. Retrieved September 20, 2022, from https://atrium.lib.uoguelph.ca/xmlui/bitstream/handle/10214/15534/OME_Daphnia_toxicity_test_protocol_88.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pujals, M. (2010). *Treball de recerca*. Premis UVic. Retrieved April 22, 2022, from http://premisrecerca.uvic.cat/sites/default/files/webform/1f5f4be5511926eb4ec982aa775ffb65c5a7eb82_TREC_Mar%20Pujals.pdf

- Ràdio Banyoles. (2021, April 21). *Camós arranjarà un tram del Matamors per drenar-ne el fons i ampliar-ne la llera*. Ràdio Banyoles. Retrieved April 22, 2022, from <https://www.radiobanyoles.cat/camos-arranjara-un-tram-del-matamors-per-drenar-ne-el-fons-i-ampliar-ne-la-llera/>
- Real Decreto. (2022, January 18). *Real Decreto 47/2022, de 18 de enero, sobre protección de las aguas contra la contaminación difusa producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias*. BOE.es. Retrieved September 20, 2022, from <https://www.boe.es/buscar/pdf/2022/BOE-A-2022-860-consolidado.pdf>
- Ruiz, M. (2012, July 2). *H2O, pequeña gran molécula*. iAgua. Retrieved April 22, 2022, from <https://www.iagua.es/blogs/maialen-ruiz/h2o-pequena-gran-molecula>
- Santoso, F. (2020, 09 05). *Cardiovascular Performance Measurement in Water Fleas by Utilizing High-Speed Videography and ImageJ Software and Its Application for Pesticide Toxicity Assessment*. Retrieved 08 21, 2022, from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7552287/>
- Schullehner, J. (2018, July 1). *Nitrate in drinking water and colorectal cancer risk: A nationwide population-based cohort study*. PubMed. Retrieved September 20, 2022, from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29435982/>
- Tomasiks, P. (2011, 02). *The use of Daphnia in studies of metal pollution of aquatic systems*. Retrieved 08 03, 2022, from https://www.researchgate.net/publication/237154457_The_use_of_Daphnia_in_studies_of_metal_pollution_of_aquatic_systems
- Torey, S. (2014, 02 28). *Contaminación del agua por actividades industriales*. Nuestra Esfera. Retrieved April 22, 2022, from <http://nuestraesfera.cl/zoom/contaminacion-del-agua-por-actividades-industriales/>
- Turisme Costa Brava. (n.d.). *Pla de l'Estany*. Costa Brava. Retrieved April 22, 2022, from <https://es.costabrava.org/a-donde-ir/comarcas-y-municipios/pla-de-lestany>
- United States Environmental Protection Agency. (n.d.). *Ecological Effects Test Guidelines OPPTS 850.1300 Daphnid Chronic Toxicity Test*. Retrieved September 20, 2022, from <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-07/documents/850-1300.pdf>
- Villanueva, C. (2015, June 18). *Agua de consumo y cáncer: ¿existe un riesgo?* Mejor Sin Cáncer. Retrieved April 22, 2022, from <https://mejorsincancer.org/2015/06/18/agua-de-consumo-y-cancer-existe-un-riesgo/>

ANNEXOS

ANNEX 1. FITXA DE CAMP - Recollida de mostres d'aigua

1. Observacions generals

Data: _____	Hora: _____		
Riu: _____	Curs del riu: _____		
Terme municipal: _____			
Temps en les darreres 48h: Sol Núvol Precipitació feble Precipitació intensa			
Coordenades: ETRS89 UTM(x) _____ UTM(y) _____			

2. Qualitat hidromorfològica

<u>2.1 L'HÀBITAT</u>	
L'aigua flueix? Sí No	Nivell habitual d'aigua per l'època de l'any? Sí Més alt Més baix No hi ha aigua
Freqüència de ràpids Alta Mitjana L'aigua flueix, però sense ràpids	Ocasional Només zones de bassa aïllades
Substrats del fons del riu Blocs i pedres Còdols i graves Sorra Llims i argiles	Ombra sobre el riu Totalment ombrejat Ombrejat amb clarianes Moltes clarianes Sense sombra

<u>2.2 ALTERACIONS VISIBLES EN L'AIGUA</u>		
Color de l'aigua: Transparent Tèrbol Fangós	Olor de l'aigua: No fa olor Fems	Claveguera Altres:

Usos del sol:

- Usos agraris

Conreus
Camps abandonats
Granges
Altres...

- Usos urbans

Gorga
Font
Zones d'esport o lleure
Zona urbanitzada
Altres...

3. Qualitat fisicoquímica

pH:

Nitrats: mg/L

Transparència: 0 1 2 3 4

Oxigen dissolt: mg/L

Saturació: %

Conductivitat: s

Duresa de l'aigua: mol/m³

Temperatura:

ANNEX 2. MESURES FÍSICOQUÍMIQUES DE LES MOSTRES I RESULTATS DE LES PULSACIONS I MORTALITAT PER RÈPLICA

Rèplica 1

Mesures	SER			MATAMORS			TERRI (Control)
	Alt	Mitjà	Baix	Alt	Mitjà	Baix	
pH (1-14)	5,5	6,5	5,5	7	5,5	6	7
Nitrats i nitrits (mg/L)	0	0	0	10/5	25/5	25/5	0
Oxigen (mg/L)	5,4	4,7	3,2	6,5	5	4,9	6
Conductivitat (uS)	0,599 mS	0,613m S	1046 mS	1415mS	1373 uS	1305uS	1407 uS
Duresa de l'aigua (mol/m ³)	>2,7	>3,6	>4,5	>4,5	>4,5	>4,5	>4,5
Temperatura (°C)	24,5	23,9	29,3	21	23,7	24,1	21

Taula 1: Mesures fisicoquímiques de la rèplica 1. (Taula pròpia).

