

A microscopic image of diatoms, showing various species with intricate silica-based structures. The background is a light blue-grey color, and the diatoms are scattered throughout, with some larger, more prominent ones in the foreground. The text is overlaid on the upper left portion of the image.

**LES DIATOMEES COM A
BIOINDICADORS DE
L'ESTAT ECOLÒGIC DEL
RIU LLOBREGAT A
CORNELLÀ DE LLOBREGAT**

TREBALL DE RECERCA

Pseudònim: Navicula

2n de Batxillerat - Curs 2021-2022

AGRAÏMENTS

Aquest apartat del treball de recerca és un dels més importants doncs, gràcies a totes aquestes persones l'he pogut fer. Totes m'han aportat coneixements i ànims quan estava perduda entre les aigües del Llobregat o entre els milers de frústuls que he hagut d'observar.

Hi ha moltes persones que m'han ajudat però, el primer lloc és per la doctora Roser Ortiz i Lerín que, amb tanta disponibilitat i amabilitat, m'ha cedit material, temps, dades... i el que és més important, m'ha encomanat la seva passió per les diatomees.

Al professor Enric Arpio, el meu tutor del Treball de Recerca per la seva orientació, pel seguiment, els suggeriments i per facilitar-me el contacte de Ignasi Batallé, que ens va rebre per explicar amb tot detall el funcionament de la Depuradora del Besós. A tots dos les meves més sinceres gràcies.

A la Judith tècnica de Medi Ambient de l'Ajuntament de Sant Joan Despí.

A la meva família per ajudar-me durant tot el procés, per acompanyar-me a les sortides de camp i per transformar la cuina en un petit laboratori.

RESUM

El meu treball de recerca tractarà sobre l'avaluació de la qualitat del riu Llobregat pel seu pas per Cornellà de Llobregat mitjançant l'estudi de les diatomees com a bioindicadors ecològics de l'estat del riu.

El cabal del riu Llobregat es veu molt disminuït al tram final, per sota del que és ecològicament recomanable. Per això, el Tub del Governador aboca aigua, de la depuradora del Prat i altres rieres, de nou al riu per recuperar el cabal ecològic.

Per entendre bé el tractament que rep l'aigua abans de ser abocada de nou al riu vaig visitar la depuradora del Besós.

Per calcular la qualitat de l'aigua he utilitzat l'Índex Biològic de Diatomees (IBD) que té en compte l'abundància, la sensibilitat i el valor indicador de cada espècie.

En total he realitzat quatre mostres: dos abans de l'abocament d'aigua de la depuradora i dos després. També he volgut tenir en compte la variació estacional i per això, el primer i el segon mostreig van ser a l'hivern i el tercer i el quart a l'estiu.

Un cop agafades les mostres al riu es tracten per tal d'obtenir preparacions permanents. Mitjançant la observació al microscopi, s'identifiquen totes les espècies i es calcula l'IBD amb un software específic.

També he pogut observar com es veuen al microscopi les diatomees un cop fossilitzades, és la terra de diatomees, que actualment té moltes aplicacions.

Amb aquest treball he arribat a la conclusió que l'abocament d'aigua de la depuradora del Prat afecta a la qualitat del riu Llobregat ja que els resultats de les mostres preses abans d'aquesta sortida han sigut de menys qualitat als de les preses després. Així es que, no només manté el cabal ecològic sinó que també millora l'estat ecològic del riu.

RESUMEN

Mi trabajo de investigación tratará sobre la evaluación de la calidad del río Llobregat a su paso por Cornellà de Llobregat mediante el estudio de las diatomeas como bioindicadores ecológicos del estado del río.

El caudal del río Llobregat se ve muy disminuido en el tramo final, por debajo de lo ecológicamente recomendable. Por eso, el Tubo del Gobernador vierte agua, de la depuradora de El Prat y otras rieras, de nuevo al río para recuperar el caudal ecológico.

Para entender bien el tratamiento que recibe el agua antes de ser vertida de nuevo al río visité la depuradora del Besós.

Para calcular la calidad del agua he utilizado el Índice Biológico de Diatomeas (IBD) que tiene en cuenta la abundancia, sensibilidad y valor indicador de cada especie.

En total he realizado cuatro muestreos: dos antes del vertido de agua de la depuradora y dos después. También he querido tener en cuenta la variación estacional y por eso, los dos primeros muestreos fueron en invierno y el tercero y el cuarto en verano.

Una vez tomadas las muestras en el río se tratan para obtener preparaciones permanentes. Mediante la observación en el microscopio, se identifican todas las especies y se calcula el IBD con un software específico.

También he podido observar cómo se ven en el microscopio las diatomeas una vez fosilizadas, es la tierra de diatomeas, que actualmente tiene muchas aplicaciones.

Con este trabajo he llegado a la conclusión de que el vertido de agua de la depuradora de El Prat afecta a la calidad del río Llobregat ya que los resultados de las muestras tomadas antes de esta salida han sido de menor calidad a los de las tomadas después. Así que, no sólo mantiene el caudal ecológico, sino que también mejora el estado ecológico del río.

ABSTRACT

My research work will deal with the evaluation of the quality of the Llobregat River as it passes through Cornellà de Llobregat studying diatoms as ecological bioindicators of the state of the river.

The flow of the Llobregat river is greatly reduced in the final stretch, below what is ecologically recommended. For this reason, the Governor's Tube pours water, from the El Prat treatment plant and other streams, back into the river to recover the ecological flow.

To understand better the treatment that the water receives before being poured back into the river I visited the Besós treatment plant.

To calculate water quality, I used the Biological Diatom Index (BDI) that takes into account the abundance, sensitivity and indicator value of each species.

In total I have carried out four samplings: two before the water discharge from the treatment plant and two afterwards. I also wanted to consider the seasonal variation and therefore, the first and second sampling were in winter and the third and fourth in summer.

Once the samples have been taken in the river, they are treated to obtain permanent preparations. By observing under the microscope, all species are identified and the IBD is calculated with a specific software.

I have also been able to observe how diatoms look under the microscope once fossilized, it is the diatomite, which currently has many applications.

Finally, I have concluded that the water discharge from the El Prat treatment plant affects the quality of the Llobregat river because the results of the samples taken before this output have been of lower quality to those of the samples taken after it. Taking everything into account, it not only maintains the ecological flow but also improves the ecological state of the river.

ÍNDEX

1.	INTRODUCCIÓ.....	6
	MOTIVACIÓ	6
	OBJECTIUS DEL TREBALL	10
	HIPÒTESIS DEL TREBALL	10
2.	FONAMENTS TEÒRICS	11
2.1	El riu Llobregat	11
2.1.1	El Tub del Governador.....	11
2.1.2	La depuradora del Prat.....	12
2.1.3	Funcionament de la depuradora del Prat	13
2.2	Directiva Europea Marc de l'Aigua.....	17
2.3	Agència Catalana de l'Aigua	18
2.4	Les diatomees	19
2.5	Mètriques d'avaluació de la qualitat de l'aigua amb diatomees	28
2.5.1	L'índex biològic de diatomees.....	28
3.	METODOLOGIA.....	30
3.1	Treball de camp.....	30
3.1.1	Localització de la riera i punts de mostreig.....	31
3.1.2	Selecció de la zona de mostreig	33
3.1.3	Selecció del substrat adequat	44
3.1.4	Recollida de mostres	45
3.1.3	Fixació de la mostra i etiquetatge	46
3.2	Treball al laboratori.....	46
3.2.1	Neteja de les diatomees.....	46
3.2.2	Muntatge de preparacions permanents	51
3.2.3	Identificació d'espècies	51
3.2.4	Resultats. Avaluació de la qualitat ecològica	65
3.2.5	Discussió dels resultats	66
4.	CONCLUSIONS	68
5.	BIBLIOGRAFIA.....	70

1. INTRODUCCIÓ

El meu Treball de Recerca tractarà sobre l'avaluació de la qualitat del riu Llobregat pel seu pas per Cornellà de Llobregat mitjançant l'estudi de diatomees com a bioindicadors ecològics de l'estat del riu.

MOTIVACIÓ

Començar el treball de recerca em va obligar a pensar en que és al que m'agradaria dedicar-me professionalment. Ja que havia de dedicar-hi moltes hores, havia de ser un treball en el que m'agradés el mètode que havia d'aplicar i que gaudís dedicant-hi hores.

En un futur m'agradaria poder dedicar-me a estudiar alguna branca de la Biologia. M'agrada el treball de laboratori, mirar pel microscopi i els temes mediambientals. Vaig fer recerca sobre temes que poguessin donar-me l'oportunitat d'unir les meves aficions, el treball de camp, el treball experimental i que impliqués l'observació microscòpica.

Vaig pensar que m'agradaria posar la mirada en el riu que passa per la nostra ciutat, el riu Llobregat.

L'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) analitza la qualitat de 248 rius de les conques internes de Catalunya. Jo he volgut comprovar la qualitat de l'aigua del riu Llobregat al seu pas per Cornellà de Llobregat. La qualificació de l'estat de les masses d'aigua, en concret dels rius, es pot fer estudiant diferents paràmetres. Jo he triat, per fer l'estudi, valorar la qualitat biològica estudiant les diatomees que hi viuen.

L'estudi de la qualitat de l'aigua utilitzant un indicador biològic com són les algues unicel·lulars, les diatomees, em permetia reunir en un mateix treball la meua preocupació pel medi ambient i el meu interès pel treball pràctic i experimental.

Quin és el problema del riu Llobregat?

El riu Llobregat va arribar a estar molt contaminat degut a la intensa activitat que se n'ha fet de les seves aigües i del desenvolupament de les ciutats i les infraestructures.

Actualment, el riu està confinat pràcticament des de Sant Boi del Llobregat i delimitat amb una escullera de pedra en tot el seu tram baix, però no sempre ha estat així. Ara, les grans carreteres i vies del tren condicionen el seu estat i les seves vores, on pràcticament ha desaparegut el bosc de ribera.

Tothom pensa que el riu està molt contaminat i que és una claveguera però al començar a investigar sobre els usos actuals i sobre la qualitat de l'aigua del riu vaig veure que dona la circumstància que poc abans del municipal de Cornellà, AGBAR fa la captació d'aigua per fer la potabilització i portar l'aigua a les nostres cases. Llavors vaig pensar que si és d'on es capta l'aigua, potser no està tan contaminat com es pensa popularment. **Quina és doncs la qualitat de l'aigua del riu Llobregat abans de ser tractada?**

És veritat que per aquesta mateixa raó el riu veu molt disminuït el seu cabal per sota del que és ecològicament recomanable.

Va ser passejant pel riu buscant la millor zona per fer el mostreig quan vaig veure un punt que sembla un mirador de ciment d'on sortia gran quantitat d'aigua que s'afegia al riu.