DÀFNIES	Mesura 1			Mesura 2			Mesura 3			Mesura 4			Mesura 5			Mitjana
	Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			
	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	
Dàfnia 1	47	51	45	51	53	67	89	120	105	98	114	113	114	114	138	
Dàfnia 2	61	49	65	62	73	71	98	110	130	100	105	116	109	121	133	
Dàfnia 3	45	55	73	54	70	63	110	109	108	104	106	118	103	119	135	
Dàfnia 4	53	53	50	63	64	63	104	113	102	109	102	105	106	121	134	
Dàfnia 5	54	57	54	47	66	59	109	101	115	80	100	127	115	118	118	
MITJANA PER CURSOS	52	53	55,6	55,4	65,2	64,6	102	110,6	112	98,2	105,4	115,8	109,4	118,6	131,6	
MITJANA PER MESURES	53,5			61,73			108,2			107			119,87			
DÀFNIES MORTES	0	2	4	1	2	2	2	2	3	0	2	5	2	5	5	Curs alt:45 Curs mitjà:39 Curs baix:31

Taula 2: Mesures mortalitat i pulsacions de les dàfnies en el Ser en la rèplica 1. (Taula pròpia).

DÀFNIES	Mesura 1			Mesura 2			Mesura 3			Mesura 4			Mesura 5			
	Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			
	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	
Dàfnia 1	51	47	56	70	72	82	83	95	100	102	114	103	107	115	120	
Dàfnia 2	47	52	54	77	75	85	87	103	110	97	105	100	112	109	121	
Dàfnia 3	48	48	47	73	68	77	93	102	111	98	101	119	104	118	118	
Dàfnia 4	56	49	52	75	82	92	89	108	104	107	99	122	119	120	101	
Dàfnia 5	51	51	46	82	80	81	79	98	106	103	97	110	103	124	119	
MITJANA PER CURSOS	50,6	49,4	51	75,4	75,4	83,4	86,2	99,2	106,2	101,4	103,2	110,8	109	116,4	115,8	
MITJANA PER MESURES	50,3			78,06			97,2			105,13			113,73			
DÀFNIES MORTES	0	1	3	2	2	4	1	3	7	2	2	4	2	3	3	Curs alt: 43 Curs mitjà: 39 Curs baix: 29

Taula 3: Mesures mortalitat i pulsacions de les dàfnies en el Matamors en la rèplica 1. (Taula pròpia).

DÀFNIES	Mesura 1:	Mesura 2	Mesura 3	Mesura 4	Mesura 5	
	Pulsacions durant 15s	Pulsacions durant 15s	Pulsacions durant 15s	Pulsacions durant 15s	Pulsacions durant 15s	
Dàfnia 1	50	51	87	99	103	
Dàfnia 2	49	55	91	103	95	
Dàfnia 3	46	63	93	108	107	
Dàfnia 4	47	62	90	110	109	
Dàfnia 5	48	55	84	98	105	
MITJANA	48	57,2	89	103,6	103,8	
MITJANA en pulsacions per minut	192	228,2	356	414,4	487,5	Mitjana
DÀFNIES	0	1	1	4	3	1,8

Taula 4: Mesures mortalitat i pulsacions de les dàfnies en el grup control (Terri) en la rèplica 1. (Taula pròpia).

Rèplica 2

Mesures	SER			MATAMORS			TERRI (Control)
	Alt	Mitjà	Baix	Alt	Mitjà	Baix	
pH (1-14)	6	6,5	6	7	5,5	5,5	7
Nitrats i nitrits (mg/L)	0	0	0	10/5	25/5	25/5	0
Oxigen (mg/L)	4,5	3,9	3,5	4,9	4,2	4,1	4,5
Conductivitat (uS)	0,575 uS	0,883 mS	1057 mS	1077 uS	1377 mS	0,695 mS	1409 mS
Duresa de l'aigua (mol/m ³)	>3,6	>3,6	>4,5	>4,5	>4,5	>4,5	>4,5
Temperatura (°C)	22	25	22,2	21,7	23	25	25

Taula 5: Mesures fisicoquímiques de la rèplica 2. (Taula pròpia).

DÀFNIES	Mesura 1			Mesura 2			Mesura 3			Mesura 4			Mesura 5			
	Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			
	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	
Dàfnia 1	94	88	92	89	89	90	109	108	115	98	104	116	105	124	131	
Dàfnia 2	81	86	103	86	84	95	108	115	123	94	110	110	108	100	135	
Dàfnia 3	98	98	100	88	92	98	98	104	111	103	95	119	87	114	137	
Dàfnia 4	90	89	105	98	98	99	102	107	117	102	107	116	84	124	126	
Dàfnia 5	93	94	90	90	86	93	90	107	119	109	110	109	107	107	129	
MITJANA PER CURSOS	91,2	91	98	90,2	90	95	101,4	108,2	117	101,2	105,2	114	98,4	113,8	131,6	
MITJANA PER MESURES	93,4			91,8			108,8			106,8			114,6			
DÀFNIES MORTES	0	0	1	1	1	2	1	2	2	1	2	4	1	2	5	Curs alt:47 Curs mitjà:43 Curs baix:36

Taula 6: Mesures mortalitat i pulsacions de les dàfnies en el Ser en la rèplica 2. (Taula pròpia).

DÀFNIES	Mesura 1			Mesura 2			Mesura 3			Mesura 4			Mesura 5			Mitjana
	Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			
	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	
Dàfnia 1	90	104	94	88	89	97	98	117	105	87	118	120	95	119	124	
Dàfnia 2	95	105	90	94	86	100	105	104	112	96	118	128	97	117	133	
Dàfnia 3	85	103	98	87	93	98	97	109	104	94	110	124	108	120	129	
Dàfnia 4	94	95	101	93	97	98	94	103	101	97	111	119	104	124	130	
Dàfnia 5	97	98	105	90	89	97	96	105	113	89	104	117	112	123	135	
MITJANA PER CURSOS	92,2	101	98,4	90,4	90,8	98	98	107,6	107	92,6	112,2	121,6	103,2	120,6	130,2	
MITJANA PER MESURES	97,2			93,1			104,2			108,8			118			
DÀFNIES MORTES	0	0	1	0	1	3	0	1	3	1	2	3	2	2	4	

Taula 7: Mesures mortalitat i pulsacions de les dàfnies en el Matamors en la rèplica 2. (Taula pròpia).