Aquesta va ser la primera recerca que em va tocar fer, d'on provenia tota aquesta aigua? Va ser la tècnica de medi ambient de l'Ajuntament de Sant Joan Despí qui em va donar la informació per continuar la investigació. Em va explicar que després de la captació d'aigua per la potabilitzadora de Sant Joan Despí, hi havia altres aportacions d'aigües, un cop passada la potabilitzadora, per subsanar aquesta anomalia del cabal. En un punt proper hi ha una infraestructura, anomenada Tub del Governador, que aboca de nou aigua al riu. L'aigua del Tub del Governador prové de la depuradora del Prat i d'altres rieres que confluen antigament en altres punts. Al treball hi ha una explicació més detallada d'aquesta infraestructura que passa desapercibuda però que és de molta importància pel riu. És molt significatiu perquè gràcies a ella el riu recupera el seu cabal ecològic.

Al conèixer aquesta realitat se'm van ocórrer noves preguntes, **el cabal d'aigua que s'aporta al riu per assegurar el cabal ecològic, modifica la qualitat de l'aigua?**

I en aquest punt, vaig decidir que havia de fer més punts de mostreig abans de l'abocament d'aigua de la depuradora, quan el cabal és especialment baix. El primer punt que vaig triar per mostrejar és una àrea que està després del terme municipal de Sant Joan Despí, ja en terreny de Cornellà. I el segon punt està passat el pont que creua el riu, i ens permet passar a l'altra banda, just davant de la ciutat de Cornellà, un tram aproximadament davant del centre comercial Splau.

En què consisteix l'estudi?

Per tant, l'objectiu del treball és fer la diagnosi de la qualitat de l'aigua del riu Llobregat a partir de la informació proporcionada per la comunitat de diatomees, un indicador biològic i, específicament, determinar si els dos punts de mostreig tenen una qualitat molt dolenta, dolenta, mediocre, bona o excel·lent mitjançant l'ús de la informació proporcionada per les comunitats de diatomees.

També he volgut tenir en compte la variació estacional. Al llarg de l'any i segons les condicions de temperatura, radiació solar i el nivell d'aigua tan diferent a les diverses estacions, hi ha canvis en les espècies de diatomees i afecten la qualitat de l'aigua?

Una de les característiques propies dels rius de la zona del Mediterrani és que tenen un cabal molt irregular dins d'un mateix any en les diferents estacions.

Quin procediment he seguit per dur-lo a terme?

Per tenir una idea del tractament que rep l'aigua abans de ser abocada de nou al riu vaig visitar una depuradora. L'Ignasi Batallé, cap de planta de la depuradora del Besós, molt amablement em va explicar el funcionament de la depuradora i el procés que es realitza per tractar l'aigua del riu.

Hi ha dos moments especialment interessants durant la realització del treball: els moments de mostreig al riu i les hores d'observació al microscopi per fer la classificació i quantificació de les espècies de diatomees.

He realitzat 4 mostreigs: dos al febrer i dos a l'agost, als mateixos punts.

El mostreig és un moment molt delicat perquè si no s'agafa bé la mostra o s'agafa d'un lloc poc adient o no significatiu, tot el treball estarà basat en dades esbiaixades i les conclusions, per tant, seran errònies. El treball de camp, ficar-se al riu amb les botes de mostreig és un moment excepcional.

Després ve el tractament de les mostres, provar diferents mètodes fins a trobar un que dona bons resultats, és a dir, bones preparacions.

L'últim pas és la classificació i càlcul de l'índex IBD. És un procés lent i exigent degut a que hi ha espècies que tenen diferències molt subtils però que, amb la pràctica, aprens a reconèixer. I una vegada tens identificades totes les espècies has de comptar fins a un mínim de 400 valves per tal que els resultats siguin fiables.

Després d'observar moltes diatomees al microscopi vaig tenir curiositat per observar com es veuen quan es dipositen els seus fòssils, és la terra de diatomees, amb moltes aplicacions actualment.

És important també saber que al tram final del Llobregat trobem diferents punts on es realitza una recàrrega intensiva dels aquífers subterranis. Per aquest motiu, és rellevant saber la qualitat de l'aigua del riu.

Amb l'estudi, he descobert la fragilitat dels ecosistemes aquàtics i la importància de fer un bon ús de la informació que tenim sobre la gestió i tractament dels residus.

Amb aquest treball he arribat a la conclusió que l'abocament d'aigua de la depuradora del Prat sí afecta a la qualitat del riu Llobregat ja que els resultats de les mostres preses abans d'aquesta sortida han sigut d'inferior als de les preses després. Així es que no només manté el cabal ecològic sinó que també millora l'estat ecològic del riu.

OBJECTIUS DEL TREBALL

- Avaluar la qualitat de l'aigua del riu Llobregat al seu pas per Cornellà en referència a altres punts de la conca del Llobregat.
- Utilitzar les diatomees com a bioindicadors.
- Estudiar les comunitats de diatomees que hi viuen.
- Comparar els resultats obtinguts en diferents punts del recorregut del riu.
- Comparar els resultats obtinguts del mateix punt del recorregut del riu a l'hivern i a l'estiu.
- Estudiar si un abocament d'aigües de la depuradora del Prat fa variar la qualitat de l'aigua.

HIPÒTESIS DEL TREBALL

Potser l'aigua del riu Llobregat, avaluada mitjançant l'estudi de diatomees com a indicadors ecològics de l'estat del riu, sigui d'una mala qualitat abans del canal de sortida de l'aigua de la depuradora i, en canvi, d'una millor qualitat un cop passat l'abocament d'aigües.

Potser la qualitat ecològica de l'aigua del riu Llobregat, no manté els mateixos valors en diferents estacions de l'any. Si això es confirma, els valors de qualitat obtinguts de l'hivern seran diferents als dels mostrejos de l'estiu.

2. FONAMENTS TEÒRICS

2.1 El riu Llobregat

El riu Llobregat és un dels principals rius de Catalunya. El seu naixement és a les fonts del Llobregat, a uns 1.295 metres del nivell del mar a Castellar de n'Hug i desemboca al Mar Mediterrani al Prat de Llobregat. El curs del riu Llobregat ha estat aprofitat per la població per a diversos usos: agrícoles, industrials i de consum, entre altres.

El riu Llobregat és molt irregular en el seu cabal. Porta el seu cabal màxim els mesos de maig i juny, que és l'època que plou més i és quan es desfà la neu de les muntanyes. El cabal mínim el porta a l'agost i setembre degut a la manca de pluges de l'estiu.

El curs del riu s'ha modificat a la seva part final per poder continuar ampliant les zones dedicades a la logística del transport de mercaderies. I a més a més ha estat canalitzat per evitar possibles inundacions als pobles propera a la ribera.

En aquesta zona s'hi troben nombroses localitats tradicionalment agrícoles, com Sant Boi de Llobregat, Cornellà de Llobregat o el Prat de Llobregat, que viuen una pèrdua d'aquesta activitat per la forta pressió per obtenir sòl per a ús industrial. L'accés principal que hi ha des de Cornellà a l'entorn natural del riu Llobregat és la passarel·la que surt des del carrer Verge de Montserrat. Quan supera l'autovia A-2 dona accés tant als camins que recorren la riba esquerra del riu, la més propera al nucli urbà de Cornellà, com als de la riba dreta, accedint als termes municipals de Sant Boi i el Prat de Llobregat.

2.1.1 El Tub del Governador

Aquesta infraestructura, coneguda com el tub del Governador, correspon al final del col·lector de desguàs de Sant Feliu de Llobregat, canalitza l'aigua procedent del riu Anoia, la riera de Rubí (Canal de la Infanta) i els desguassos diversos que discorren pel col·lector de l'A-2 cap el riu Llobregat, aigua avall de la potabilitzadora de Sant Joan Despí.

Té una extensió de 2,3 quilòmetres, fa possible la correcta derivació de l'aigua

recollida cap el Llobregat, aigua avall de la potabilitzadora de Sant Joan Despí, amb l'objectiu de garantir la qualitat de l'aigua del riu.

La funció principal de la captació és permetre la màxima capacitat d'entrada de cabal al tub que condueix les aigües per connectar al riu Llobregat aigua avall de la captació de l'ETAP de Sant Joan Despí, explotada per l'SGAB. L'objecte d'aquest *by-pass* és evitar la barreja de les aigües del riu Llobregat amb les conduïdes pel col·lector de l'AP2 abans esmentat. Així es preserva la qualitat de l'aigua del riu de manera que permet la seva potabilització per l'ETAP. Quan en situacions de cabals ordinaris es produeix l'abocament d'aquestes aigües al riu Llobregat, la capacitat de dilució natural no és suficient i l'ETAP ha de deixar de captar l'aigua del riu, per potabilitzar-la, alhora que s'intensifica els aprofitaments d'aigües subterrànies.

Amb aquesta actuació s'incrementa la garantia en el subministrament d'aigua i la gestió flexible dels recursos hídrics disponibles (superficials i subterranis), ja que la qualitat de l'aigua del riu Llobregat no es veu afectada pels abocaments dels col·lector esmentat. D'aquesta manera s'assegura un aprofitament més eficient dels recursos superficials per part de la potabilitzadora de Sant Joan Despí, alhora que permet preservar els recursos subterranis.

Aquesta explotació de recursos subterranis de forma exclusiva (no podent-los combinar amb recursos superficials) és desfavorable a un manteniment òptim de l'aquífer del Delta del Llobregat per atendre futures necessitats d'abastament, per exemple, davant una situació de sequera. Per una altra banda, no poder captar del riu Llobregat suposa que una part del cabal regulat des dels embassaments de capçalera és converteix en un destacable recurs perdut.

2.1.2 La depuradora del Prat

El 2006, el 80% del cabal del riu era aigua sanejada que procedia de la depuradora de la desembocadura, al Prat, des d'on és impulsada, a través d'una gran canonada, per ser tornada al riu a l'altura de Sant Joan Despí. L'objectiu de fer retornar les aigües netes des de la depuradora al propi riu va sorgir davant de la necessitat de mantenir un cabal mínim ecològic del tram final.

Un dels principals avantatges és que amb la reutilització de l'aigua procedent de la depuradora del Prat, es conserven millor les reserves dels embassaments del Llobregat i aquestes poden destinar-se al proveïment d'aigua de boca. D'aquesta manera, no s'hauran d'obrir les comportes dels embassaments per a que pugui fluir un cabal ecològic en el seu tram final. Al mateix temps, gràcies a aquesta actuació, millorarà la qualitat del cabal del riu. I, finalment, es podrà aprofitar una aigua depurada que es perdria al mar.