DÀFNIES	Mesura 1:	Mesura 2	Mesura 3	Mesura 4	Mesura 5	Mitjana
	Pulsacions durant 15s	Pulsacions durant 15s	Pulsacions durant 15s	Pulsacions durant 15s	Pulsacions durant 15s	
Dàfnia 1	69	92	97	86	100	
Dàfnia 2	78	89	93	95	105	
Dàfnia 3	77	94	100	90	101	
Dàfnia 4	76	93	93	96	94	
Dàfnia 5	81	90	99	88	102	
MITJANA	76,2	91,6	96,4	93	100,4	
MITJANA en pulsacions per minut	304,8	366,4	385,6	372	401,6	
DÀFNIES MORTES	0	0	1	1	0	0,4

Taula 8: Mesures mortalitat i pulsacions de les dàfnies en el grup control (Terri) en la rèplica 2. (Taula pròpia).

Rèplica 3

Mesures	SER			MATAMORS			TERRI (Control)
	Alt	Mitjà	Baix	Alt	Mitjà	Baix	
pH (1-14)	6	6	5,5	6	6,5	5,5	7
Nitrats i nitrits (mg/L)	10/5	10/5	10/5	25/5	25/5	25/5	0
Oxigen (mg/L)	4,1	4	3,5	4,2	3,8	3,9	5,8
Conductivitat (uS)	0,530	0,413	0,831	1285mS	1069mS	1311 mS	1053 mS
Duresa de l'aigua (mol/m ³)	>3,6	>3,6	>3,6	>4,5	>4,5	>4,5	>4,5
Temperatura (°C)	22	24,5	24	21,3	22	21,5	24,5

Taula 9: Mesures fisicoquímiques en la rèplica 3. (Taula pròpia).

DÀFNIES	Mesura 1			Mesura 2			Mesura 3			Mesura 4			Mesura 5			Mitjana
	Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			
	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	
Dàfnia 1	90	100	121	92	110	126	118	118	129	112	120	131	114	112	127	
Dàfnia 2	98	102	117	103	106	113	105	114	119	108	119	119	110	118	122	
Dàfnia 3	101	105	114	107	94	117	104	119	117	115	121	118	113	123	131	
Dàfnia 4	110	93	110	98	114	106	103	90	131	105	113	121	108	118	116	
Dàfnia 5	102	103	105	87	102	122	111	114	121	103	112	117	109	117	135	
MITJANA PER CURSOS	100,2	100,6	113,4	97,4	105,2	116,8	108,2	111	123,4	108,6	117	121,2	110,8	117,6	126,2	
MITJANA PER MESURES	104,73			106,47			114,2			115,6			118,2			
DÀFNIES MORTES	3	4	4	2	3	3	1	2	5	2	2	4	1	3	6	Curs alt:41 Curs mitjà:36 Curs baix:28

Taula 10: Mesures mortalitat i pulsacions de les dàfnies en el Ser en la rèplica 3. (Taula pròpia).

DÀFNIES	Mesura 1			Mesura 2			Mesura 3			Mesura 4			Mesura 5			Mitjana
	Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			
	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	
Dàfnia 1	87	100	101	102	95	98	117	117	131	118	125	126	119	122	131	
Dàfnia 2	100	110	106	90	100	95	113	111	123	117	116	117	121	129	136	
Dàfnia 3	98	97	103	89	103	104	108	115	144	113	127	120	118	119	139	
Dàfnia 4	80	118	114	98	101	104	114	119	122	115	120	134	116	123	133	
Dàfnia 5	95	112	104	97	97	107	117	120	132	120	123	135	124	127	126	
MITJANA PER CURSOS	92	107,4	105,6	95,2	99,2	101,6	113,8	116,4	130,4	116,6	122,2	126,4	119,6	124	133	
MITJANA PER MESURES	101,67			98,67			120,2			121,73			125,53			
DÀFNIES MORTES	1	4	2	2	2	3	2	4	4	3	3	4	2	3	5	Curs alt:40 Curs mitjà:34 Curs baix:32

Taula 11: Mesures mortalitat i pulsacions de les dàfnies en el Matamors en la rèplica 3. (Taula pròpia).

DÀFNIES	Mesura 1:	Mesura 2	Mesura 3	Mesura 4	Mesura 5	Mitjana
	Pulsacions durant 15s	Pulsacions durant 15s	Pulsacions durant 15s	Pulsacions durant 15s	Pulsacions durant 15s	
Dàfnia 1	85	99	110	105	107	
Dàfnia 2	94	108	109	109	115	
Dàfnia 3	97	102	114	107	110	
Dàfnia 4	93	103	113	111	105	
Dàfnia 5	96	93	103	103	109	
MITJANA	93	101	109,8	107	109,2	
MITJANA en pulsacions per minut	372	404	439,2	428	436,8	
DÀFNIES MORTES	0	2	1	2	2	1,4

Taula 12: Mesures mortalitat i pulsacions de les dàfnies en el grup control (Terri) en la rèplica 3. (Taula pròpia).