1



Figura 1: Xarxa d'abastament d'aigua potable del Sistema Ter-Llobregat

2.1.3 Funcionament de la depuradora del Prat

Per desenvolupar el meu treball m'interessava visitar la depuradora del Prat. Però, per la situació del 2020 per la Covid-19 no es permet visites actualment. En canvi, vaig poder visitar la depuradora del Besòs que té un funcionament similar i on el Cap de planta, que havia treballat anteriorment a la depuradora del Prat, l'Ignasi Batallé, em va donar una visió del seu funcionament.

La depuradora del prat està situada al municipi del Prat de Llobregat, al delta del riu Llobregat, tracta les aigües del sistema de sanejament del Baix Llobregat, una zona amb una elevada implantació industrial formada pels municipis

¹ Font: Web d'Aigües Ter-Llobregat (ATLL, 2017)

següents: Barcelona (35 % de les aigües), Cornellà de Llobregat, el Prat de Llobregat, Esplugues de Llobregat, l'Hospitalet de Llobregat, Sant Joan Despí, Sant Boi de Llobregat, Santa Coloma de Cervelló i Sant Just Desvern (parcialment).

Aquesta depuradora saneja un 36 % del total d'aigua tractada a l'AMB i pot tractar uns 420 milions de litres al dia.

Aquesta planta inclou una de les estacions de regeneració d'aigua més importants del món.

2

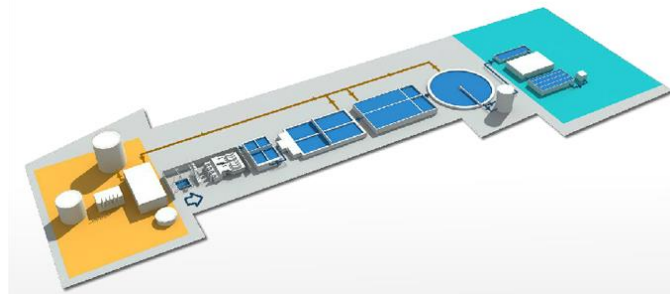


Figura 2 Esquema de la depuradora del Prat

El funcionament de la depuradora del Prat és el següent:

Abans de tractar l'aigua és necessari que agafi alçada, per això, el primer pas és el bombament d'aigua bruta.

3

El procés de depurar l'aigua comença al pretractament quan arriba l'aigua bruta i amb unes reixes es fa un primer desbast per tal d'eliminar de l'aigua els residus sòlids més grossos. Amb les reixes se separen

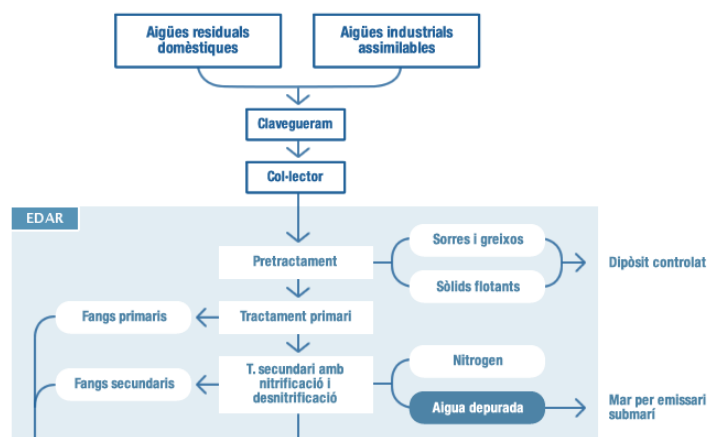


Figura 3 Esquema del procés realitzat

² i ³ Font: Àrea Metropolitana de Barcelona

plàstics, rodes, tovallolletes, troncs, etc..

Després, l'aigua passa per uns tamisadors que treuen els sòlids més petits. Per això és important no llençar pel vàter compreses o bastonets netejadors d'orelles. Tota aquesta brossa no es pot reciclar i es llença directament a l'abocador. A continuació, s'elimina la sorra i els greixos als dessorradors.

Tot seguit, l'aigua va als decantadors primaris, i es realitza un procés físic, és a dir, en una mena de piscines es deixa reposar l'aigua i s'eliminen els sòlids en suspensió per gravetat que van a parar al fons i flotants, impedit el seu pas a través d'unes reixes. Si en aquest pas s'afegeixen productes químics és un procés fisicoquímic ja que fan més eficient el tractament perquè fan que els sòlids en suspensió i flotants pesin més. Al decantador primari s'obté el fang primari.

El quart pas és l'anomenat tractament biològic. Al reactor biològic hi ha cultius d'uns determinats bacteris (*Nitrobacter* i *Nitrosomonas*) presents a l'aigua que digereixen la matèria orgànica. El procés consisteix a crear les condicions idònies per a què aquests bacteris treballin degradant la matèria orgànica dissolta en l'aigua. Aquest bacteris són aeròbics perquè per viure només necessiten aire i matèria orgànica. En aquest pas no només s'elimina la matèria orgànica sinó que també nutrients com el nitrogen (N) i fòsfor (P). Aquest procés és l'anomenada nitrificació que consisteix en passar de l'amoni, a nitrit i finalment a nitrat. Però, per l'eliminació del nitrogen i el fòsfor són necessaris bacteris anaeròbics, que actuïn sense aire. En el procés de desnitrificació s'obté el nitrogen gas per a que pugui sortir amb l'aire del reactor.

4

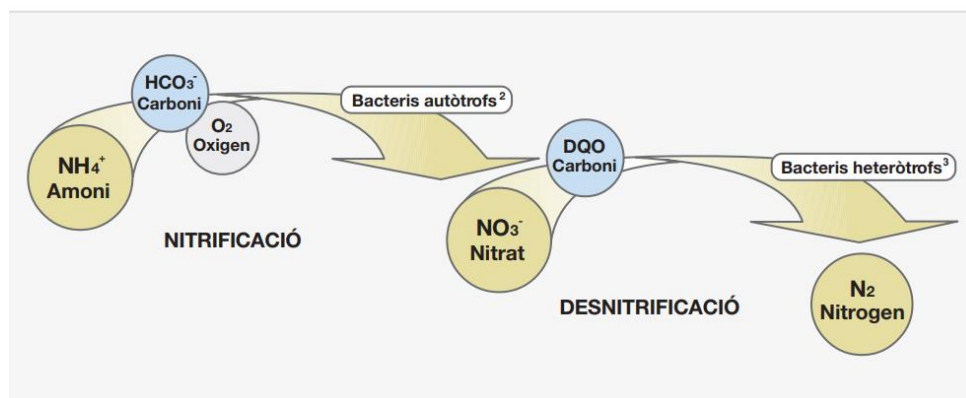


Figura 4 Reaccions d'oxidació (nitrificació) i reducció (desnitrificació).

⁴ Font: Agència de Residus de Catalunya

Per acabar arribem als decantadors secundaris, és a dir, on es retorna el fang biològic als reactors i s'elimina l'excendent.

Com a la depuradora del Prat, fan diversos tractaments ja que se separa l'aigua regenerada i l'aigua que s'envia al mar. L'aigua regenerada ha de seguir uns quants passos més fins aconseguir les condicions òptimes per ser llençada al medi. En canvi, en aquest punt ja s'envia l'aigua neta tractada al mar per un emissari submarí.

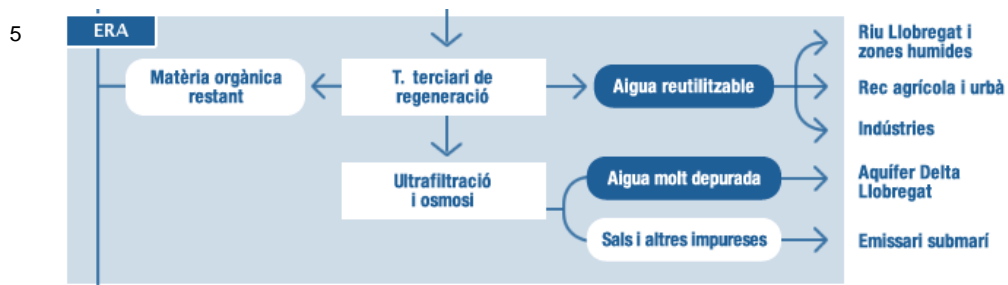


Figura 5 Esquema del procés realitzat

L'aigua que no s'envia al mar segueix un tractament terciari per la reutilització de l'aigua tractada. Després passa a la planta d'osmosi per a la barrera contra la intrusió salina a l'aquífer.

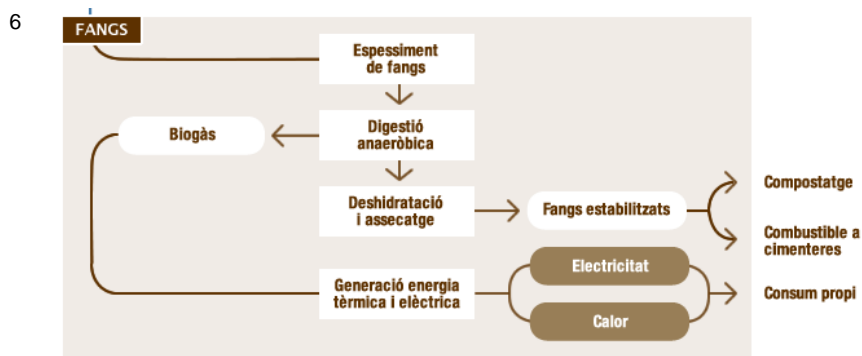


Figura 6 Esquema del procés realitzat

El següent pas és l'espessiment de fangs biològics. Amb la utilització de centrífugues s'elimina part de l'aigua continguda al fang biològic i al fang digerit, amb la qual cosa l'aigua passa d'1% en matèria seca a assolir sequedats al voltant del 5% i del 25%. I els fangs primaris passen també per un procés d'espessiment per gravetat.

⁵ Font: Àrea Metropolitana de Barcelona

⁶ Font: Àrea Metropolitana de Barcelona

A continuació, es realitza la digestió anaeròbica dels fangs primari i biològic espessits, l'assecatge tèrmic en el qual s'incrementa la sequedat del fang del 25 al 90% de matèria seca i, amb el biogàs produït a la digestió es genera energia elèctrica i calor.

Finalment, l'últim pas es la desodoració, que es fa afegint agents químics a l'aigua.

A més, la depuradora del Prat de Llobregat inclou una estació de regeneració d'aigua. Això vol dir que una part de l'aigua depurada es neteja encara més per tal d'usar-la novament. Alguns dels usos de l'aigua regenerada són: reg i neteja de carrers, manteniment del cabal del riu Llobregat i usos industrials, entre d'altres.