DÀFNIES	SER			MATAMORS			TERRI (CONTROL)
	Pulsacions durant 15s			Pulsacions durant 15s			
	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	CURS ALT	CURS MITJÀ	CURS BAIX	
Mesura 1	81,1	81,5	88,9	78,3	85	85	72,4
Mesura 2	80,93	86,8	92,13	87	88,4	94,3	84
Mesura 3	103,9	109,9	117,3	99,1	107,8	114,4	95
Mesura 4	102,6	109,2	117	103,3	112,5	119,6	102,1
Mesura 5	106,2	116,7	130	110,4	120,3	127	104

Taula 13: Valors mitjans de les pulsacions de totes les rèpliques en funció a la mesura. (Taula pròpia).

Mesures	SER			MATAMORS			TERRI (Control)
	Alt	Mitjà	Baix	Alt	Mitjà	Baix	
pH (1-14)	5,8	6,3	5,7	6,7	5,5	5,3	7
Nitrats i nitrits (mg/L)	0	0	0	10/5	25/5	25/5	0
Oxigen (mg/L)	5,4	4,7	3,2	6,5	5	4,9	5,5
Conductivitat (uS)	0,589mS	0,573mS	1216mS	1335mS	1220uS	1325uS	1407 uS
Duresa de l'aigua (mol/m ³)	>3,6	>3,6	>4,5	>4,5	>4,5	>4,5	>4,5
Temperatura (°C)	23,1	23,9	25,3	23	24,2	22,3	24

Taula 14: Valors mitjans de les mesures fisicoquímiques de les 3 rèpliques. (Taula pròpia)

ANNEX 3. IMATGES DE LA RECOLLIDA DE MOSTRES

Rèplica 1



Figura 1: Mesures Ser (Imatge pròpia).



Figura 2: Mesura oxigen Ser, curs baix (Imatge pròpia).



Figura 3: Eutrofització del Ser, curs baix (Imatge pròpia).



Figura 4: Mesura oxigen Ser, curs alt (Imatge pròpia).



Figura 5: Dàfnies (Imatge pròpia).

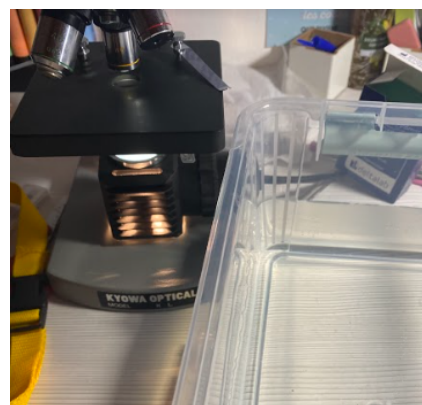


Figura 6: Presa de pulsacions (Imatge pròpia).

Rèplica 2



Figura 7: Ser curs alt (Imatge pròpia).



Figura 8: Ser curs baix (Imatge pròpia).



Figura 9: Imatge dels tancs (Imatge pròpia).

Rèplica 3



Figura 10: Abocament de dàfnies (Imatge pròpia).



Figura 11: Imatge tancs (Imatge pròpia).



Figura 12: Matamors, curs alt (Imatge pròpia).



Figura 13: Matamors, curs baix (Imatge pròpia).



Figura 14: Ser, curs baix (Imatge pròpia).

ANNEX 4. VISITA A LA DEPURADORA EDAR DE CORNELLÀ DEL TERRI

20.07.22

1. Quins mètodes utilitzeu per determinar la qualitat de l'aigua? Quin material utilitzeu per determinar-ho?

A la depuradora s'utilitzen diversos mètodes fisicoquímics per determinar que l'aigua és apta per ser retornada a la natura, totes les depuradores usen els mateixos mètodes fisicoquímics ja que això ve determinat per la norma europea. Tot i així no s'empra el mètode fisicoquímic.

Es mira la concentració de sòlids en suspensió, que per ser apta ha de ser per sota de 35. El pH ha d'estar entre 6 i 8 i la conductivitat (Ce) de les sals depèn de l'aigua d'entrada, és un paràmetre relatiu. En les depuradores grans, com és el cas de la de Cornellà, el nitrogen ha de ser de 15 i el fòsfor de 2, si no s'elimina el nitrogen es mata al riu per culpa de l'eutrofització. També hi ha el decuo que depèn del valor d'entrada.

2. Quin procés s'empra exactament per poder depurar les aigües residuals industrials? És el mateix que el que s'utilitza per depurar aigües residuals domèstiques? Quins mètodes utilitzeu a la depuradora? Com són recol·lectats aquests residus industrials?

En principi les aigües ja s'aboquen als rius degut al mètode del consten d'una depuradora pròpia (pregunta 4), que segueix el mateix procés que la depuradora EDAR de Cornellà del Terri, però en una escala adaptada a la producció de l'empresa.

Per depurar totes les aigües que arriben primerament trobem una etapa de pretractament on es separen, gràcies a la reixa i a la cullera, tots els sòlids més grans que podem trobar a l'aigua (compreses, tampons, condons, mascaretes, bastonets per les orelles...). La depuradora, a l'igual que ho fan la resta de les depuradores de Catalunya, no empra el mètode fisicoquímic, a diferència de les depuradores en menor escala que podem trobar a les indústries. Seguidament, trobem el decantador primari, que deixa reposar l'aigua i els sòlids més fins van al fons, d'aquesta manera

només queda l'aigua amb els seus nutrients. Quan ja s'ha obtingut aquesta aigua amb la matèria orgànica es passa al tractament biològic, l'única cosa que fa és tenir microorganismes, bàsicament bacteris que el que fan és oxidar aquesta matèria orgànica fins a convertir-la en CO₂ i H₂O, d'aquesta manera el nitrogen amoniacal passa a nitrats, que al seu torn passa a nitrogen gas (procés de desnitrificació).