2.2 Directiva Europea Marc de l'Aigua

La Directiva Marc de l'Aigua (DMA), 2000/60/CE, és una norma general sobre la gestió de l'aigua. La DMA neix com a resposta a la necessitat d'unificar les actuacions en matèria de gestió de l'aigua a la Unió Europea.

La seva aplicació, a la qual estan obligats els estats membres de la Unió Europea, es basa en promoure un consum sostenible de l'aigua dins d'un marc legislatiu coherent, efectiu i transparent. La DMA té l'objectiu de fer retornar els sistemes aquàtics a un anomenat estat ecològic bo, i a promoure un ús sostenible de l'aigua de manera que pugui mantenir-se sempre aquest bon estat.

La Directiva Marc de l'Aigua té entre els seus principals objectius la protecció i millora per tots els seus sistemes aquàtics: rius, embassaments, estanys, zones humides, aigües costaneres, badies i aigües subterrànies, amb mesures específiques de reducció progressiva d'abocaments, emissions o pèrdues de substàncies perilloses prioritàries, i la seva interrupció o supressió gradual.

En termes generals, la DMA proposa un marc per a la protecció de totes les aigües, constituïdes per les aigües superficials continentals, de transició i marines, i les aigües subterrànies.

Alguns dels seus propòsits consisteixen en:

- promoure un ús sostenible de l'aigua basat en la protecció a llarg termini dels recursos hidrològics disponibles.
- prevenir-ne el deteriorament addicional, protegir i millorar l'estat dels ecosistemes aquàtics en relació amb les seves necessitats hídriques.
- assegurar la reducció progressiva de la contaminació de les aigües subterrànies i evitar noves contaminacions.

Aquesta directiva té com a novetat, respecte a les normatives procedents de la gestió de l'aigua, que són els organismes els elements definitoris de la qualitat ecològica del sistema.

Entre aquests bioindicadors trobem un grup d'algues unicel·lulars, les diatomees.

2.3 Agència Catalana de l'Aigua

L'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) és l'empresa pública de la Generalitat de Catalunya que s'encarrega de la planificació i la gestió del cicle de l'aigua d'acord amb els principis bàsics de la Directiva marc de l'aigua. L'Agència Catalana de l'Aigua treballa per garantir l'ús sostenible dels recursos hídrics a Catalunya.

Creada l'any 2000, l'ACA impulsa el seu pla d'acció per garantir, ara i en el futur, l'abastament, la disponibilitat d'aigua i la seva qualitat en origen (aigües subterrànies i superficials). Aquest pla d'acció també impulsa el sanejament de les aigües residuals i la protecció i conservació de les masses d'aigua i dels ecosistemes associats.

L'ACA treballa per controlar i millorar la qualitat del medi mitjançant la construcció de nous sistemes de sanejament; la implantació de programes de seguiment i control; la regulació de les condicions dels abocaments al medi a través de les autoritzacions; la implementació de programes de restauració i descontaminació; la sanció de conductes infractores i, finalment, la definició i progressiva implantació de cabals de manteniment als rius de Catalunya.

2.4 Les diatomees

Les diatomees o bacil·lariofícies són un grup d'algues unicel·lulars microscòpiques que constitueixen un grup molt nombrós, al voltant de 10.000 espècies actuals, agrupades en uns 200 gèneres.

Pertanyen al filum *Heterokontophyta*, superfílum *Chromista*, regne protocist, domini *Eukarya*. El nom científic de la classe és *Bacillariophyceae* (o *Diatomeae*) i es relaciona filogenèticament amb la classe *Chrysophyceae* i d'altres del grup *Chromista*.

Les diatomees són organismes fotosintetitzadors que formen part de la flora dels medis aquàtics. Viuen en aigua dolça, ja que són algues del grup dels crisòfits que colonitzen els llits dels rius i pedres submergides, les aigües d'embassaments i sistemes aquàtics en general, o marina i constitueixen una part molt important del fitoplàncton. Són un dels principals grups del plàncton marí ja que engloba milers d'espècies, entre 8000 i 12000.

Un dels trets característics de les cèl·lules de diatomees és la presència d'una coberta de sílice (diòxid de silici, SiO_2), una substància incolora amb aspecte de vidre, l'anomenat *frústul*.

Els sediments de frústuls fòssils de diatomees, formats per sílice que ha passat d'amorfa a cristal·litzada, constitueixen la *terra de diatomees* o "kieselguhr", un material de gran poder d'adsorció.

La majoria d'elles viuen lliures, ja sigui en suspensió en l'aigua (planctòniques), sobre algun substrat submergit o mullat (pedres, sediments, plantes, etc.), al qual es poden adherir gràcies a secrecions mucilaginoses. Poden trobar-se aïllades però algunes espècies apareixen formant encadenaments, filaments, cintes o colònies arborescents o gelatinoses.

El color de les diatomees és verd groguenc o brunenc, a causa dels pigments dels seus plastidis. Com són fotosintetitzadores contenen pigments: clorofil·la a, clorofil·la c (c1 i c2), xantofil·les, i beta-carotens.

Si bé s'ha considerat durant molt de temps que les primeres diatomees aparegueren durant el Cretaci, treballs més recents indiquen que tenen un origen més antic (Devonià inferior o mitjà). Els fòssils més antics corresponen a formes

cèntriques marines. Els primers testimonis de la presència de diatomees a les aigües continentals no es troben fins a l'Eocè.

LES PARTS DE LES DIATOMEES

La característica més distintiva de les diatomees és la presència de frústul, una coberta d'aspecte vitri, formada per sílice, amorfa i envoltada per diferents components orgànics. El frústul és format per dues peces o *teques*, la superior o *epiteca* i la inferior o *hipoteca*, que encaixen l'una sobre l'altra. La *valva* és la superfície, superior o inferior, de cada teca. Pels costats hi ha la *pleura* que és menys rígida que la valva, i generalment perpendicular a ella. Una estructura important és la *rafe*, que és una discontinuïtat en forma de fissura, que pot aparèixer al mig de la valva o en altres posicions.

7

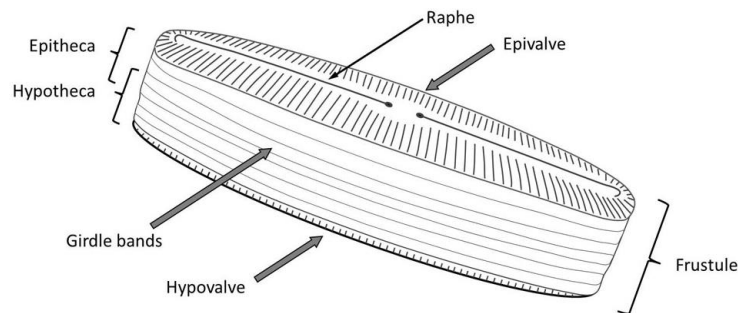


Figura 7 Parts d'una diatomea

8

Els frústuls mostren una gran diversitat de formes, algunes de molt belles, i variades estructures i ornamentacions que presenten les seves valves, com ara *arèoles*, *estries* (rengles de porus), *costelles* (engruiximents linears de la valva), *nòduls* (engruiximents arrodonits), *porus*, *apèndixs*, etc.

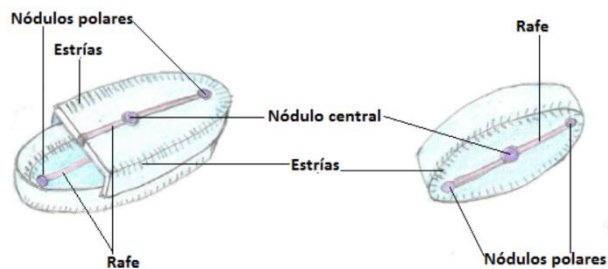


Figura 8 Ornamentacions de les diatomees

⁷ Font: What are diatoms

⁸ Font: Bacillariophyta. Diatomeas. 2019

L'aspecte de la diatomea, vista des de sobre o de sota (visió valvar) pot ser molt diferent al que presenta vista de costat (visió lateral o pleural).

⁹ Visió valvar



Visió pleural



Figura 9 Comparació de la visió valvar i pleural d'una diatomea

LA REPRODUCCIÓ

Les diatomees presenten reproducció vegetativa. Cada cèl·lula mare experimenta una divisió mitòtica, que origina dues cèl·lules filles. Durant aquest procés, les dues teques maternes es converteixen en les epiteques de les cèl·lules filles i construeixen la hipoteca, l'altra teca, abans de separar-se.

Després de cada divisió, una de les dues cèl·lules filles és més petita que la seva progenitora, de manera que es produeix una reducció de la mida mitjana del individu que constitueixen la població.

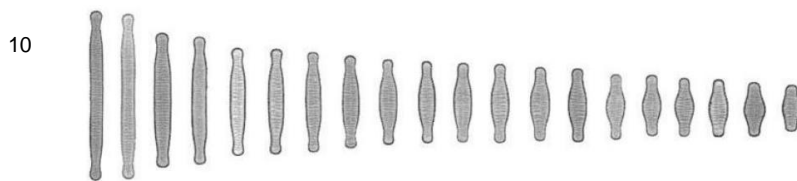


Figura 10 Exemple de reducció de la mida i les variacions de la forma i el perfil del frústul d'una diatomea (*Fragilaria bicapitata*).

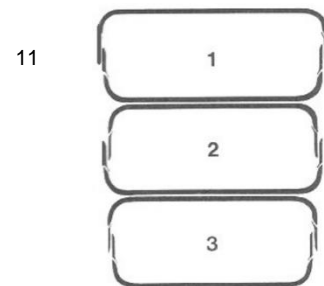


Figura 11 Esquema de la reducció de la mida de les cèl·lules a partir de les divisions vegetatives

⁹ Font: pròpia

¹⁰ i ¹¹ Font: Catálogo ilustrado de diatomeas dulceacuículas mexicanas, 2009

Això no passa sempre perquè existeixen mecanismes capaços d'impedir o de retardar la disminució de mida. La principal forma consisteix en la formació d'*auxòspores*, que es formen per reproducció sexual. D'aquesta manera, a les diatomees, la reproducció sexual no només serveix per aconseguir una recombinació genètica, sinó per a restaurar la mida cel·lular.

A les diatomees cèntriques, el mètode més comú de reproducció sexual és l'oogàmia, és a dir, la fecundació de gàmetes femenins (òvuls) mitjançant gàmetes masculins (espermatozoides).

A les diatomees pennades, la reproducció sexual és isògama, és a dir, es realitza a partir de gàmetes iguals. Aquests es troben a l'interior de les cèl·lules mares respectives.

12

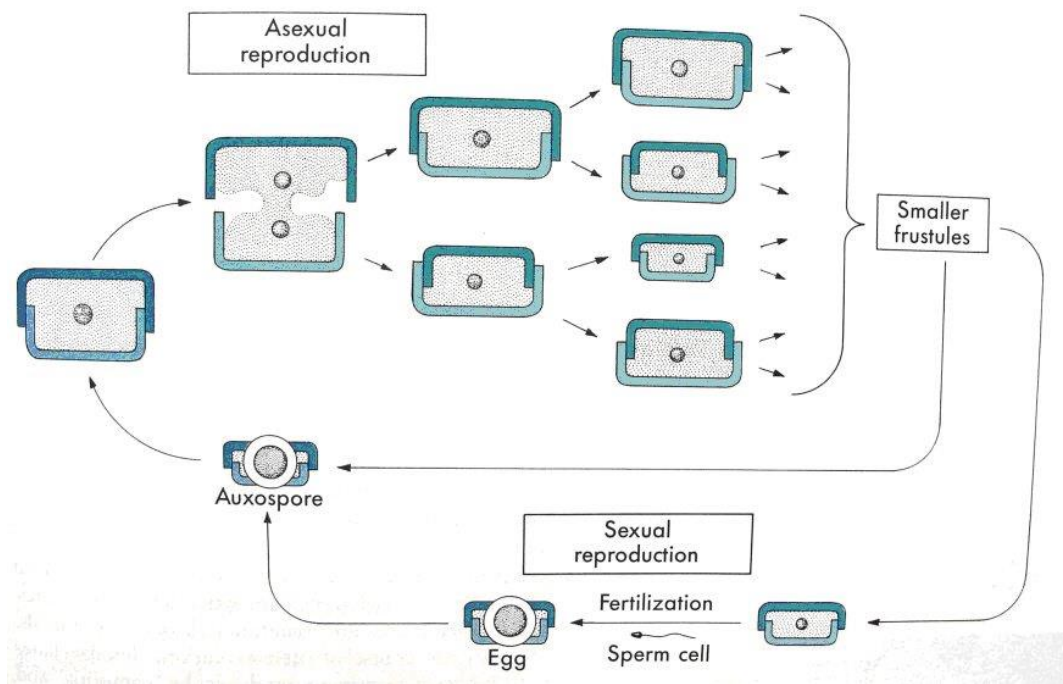


Figura 12 Representació esquemàtica del cicle reproductiu de les diatomees.

¹² Font: Research Gate, by Shouvik Mahanty

CLASSIFICACIÓ

La classificació taxonòmica es basa principalment en la morfologia del frústul. Aquesta classificació de les espècies és el sistema proposat a la SüBwasserflora per Krammer & Lange-Bertalot (1986-1991).

Els dos grans grups en què es divideixen tenen la categoria d'ordre: ordre de les centrals (*Centrales*) i ordre de les pennals (*Pennales*).

Les diatomees centrals, també anomenades diatomees cèntriques, són generalment actinomorfes, és a dir, presenten un eix de simetria (simetria radiada). S'hi reconeixen tres subordres: el de les coscinodiscínies (*Coscinodiscineae*), el de les rizosolenínies (*Rhizosolenineae*) i el de les biddulfinies (*Biddulfineae*).

Tenen valves rodones o poligonals i corresponen a la tipologia de la majoria de les espècies de diatomees planctòniques. Les valves tenen una gran varietat d'ornamentacions i estructures (com, per exemple, porus i espines) que són essencials per a poder classificar-les.

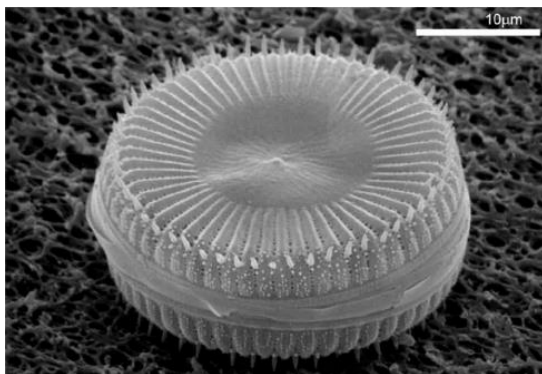


Figura 13 *Cyclotella meneghiniana*, diatomea central observada al microscopi electrònic de rastreig.

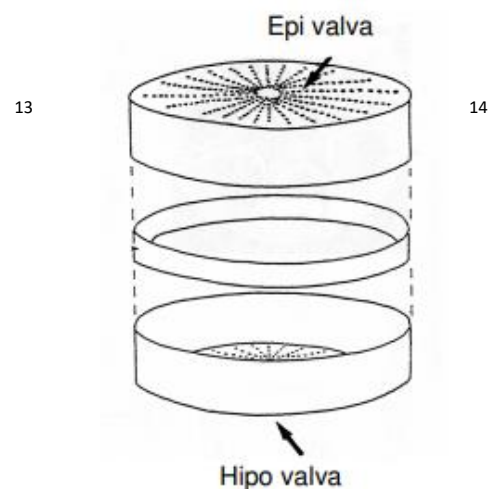


Figura 14 Il·lustració d'una diatomea central: presenten simetria radial.

Les diatomees pennals generalment són bipolars i tenen forma allargada. Majoritàriament bentòniques, acostumen a tenir una superfície menys decorada que les cèntriques. Des del punt de vista morfològic, presenten una simetria bilateral (amb un pla o una línia, que representen el seu centre estructural).

¹³ Font: Bacillariophyta. Diatomeas. 2019

¹⁴ Font: Bacillariophyta. Diatomeas. 2019

Actualment, estan dividides en dos subordres: el de les arrafidínies (*Arraphidineae*) i el de les rafidínies (*Raphidineae*), que corresponen a les diatomees sense rafe i amb rafe, respectivament. El rafe és un sistema de dues perforacions lineals a les valves, que està relacionat amb el moviment de les cèl·lules. Per això, aquestes diatomees tenen moviment, és a dir, presenten capacitat de desplaçament.

15

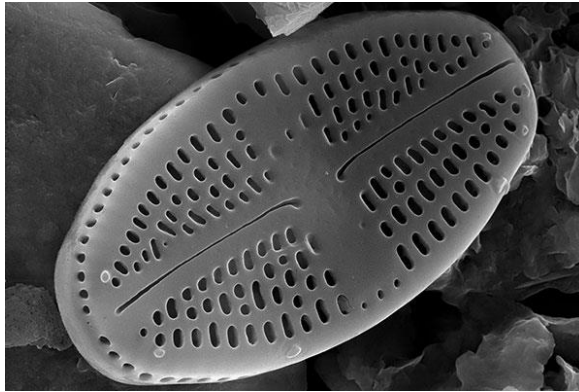


Figura 15 Diatomea observada amb un microscopi electrònic de rastreig: presenten simetria bilateral

La majoria de les diatomees pennals arrafídies estan incloses a la família de les diatomàcies. Són diatomees sense cap rafe, allargades, rectes o arquejades, generalment simètriques respecte al pla apical (que va d'apex a apex).

A les diatomees braquirafídies el rafe està reduït a l'apex.

Les diatomees monorafídies presenten rafe en una sola valva.

A les diatomees birafídies el rafe està present a les dues valves.

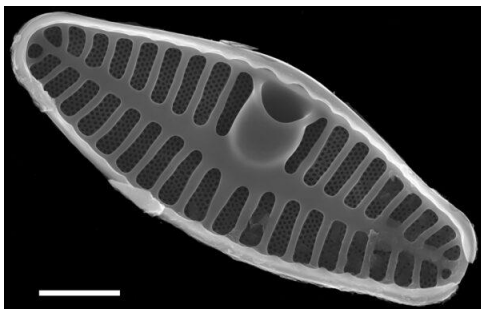
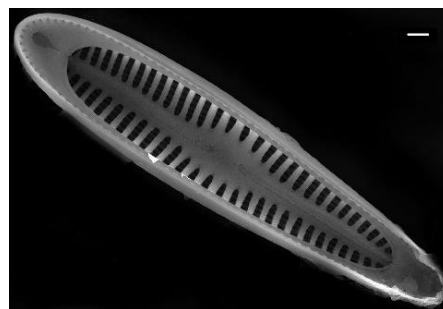


Figura 16 *Planothidium frequentissimum*:
Diatomea monorafídia

16



17

Figura 17 *Rhoicosphenia abbreviata*:
Diatomea birafídia

¹⁵ Font: Nex ciencia, Exactas Universidad de Buenos Aires

¹⁶ i ¹⁷ Font: Diatoms of Not

DIATOMEES COM A INDICADORS

Segons la definició de la DMA, l'estat ecològic és una mesura de qualitat de la funcionalitat i l'estructura de l'ecosistema aquàtic. El bon estat ecològic serà aquell en què les comunitats biològiques siguin iguals (en molt bon estat) o molt properes a les que es trobarien sota condicions inalterades. Igualment, les condicions hidromorfològiques i fisicoquímiques han de permetre el correcte desenvolupament d'aquestes comunitats.

La preferència en l'ús de les diatomees com a indicadors de qualitat és perquè la seva importància relativa en el conjunt de la comunitat algal és molt elevada. D'entre la gran varietat de grups taxonòmics que componen les comunitats d'algues fluvials, les diatomees representen més del 80% de les espècies totals.

Les diatomees permeten avaluar la qualitat de l'aigua ja que són molt sensibles a les variacions o canvis que es produeixen en el medi, en particular a la concentració de nutrients (P, N, Si) i a la presència de contaminants, fins i tot en condicions limitades per a altres organismes, és a dir, poden créixer en situacions on altres microorganismes presenten intolerància i desapareixen.

Per la seva petita mida i per la seva elevada taxa de reproducció, les comunitats de diatomees responen més ràpidament que altres organismes als possibles canvis físics, químics o ecològics del medi i, per tant, permeten detectar els canvis amb una major rapidesa respecte altres bioindicadors utilitzats com els macroinvertebrats. Els canvis es concreten en variacions en la composició de les espècies, que afavoreixen a les més tolerants en les noves condicions.

El seu ús com a indicadors de la qualitat de l'aigua es basa en el fet que totes les espècies de diatomees tenen uns límits de tolerància i uns òptims respecte a les seves preferències per les condicions ecològiques, com els nutrients, la pol·lució orgànica i inorgànica o l'acidesa. Les aigües contaminades tenen tendència a presentar un increment de l'abundància d'aquelles espècies més tolerants, o que presenten el seu òptim amb el nivell del contaminant en concret. Per contra, certes espècies no són tolerants als nivells elevats d'un o més contaminants, però d'altres poden estar presents en un rang ampli de qualitats de l'aigua.

A nivell pràctic, el fet de ser cosmopolites, fàcils de recol·lectar i de preservar, i de tenir elements estructurals en el seu esquelet de silici que permeten una determinació a nivell d'espècie o varietat amb elevat grau d'exactitud, dona avantatges a la seva utilització.