Un cop s'ha tret el nutrient la depuradora consta de zones aeròbies i anaeròbiques, tot i que la major part de matèria orgànica és amb oxigen hi ha la part de desnitrificació que és sense oxigen, per tant el reactor consta d'una part amb oxigen i una part sense. Llavors de passar el tractament biològic, hi ha un fang actiu, que consta d'organismes i es deixa decantar en el decantador secundari (el fang queda a sota i l'aigua, que ja està a dalt, pot anar cap al riu). La depuradora no consta d'un decantador terciari, ja que només en tenen les depuradores que aboquen aigua en aqüífers, ja que si va al riu o al mar en secundari no és necessari.

Un cop fet el procés, el fang es posa en un digestor, que el que permet és transformar aquest fang en biogas, gràcies a uns bacteris que ens permeten passar de CH₄ a H₂O. Aquest fang passa de fang líquid a fang espès, que és aprofitat per l'agricultura. A més a més, és aprofitat per fer electricitat.

3. A quin lloc retorna l'aigua aquesta depuradora? En quins paràmetres us baseu per saber que l'aigua és apta per ser retornada a la natura?

La depuradora de Cornellà retorna l'aigua directament al riu. Per altra banda, respecte les indústries, es presenten dues opcions, ja que aquestes compten amb la seva pròpia depuradora les poden abocar directament al riu (empreses que consten amb una depuradora igual de potent que la que tenen a Cornellà) o bé les poden abocar en un col·lector de manera que aquestes arriben a la depuradora.

4. Actualment, he llegit que moltes indústries compten de mètode depurador propi. Com determineu quines indústries són les que requereixen d'aquests mètodes i no poden enviar les aigües directament a la depuradora? Actualment saps si hi ha moltes indústries que utilitzin aigua per realitzar els processos industrials i no comptin amb aquests mètodes de depuració?

Totes les indústries contaminants d'aigua consten d'una depuradora per normativa, la depuradora no depura aquestes aigües perquè són d'empreses privades, i el procés de depuració és pagat pels impostos dels ciutadans mitjançant la Generalitat. El procés de depuració és car. L'administració et dóna els paràmetres que requereix l'aigua al sortir i s'ha de fer una depuradora en funció dels anteriors. El procés depurador es troba adaptat a les necessitats que té l'empresa: té un tractament específic i llavors el reactor biològic. Per exemple, una empresa que treballa amb pH molt baixos emprarà el mètode fisicoquímic per retornar l'aigua a un pH neutre de 7. Una empresa de gelatines, per exemple, necessita un pretractament per separar la grasa de l'aigua. Com més contaminen més car paguen.

Les indústries poden abocar l'aigua al col·lector i que arribi a la depuradora o bé, com a algunes empreses de Serinyà, tiren directament al riu.

5. Creus que l'aigua que arriba actualment a la depuradora està en millor estat que la que arribava fa uns anys?

Jo crec que sí, ja que abans les empreses no tenien aquest sistema de depuració propi i, per tant, es troba en molt millor estat que anteriorment. Abans l'aigua era contaminada per les indústries, però ara les persones contaminem més respecte a les tovallolletes, plàstics, compreses... Fa 10 anys potser arribaven unes 5 compreses al dia i ara són 500. En el cas de Banyoles l'aigua és més neta perquè hem tret la part industrial, però la gent és més bruta respecte als residus que aboquen a aquesta.



Figura 15: Comparativa aigua d'entrada i de sortida (Imatge pròpia).



Figura 16: Espesit (Imatge pròpia).



Figura 17: Decantador primari (Imatge pròpia).



Figura 18: Entrada d'aigua (Imatge pròpia).



Figura 19: Pinces separadores de sòlids. (Imatge pròpia)



Figura 20: Fang orgànic solidificat. (Imatge pròpia)



Figura 21 (Imatge pròpia)



Figura 22: Imatge de la vora del decantador, el creixement d'algues ens indica el seu bon estat (Imatge pròpia).



Figura 23: Decantadors (Imatge pròpia)

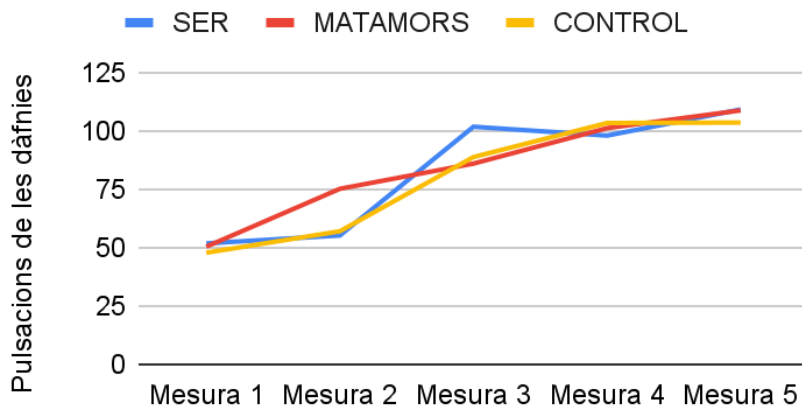


Figura 24: Decantador secundari (Imatge pròpia).