ECOLOGIA

Des del punt de vista ecològic, les diatomees estan presents pràcticament en tota mena d'aigües, tant continentals com marines. La majoria del gèneres actuals són només marins, i els segueixen en ordre d'importància, els d'aigua dolça i els d'aigua salabrosa. Han estat descobertes moltes relacions regulars entre els factors de l'ambient i la composició en espècies de les poblacions de diatomees. Això en fa un interessant grup d'organismes indicadors ecològics.

Les diatomees són un tipus de microalgues que contribueixen de manera majoritària a la producció fotoautotròfica del fitoplàncton marí, ja que a partir de la llum solar proporcionen nutrients a totes les altres formes de vida. D'aquesta manera, són productores primàries, amb el que les poblacions responen ràpidament a l'augment o a la disminució dels nutrients del medi en el que es desenvolupen.

18

Es consideren la base de les cadenes tròfiques aquàtiques tant en hàbitats marins com en aigua dolça (fitoplàncton). Són indispensables com a aliment per a petits crustacis com el krill i essencials per a la dieta de balenes, foques, pingüins, peixos i, fins i tot, aus aquàtiques com els flamencs.

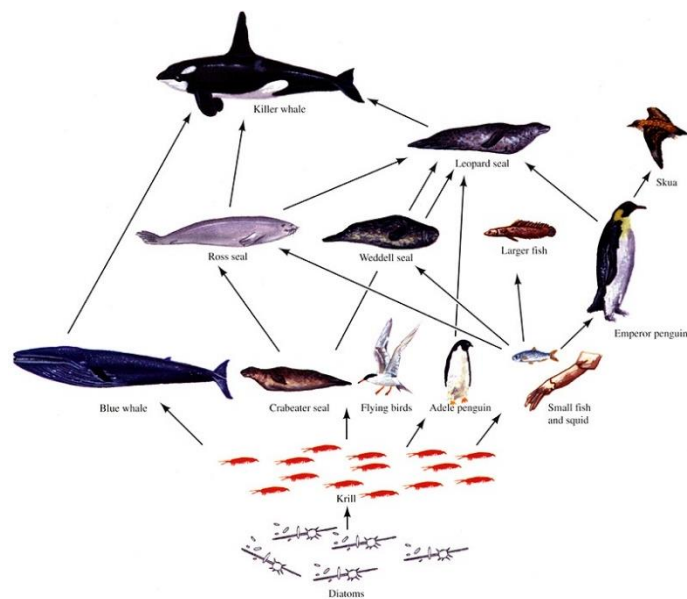


Figura 18 Cadena tròfica

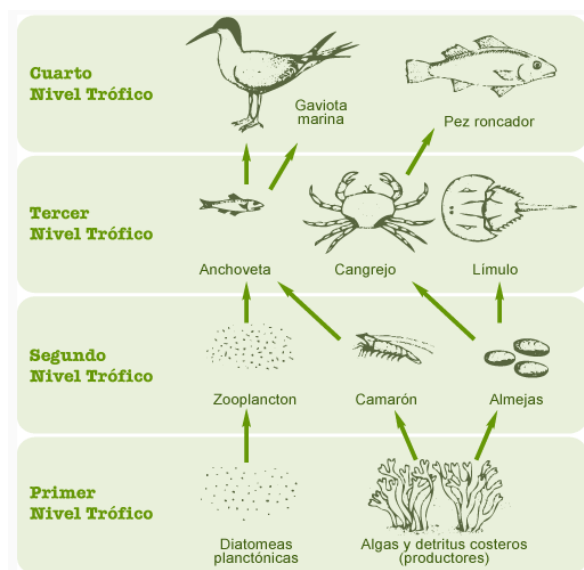
¹⁸ Font: Sky.scnu

Les diatomees, tanmateix, també poden produir unes biotoxines (aldehids poliinsaturats) com a mecanisme de defensa contra els seus depredadors, per exemple petits crustacis com els copèpodes. Aquestes substàncies són alliberades massivament al final dels afloraments i poden alterar la biologia dels animals marins que es trobin a la zona.



Figura 19 Les diatomees són l'aliment principal dels copèpodes

El fitoplàncton està integrat en un elevat percentatge per cianobacteris i algues unicel·lulars com les diatomees, que produeixen el seu propi aliment a través de la fotosíntesi. Aquests organismes autòtrofs necessiten, per tant, la llum solar i l'existència de minerals en suspensió, per aquest motiu solen trobar-se a les capes més superficials dels oceans, en els primers 50 metres de profunditat. S'han convertit en les campiones de la fotosíntesi, ja que capten l'energia solar generant un quart de l'oxigen sobre la Terra.



¹⁹ Font: Plankton chronicles

²⁰ Font: Sky.scnu

Amb els protists, les diatomees han aconseguit escalar la taxa d'oxigen (O₂) i baixar el diòxid de carboni (CO₂) atmosfèric. Alliberades del pes de les seves closques, sedimenten al fons de la mar, convertint-se en capes silícies i fonts de petroli. Fa 65 milions d'anys, mentre els dinosaures desapareixien, les diatomees sobreviuen a l'extinció de massa, adaptant-se a les regions polars on es van multiplicar. Sorgeixen llavors les diatomees anomenades *pennades*. Aquestes colonitzen nous nínxols ecològics, llisquen o s'adhereixen en biopel·lícula (biofilm), alliberant, de vegades, toxines que devasten el bestiar aquícola.

2.5 Mètriques d'avaluació de la qualitat de l'aigua amb diatomees

Existeix un gran nombre d'índexs que utilitzen les diatomees per avaluar la qualitat dels rius.

2.5.1 L'índex biològic de diatomees

L'índex biològic de diatomees (IBS) pren valors entre 1 (mínima qualitat) i 20 (màxima qualitat) i divideix la qualitat de l'aigua en 5 categories diferents. La

fórmula que segueix és la següent:

$$IBD = \frac{\sum_{j=1}^n a_j \cdot s_j \cdot v_j}{\sum_{j=1}^n a_j \cdot s_j}$$

On:

a_j = l'abundància relativa de l'espècie j

s_j = el valor de sensibilitat de l'espècie j (de l'1 al 5)

v_j = el valor indicador de l'espècie j

L'IBD s'utilitza per determinar la qualitat de l'aigua segons el valor de sensibilitat de les espècies de diatomees d'una àrea i el valor que tenen aquelles espècies, és a dir, quines diatomees són.

L'índex es basa en la puntuació que té cada tàxon respecte diferents categories de qualitat de l'aigua.

Aquest índex estableix una relació entre l'abundància de cada espècie, els paràmetres fisicoquímics (temperatura, pH, oxigen dissolt, nitrogen total, nitrats, fosfats i clorurs, entre d'altres) i les espècies de diatomees d'aquell tram del riu. L'abundància (*a*) expressa la quantitat total d'individus que hi ha d'una espècie i es calcula dividint el nombre total d'individus d'una espècie entre el nombre total de mostres preses.

A cada tàxon se li assigna un valor de sensibilitat (*s*) que fa referència a la probabilitat de trobar un tàxon en una categoria de qualitat de l'aigua determinada i un valor indicador (*v*). El valor indicador fa referència a que hi ha espècies que es consideren mal indicadors perquè presenten un ampli espectre ecològic i, per tant, els valors que tenen assignats són baixos. D'aquesta manera, si el valor és elevat vol dir que es tracta d'una espècie bona indicadora perquè presenta un rang ecològic més restringit.

Taula 1: Valors de l'índex IBD equivalents amb les cinc categories de qualitat de l'aigua.

Nivell de qualitat					
Qualitat de l'aigua	Molt bona	Bona	Moderada	Deficient	Dolenta
Valors de l'índex	$20 \leq i \leq 17$	$17 \leq i \leq 13$	$13 \leq i \leq 9$	$9 \leq i \leq 5$	$5 \leq i \leq 0$

3. METODOLOGIA

L'estudi d'un ecosistema, com un riu, no es pot fer estudiant-ne tots els individus, sinó que es realitza un mostreig, és a dir, es prenen mostres. Per tant, l'estudi es fa a partir d'una sèrie de mostres prou representatives de la zona.

Un dels requeriments de la Directiva Marc de l'Aigua és que s'han d'utilitzar metodologies estandarditzades per avaluar la qualitat ecològica dels sistemes aquàtics. Per realitzar correctament tot el procés de mostreig he seguit els passos indicats al protocol d'avaluació de la qualitat biològica del riu de l'ACA.

A partir de les mostres, se'n fa el processament. El processament consisteix a preparar les mostres per posteriorment identificar a quina espècie pertany cadascun dels individus, i després sumar el nombre d'individus que hi ha de cada espècie.

El procés d'obtenció de les mostres podria dividir-se en quatre parts: el mostreig (recollida de mostres), la preparació de les mostres, el comptatge i la identificació, i la interpretació de les dades.

3.1 Treball de camp

Part 1: Mostreig

El material necessari per al mostreig és el següent:

- Botes de pescador ²¹
- Guants
- Drap o tovallola
- Raspalls de dents
- Pots de mostreig amb un tap hermètic
- Fixador: alcohol
- Etiquetes per etiquetar les mostres

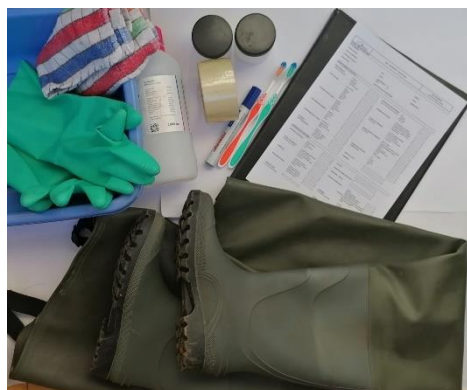


Figura 21 Material necessari per al mostreig

²¹ Font: pròpia

- Bolígrafs i retoladors permanents
- Cinta adhesiva
- Full de camp
- Càmera de fotos o mòbil
- Geolocalitzador

3.1.1 Localització de la riera i punts de mostreig

Al meu treball he seleccionat dos punts de mostreig diferents. El primer punt és abans del Tub del Governador que aboca aigua provinent de la depuradora del Prat i el segon punt per prendre les mostres és després d'aquesta sortida d'aigües.

Canal de sortida d'aigua de la depuradora del Prat

22



Figura 22 Localització del canal de sortida d'aigua de la depuradora del Prat



23

Figura 23 Sortida de l'aigua del Tub del Governador

24



Figura 24 Sortida de l'aigua del Tub del Governador

²² ²³ ²⁴ Font: pròpia

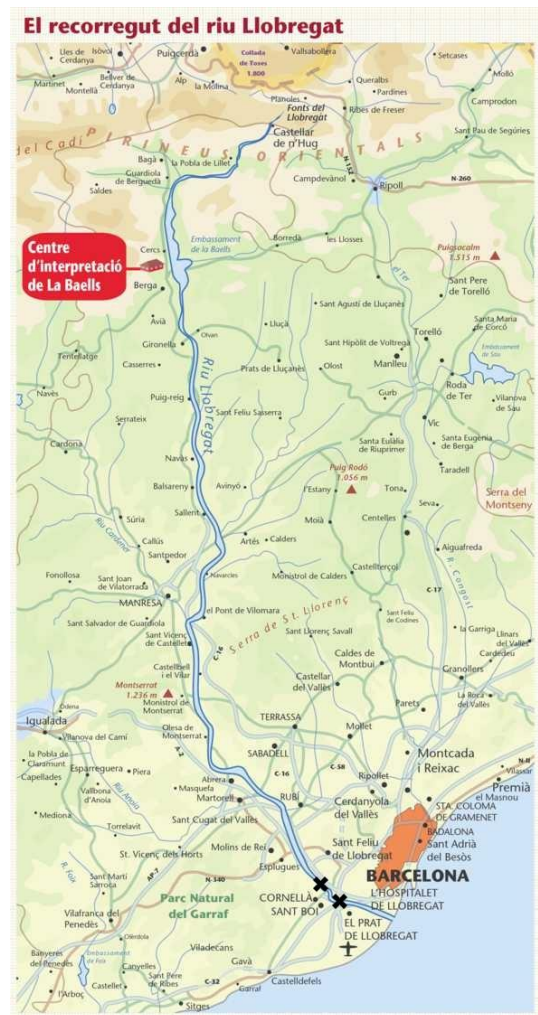
Mostreig 1 i 3:



Mostreig 2 i 4:



Figura 25 Localització del punts de mostreig



3.1.2 Selecció de la zona de mostreig

Per agafar les mostres de diatomees cal buscar la zona adient. Així que la zona ha de reunir aquests requisits: ha de ser una zona on l'aigua estigui en moviment, és a dir, amb un corrent moderat, perquè a les aigües estancades no hi solen habitar, i també, ha de ser una zona oberta, ben il·luminada perquè les algues necessiten la llum per dur a terme la fotosíntesi.

26



Figura 26 Àrea ideal per mostrejar

Primerament, vaig trobar una zona molt ombrejada i sense gaire corrent. Per tant, no reunia les característiques necessàries per aplicar bé el protocol.

27



Figura 27 Àrea no adequada per mostrejar

^{26 27} Font: pròpia

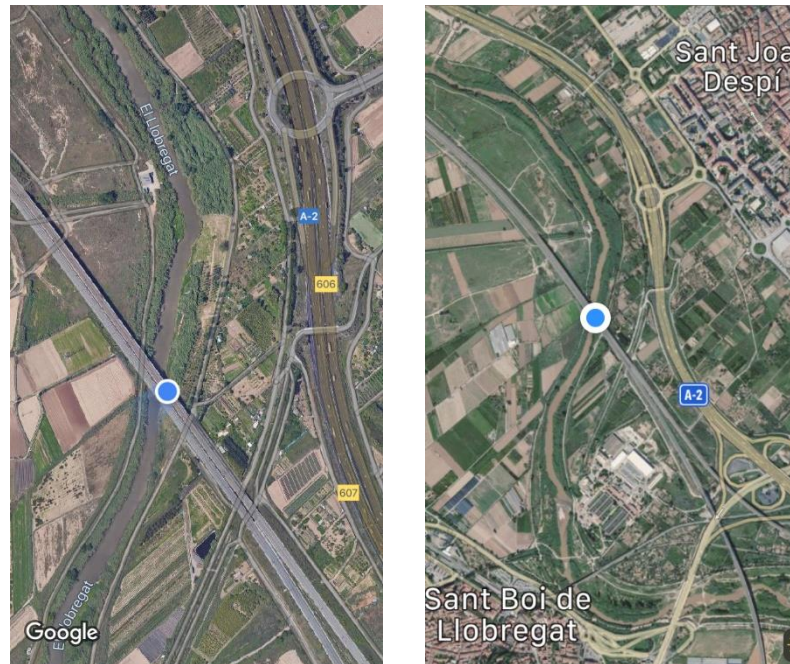



Figura 28 Localització descartada

S'ha de seleccionar un tram de riu procurant que sigui representatiu de la massa d'aigua o tram fluvial que vulguem avaluar. En el tram de mostreig es busca un tram d'uns 10 m de longitud on s'hi trobin substrats adequats per prendre mostres. Seguidament, es fa una descripció detallada del punt, anotant-ho al full de camp: localització, amplada, fondària, tipus de substrat, velocitat de l'aigua, presència de macròfits o macroalgues, ombra o altres dades d'interès ecològic.

Els fulls de camp dels quatre mostrejos que vaig omplir abans de mostrejar són els següents:

²⁸ Font: pròpia

	Rius - DIATOMEEES - Full de camp	Mostreig 1
DADES PUNT DE MOSTREIG:		


Nº de MOSTRA: 1	RIU: Llobregat	CONCA: Llobregat
LOCALITAT: gual de Sant Boi algües amunt	DATA: 13 · 02 · 2021	HORA: 12:20 h
		OPERADORA: Bàrbara León González

DADES GENERALS LOCALITAT:

RÈGIM HIDRÀULIC:	Estiatge	<input type="checkbox"/>	CONDICIONS HIDROLÒGIQUES:	Sec	<input type="checkbox"/>
moment del mostreig	Cabal mig	<input checked="" type="checkbox"/>	dels 15 dies abans del mostreig	Estiatge	<input type="checkbox"/>
	Crescuda	<input type="checkbox"/>		Cabal mig	<input checked="" type="checkbox"/>
	Disminució cabal	<input type="checkbox"/>		Crescuda	<input type="checkbox"/>
ÚS DE L'ENTORN:	Zona urbana	<input type="checkbox"/>	FREQÜÈNCIA DE RÀPIDS:	Alta freqüència de ràpids	<input type="checkbox"/>
	Bosc	<input type="checkbox"/>		Escassa freqüència de ràpids	<input type="checkbox"/>
	Ramader	<input checked="" type="checkbox"/>		Presència ocasional de ràpids	<input type="checkbox"/>
	Cultius	<input checked="" type="checkbox"/>		Flux laminar o ràpids escassos	<input checked="" type="checkbox"/>
	Serveis	<input type="checkbox"/>		Només basses	<input type="checkbox"/>
	Recreatiu	<input checked="" type="checkbox"/>	VELOCITAT DOMINANT:	< 5 cm/s (aigua estanyada)	<input type="checkbox"/>
	Industrial	<input type="checkbox"/>	en l'estació	5 a 25 cm/s (lent)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Altres	<input type="checkbox"/>		25 a 75 cm/s (ràpid)	<input type="checkbox"/>
TIPOLOGIA XARXA FLUVIAL:	Rectilini	<input checked="" type="checkbox"/>		75 a 150 cm/s (molt ràpid)	<input type="checkbox"/>
	Irregular	<input type="checkbox"/>		>150 cm/s	<input type="checkbox"/>
	Sinuós	<input type="checkbox"/>	GRANULOMETRIA DOMINANT :	Blocs i roques	<input type="checkbox"/>
	Meandres	<input type="checkbox"/>	en l'estació.	Roques amb presència de còdols	<input type="checkbox"/>
	Anastomosats	<input type="checkbox"/>		Còdols amb algunes roques	<input type="checkbox"/>
	Altres	<input type="checkbox"/>		Còdols	<input type="checkbox"/>
CONTAMINACIÓ APARENT:	Absència	<input checked="" type="checkbox"/>		Còdols i graves	<input checked="" type="checkbox"/>
	Vessament	<input type="checkbox"/>		Còdols petits i sorra	<input type="checkbox"/>
	Escuma	<input type="checkbox"/>		Graves	<input type="checkbox"/>
	Olor	<input checked="" type="checkbox"/>		Sorra	<input type="checkbox"/>
	Altres	<input type="checkbox"/>		Llims i argiles	<input checked="" type="checkbox"/>
TRANSPARÈNCIA DE L'AIGUA:	Transparent	<input type="checkbox"/>	COBERTURA VEGETACIÓ	≤10	<input type="checkbox"/>
	Aigua tèrbola	<input checked="" type="checkbox"/>	AQUÀTICA (%):	10 a 25	<input type="checkbox"/>
	Aigua molt tèrbola	<input type="checkbox"/>		25 a 50	<input checked="" type="checkbox"/>
	Altres	<input type="checkbox"/>		≥50 a 75	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>		≥75	<input type="checkbox"/>
ELEMENTS D'HETEROGENEÏTAT:	Fullaraca	<input type="checkbox"/>	AMPLADA LLERA (m):	25 m	<input type="checkbox"/>
	Branques i Fullaraca	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
	Troncs i Branques	<input type="checkbox"/>	FONDÀRIA (cm):	1 m - ?	<input type="checkbox"/>
	Arrels exposades	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
	Dics naturals	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>

DESCRIPCIÓ DEL MOSTREIG:

MATERIAL DE MOSTREIG:	Raspall de dents	<input checked="" type="checkbox"/>	FIXADOR:	etanol	<input type="checkbox"/>
	Aixada	<input type="checkbox"/>	NOMBRE MOSTRES RECOLLIDES:	7	<input type="checkbox"/>
	"Escorreguda"	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
	Altres	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
VELOCITAT DOMINANT:	< 5 cm/s (aigua estanyada)	<input type="checkbox"/>	SUPERFÍCIE > 100 cm²:	sí	<input type="checkbox"/>
en el punt de mostreig	5 a 25 cm/s (lent)	<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
	25 a 75 cm/s (ràpid)	<input type="checkbox"/>	SUBSTRAT DE MOSTREIG:	Roques	<input type="checkbox"/>
	75 a 150 cm/s (molt ràpid)	<input type="checkbox"/>		Blocs (Ø>256mm)	<input type="checkbox"/>
	>150 cm/s	<input type="checkbox"/>		Pedres (64mm<Ø<256mm)	<input checked="" type="checkbox"/>
OMBRA (%):	Totalment en ombra	<input type="checkbox"/>		Còdols (16mm<Ø<64mm)	<input type="checkbox"/>
	Ombrejat amb finestres	<input type="checkbox"/>		Superfícies verticals d'infraestructures artificials	<input type="checkbox"/>
	Grans clarianes	<input type="checkbox"/>		Macròfits o macroalgues submergides	<input type="checkbox"/>
	Exposat	<input checked="" type="checkbox"/>		Macròfits emergits	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>		Altres	<input type="checkbox"/>
VEGETACIÓ DE RIBERA:	Cobreix el llit del riu	<input checked="" type="checkbox"/>	FONDÀRIA:	< 15 cm	<input type="checkbox"/>
	Sols cobreix una part	<input type="checkbox"/>	en el punt de mostreig	15 a 75 cm	<input checked="" type="checkbox"/>
	Limitada a una franja	<input type="checkbox"/>		75 a 150 cm	<input type="checkbox"/>
	Vegetació absent	<input type="checkbox"/>		>150 cm	<input type="checkbox"/>
AMPLADA LLERA (m):	25 m	<input type="checkbox"/>	DISTÀNCIA A LA LLERA (m) :	5 - 7 m	<input type="checkbox"/>
en el punt de mostreig		<input type="checkbox"/>	del punt de mostreig		<input type="checkbox"/>