ANNEX 5. GRÀFIQUES - DISCUSSIÓ DELS RESULTATS

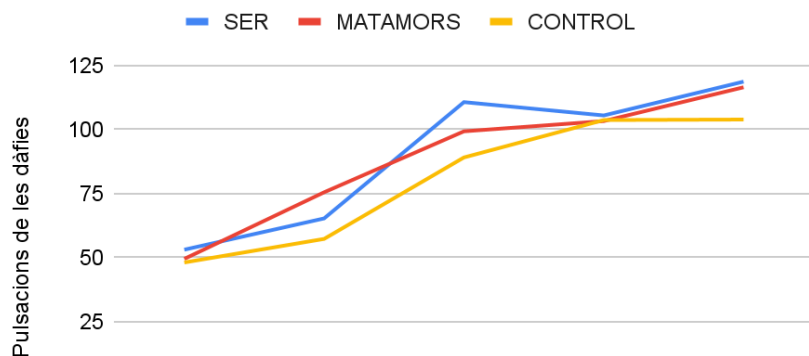
Rèplica 1

CURS ALT - R1



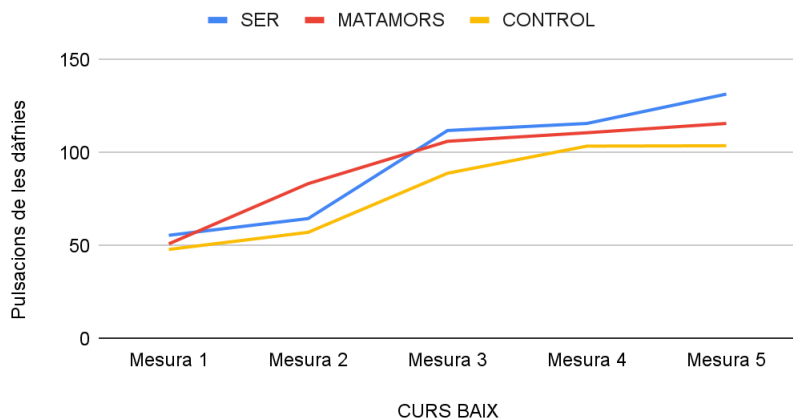
Gràfica 1: Mesures de les pulsacions de les dàfnies de mitjana, en funció dels tres rius estudiats, en el curs alt (Gràfica pròpia).

CURS MITJÀ - R1



Gràfica 2: Mesures de les pulsacions de les dàfnies de mitjana, en funció dels tres rius estudiats, en el curs mitjà (Gràfica pròpia).

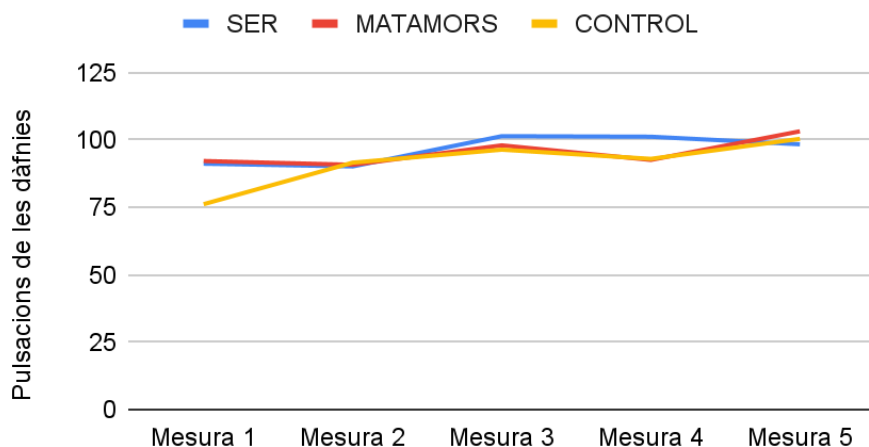
CURS BAIX - R1



Gràfica 3: Mesures de les pulsacions de les dàfnies, en funció dels tres rius estudiats, en el curs baix (Gràfica pròpia).

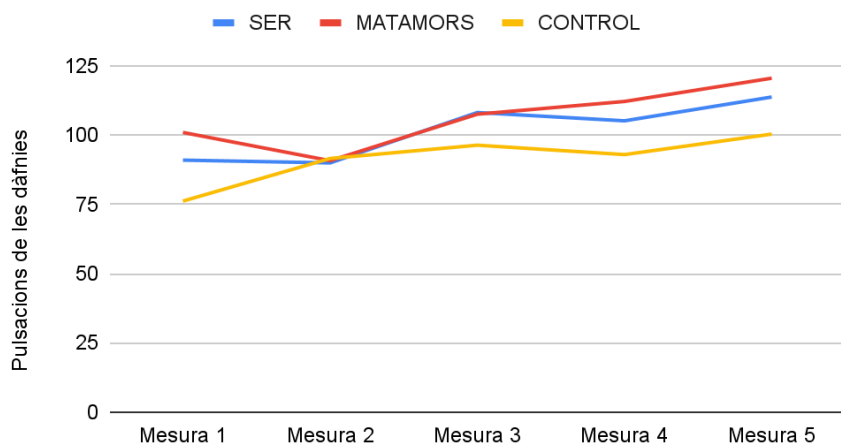
Rèplica 2

CURS ALT -R2



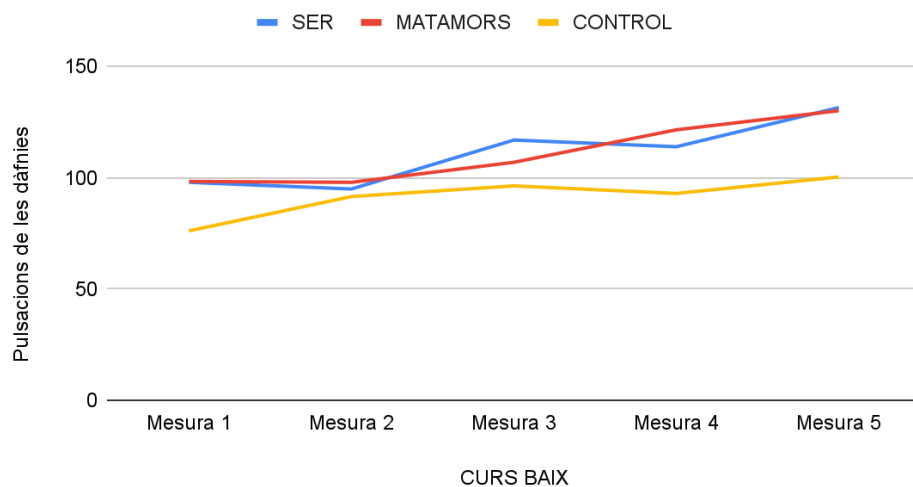
Gràfica 4: Mesures de les pulsacions de les dàfnies de mitjana, en funció dels tres rius estudiats, en el curs alt (Gràfica pròpia).