	Rius - DIATOMEES - Full de camp	
---	--	--

RIU : Llobregat

COMENTARIS:

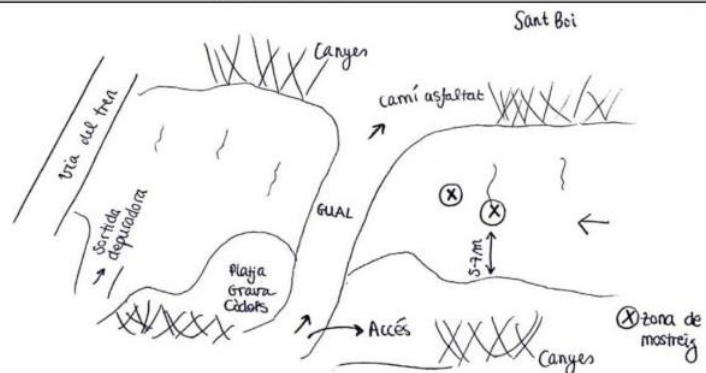
He decidit mostrejar damunt del gual perquè a sota hi havia gent tirant pedres.

No hi havia contaminació aparent, però sí que hi havia una mica de pudor a claveguera.

L'aigua estava una mica tèrbola i a la localitat no hi havia cap element d'heterogeneïtat com fullaraca, branques...

Un 50% del substrat aproximadament estava cobert per algues del gènere *Cladophora*.

ESQUEMA DE L' ESTACIÓ:



FOTOGRAFIES:



	Rius - DIATOMEES - Full de camp	Mostreig 2
---	--	-------------------

DADES PUNT DE MOSTREIG:

Nº de MOSTRA: 2	RIU: Llobregat	CONCA: Llobregat
LOCALITAT: 50 m aigües avall del pont del Delfos	DATA: 27 · 02 · 2021	HORA: 17:25 h
		OPERADORA: Bàrbara León González

DADES GENERALS LOCALITAT:

RÈGIM HIDRÀULIC:	Estiatge	<input checked="" type="checkbox"/>	CONDICIONS HIDROLÒGIQUES: dels	Sec	
moment del mostreig	Cabal mig		15 dies abans del mostreig	Estiatge	<input checked="" type="checkbox"/>
	Crescuda			Cabal mig	<input checked="" type="checkbox"/>
	Disminució cabal			Crescuda	
ÚS DE L'ENTORN:	Zona urbana		FREQÜÈNCIA DE RÀPIDS:	Alta freqüència de ràpids	
	Bosc			Escassa freqüència de ràpids	<input checked="" type="checkbox"/>
	Ramader	<input checked="" type="checkbox"/>		Presència ocasional de ràpids	
	Cultius	<input checked="" type="checkbox"/>		Flux laminar o ràpids escassos	
	Serveis			Només basses	
	Recreatiu	<input checked="" type="checkbox"/>	VELOCITAT DOMINANT:	< 5 cm/s (aigua estanyada)	
	Industrial		en l'estació	5 a 25 cm/s (lent)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Altres			25 a 75 cm/s (ràpid)	<input checked="" type="checkbox"/>
TIPOLOGIA XARXA FLUVIAL:	Rectilini	<input checked="" type="checkbox"/>		75 a 150 cm/s (molt ràpid)	
	Irregular		GRANULOMETRIA DOMINANT :	>150 cm/s	
	Sinuós		en l'estació	Blocs i roques	<input checked="" type="checkbox"/>
	Meandres			Roques amb presència de còdols	
	Anastomosats			Còdols amb algunes roques	
	Altres			Còdols	
CONTAMINACIÓ APARENT:	Absència			Còdols i graves	
	Vessant			Còdols petits i sorra	
	Escuma	<input checked="" type="checkbox"/>		Graves	<input checked="" type="checkbox"/>
	Olor	<input checked="" type="checkbox"/>		Sorra	
	Altres	<input checked="" type="checkbox"/>		Llims i argiles	<input checked="" type="checkbox"/>
TRANSPARÈNCIA DE L'AIGUA:	Transparent		COBERTURA VEGETACIÓ AQUÀTICA	<10	
	Aigua tèrbola		(%)	10 a 25	
	Aigua molt tèrbola			25 a 50	<input checked="" type="checkbox"/>
	Altres			≥50 a 75	
				≥75	
ELEMENTS D'HETEROGENEÏTAT:	Fullaraca		AMPLADA LLERA (m):	20 m	
	Branques i Fullaraca				
	Troncs i Branques	<input checked="" type="checkbox"/>	FONDÀRIA (cm):	20 cm - ?	
	Arrels exposades				
	Dics naturals				

DESCRIPCIÓ DEL MOSTREIG:

MATERIAL DE MOSTREIG:	Raspall de dents	<input checked="" type="checkbox"/>	FIXADOR:	etanol	
	Aixada		NOMBRE MOSTRES RECOLLIDES:	3	
	"Escorreguda"				
	Altres				
VELOCITAT DOMINANT:	< 5 cm/s (aigua estanyada)		SUPERFÍCIE > 100 cm²:	sí	
en el punt de mostreig	5 a 25 cm/s (lent)				
	25 a 75 cm/s (ràpid)	<input checked="" type="checkbox"/>	SUBSTRAT DE MOSTREIG:	Roques	
	75 a 150 cm/s (molt ràpid)			Blocs (Ø>256mm)	<input checked="" type="checkbox"/>
	>150 cm/s			Pedres (64mm<Ø<256mm)	<input checked="" type="checkbox"/>
OMBRA (%):	Totalment en ombra			Còdols (16mm<Ø<64mm)	
	Ombrejat amb finestres			Superfícies verticals d'infraestructures artificials	
	Grans clarianes			Macròfits o macroalgues submergides	
	Exposat	<input checked="" type="checkbox"/>		Macròfits emergits	
				Altres	
VEGETACIÓ DE RIBERA:	Cobreix el llit del riu		FONDÀRIA:	< 15 cm	
	Sols cobreix una part		en el punt de mostreig	15 a 75 cm	<input checked="" type="checkbox"/>
	Limitada a una franja			75 a 150 cm	
	Vegetació absent	<input checked="" type="checkbox"/>		>150 cm	
AMPLADA LLERA (m):	20 m		DISTÀNCIA A LA LLERA (m) :	2-4 m	
en el punt de mostreig			del punt de mostreig		

	Rius - DIATOMEES - Full de camp
---	--

RIU : Llobregat

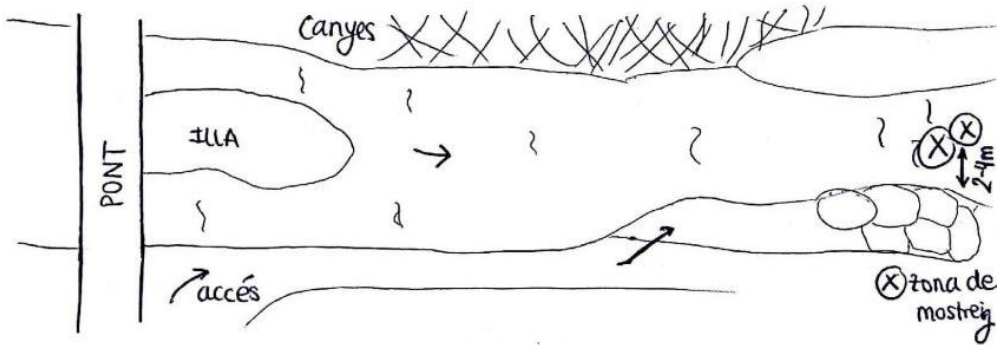
COMENTARIS:

Hi havia escuma uns 20 m més avall del punt de mostreig. Aquesta localitat estava plena de deixalles com pots de plàstic, safates, bosses...

Hi ha un dic artificial de roques per on he pogut accedir al punt de mostreig.

Hi havia bastantes canyes i els substrats estaven coberts entre un 25 i 50% per algues del gènere *Cladophora*.

ESQUEMA DE L' ESTACIÓ:



FOTOGRAFIES:



	Rius - DIATOMEES - Full de camp	Mostreig 3
DADES PUNT DE MOSTREIG:		

Nº de MOSTRA: 3	RIU: Llobregat	CONCA: Llobregat
LOCALITAT: gual de Sant Boi aigües avall	DATA: 22 · 08 · 2021	HORA: 19:30 h
		OPERADORA: Bàrbara León González

DADES GENERALS LOCALITAT:

RÈGIM HIDRÀULIC: moment del mostreig	Estiatge Cabal mig Crescudat Disminució cabal	<input checked="" type="checkbox"/> 	CONDICIONS HIDROLÒGIQUES: dels 15 dies abans del mostreig	Sec Estiatge Cabal mig Crescudat	 <input checked="" type="checkbox"/>
ÚS DE L'ENTORN:	Zona urbana Bosc Ramader Cultius Serveis Recreatiu Industrial Altres	 <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 	FREQÜÈNCIA DE RÀPIDS:	Alta freqüència de ràpids Escassa freqüència de ràpids Presència ocasional de ràpids Flux laminar o ràpids escassos Només basses	 <input checked="" type="checkbox"/>
TIPOLOGIA XARXA FLUVIAL:	Rectilini Irregular Sinuós Meandres Anastomosats Altres	<input checked="" type="checkbox"/> 	VELOCITAT DOMINANT: en l'estació	< 5 cm/s (aigua estanyada) 5 a 25 cm/s (lent) 25 a 75 cm/s (ràpid) 75 a 150 cm/s (molt ràpid) >150 cm/s	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
CONTAMINACIÓ APARENT:	Absència Vessament Escuma Olor Altres	 <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	GRANULOMETRIA DOMINANT: en l'estació	Blocs i roques Roques amb presència de còdols Còdols amb algunes roques Còdols Còdols i gravas Còdols petits i sorra Gravas Sorra Llims i argiles	 <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
TRANSPARÈNCIA DE L'AIGUA:	Transparent Aigua tèrbola Aigua molt tèrbola