CURS MITJÀ - R2



Gràfica 5: Mesures de les pulsacions de les dàfnies de mitjana, en funció dels tres rius estudiats, en el curs mitjà (Gràfica pròpia).

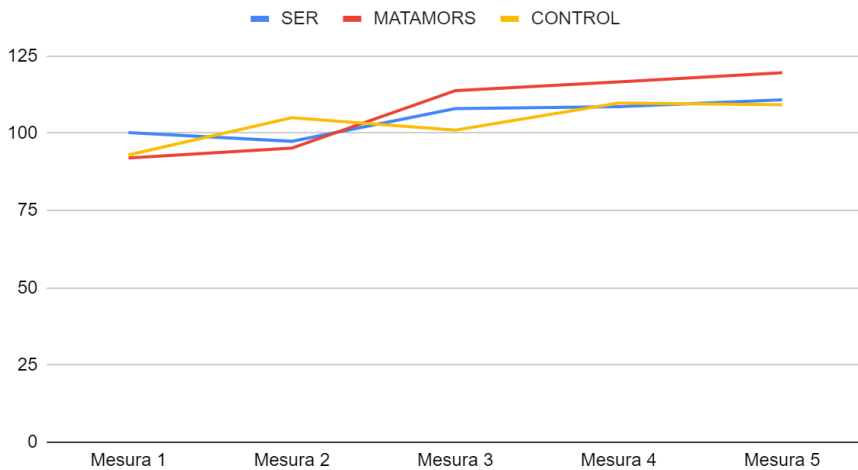
CURS BAIX - R2



Gràfica 6: Mesures de les pulsacions de les dàfnies de mitjana, en funció dels tres rius estudiats, en el curs baix (Gràfica pròpia).

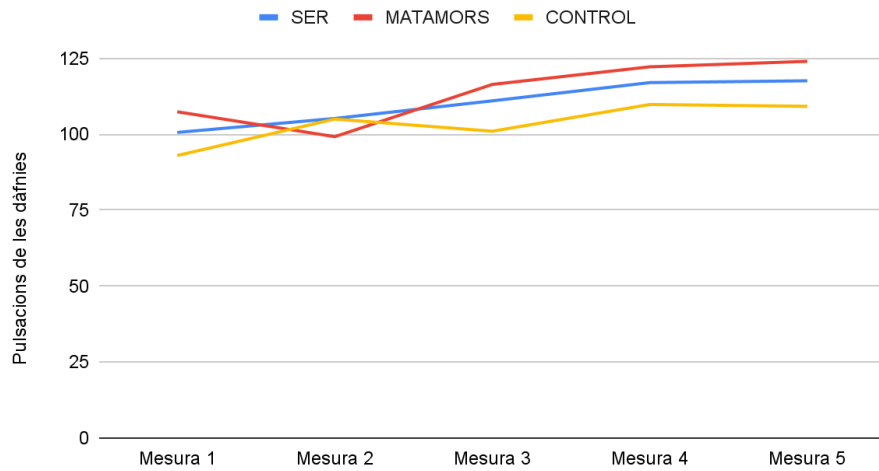
Rèplica 3

CURS ALT - R3



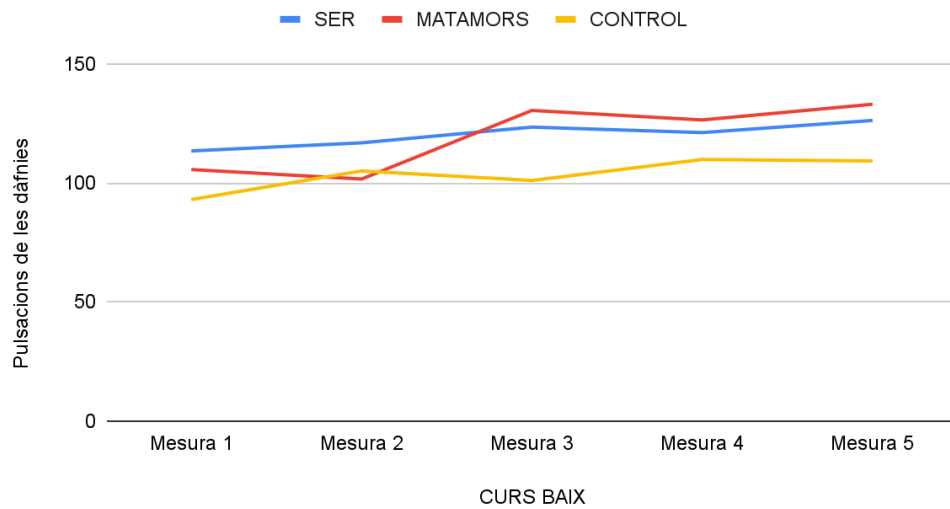
Gràfica 7: Mesures de les pulsacions de les dàfnies de mitjana, en funció dels tres rius estudiats, en el curs alt (Gràfica pròpia).

CURS MITJÀ - R3



Gràfica 8: Mesures de les pulsacions de les dàfnies de mitjana, en funció dels tres rius estudiats, en el curs mitjà (Gràfica pròpia).

CURS BAIX - R3

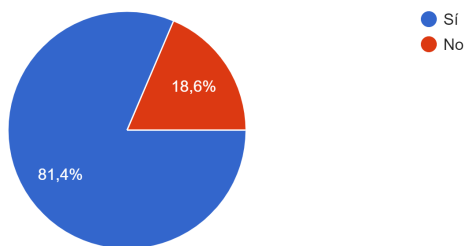


Gràfica 9: Mesures de les pulsacions de les dàfnies de mitjana, en funció dels tres rius estudiats, en el curs baix (Gràfica pròpia).

ANNEX 6. GRÀFIQUES ENQUESTA I RECOLLIDA DE DÀFNIES CURS 2020/2021

Saps quin riu és el Matamors?

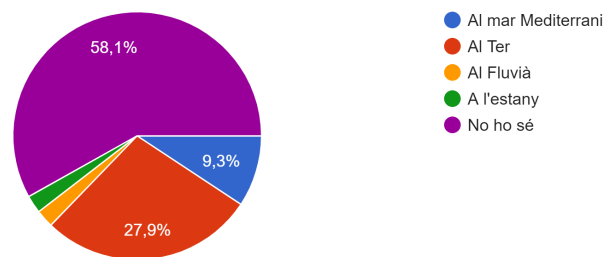
43 respostes



Gràfica 10

Saps on desemboca aquest rierol?

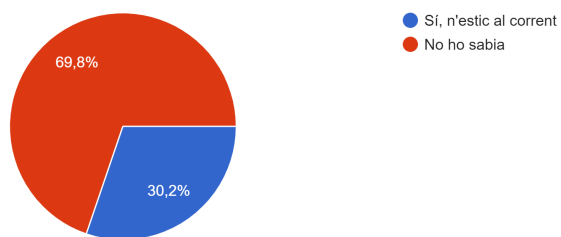
43 respostes



Gràfica 11

Sabies que ha tingut greus problemes per contaminació en les darreres dècades?

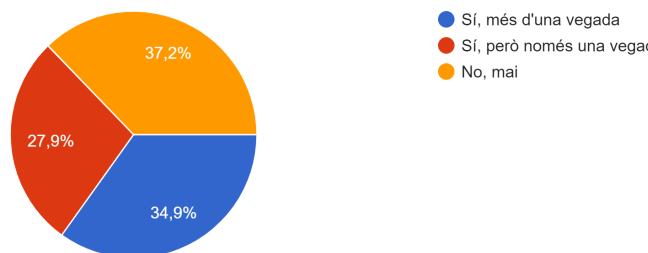
43 respostes



Gràfica 12

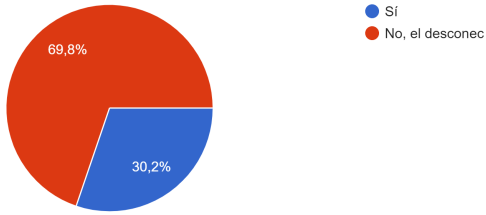
T'has banyat mai a la Gorga Blava (imatge)?

43 respostes



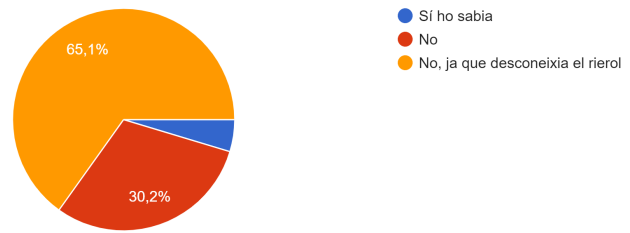
Gràfica 13

Saps quin rierol és el Remença?
43 respostes



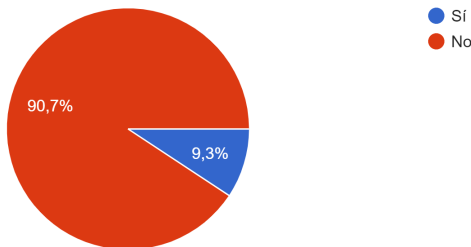
Gràfica 14

Saps que aquest afluent del Terri també ha patit greus problemes de contaminació?
43 respostes



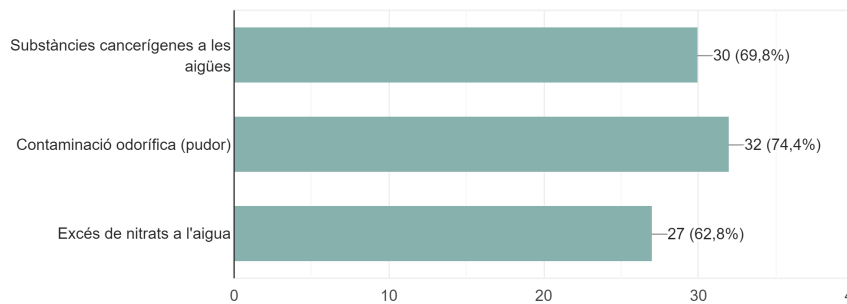
Gràfica 15

Has begut mai aigua de la font de Sant Jaume a Borgonyà (imatges)?
43 respostes



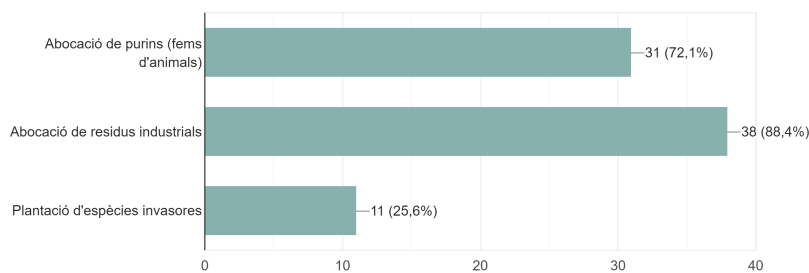
Gràfica 16

Quins perjudicis creus que aporta l'abocació de purins?
43 respostes



Gràfica 17

A que creus que es deu aquesta contaminació d'aquests dos rierols?
43 respostes



Gràfica 18



Figura 25: Primera recollida de dàfnies a 4t d'ESO, bassa de Sant Miquel de Campmajor. 2020. (Imatge pròpia).



Figura 26: Primera observació de dàfnia al laboratori. 2020. (Imatge pròpia).



Figura 27: Primera observació de dàfnia al laboratori. 2020. (Imatge pròpia).

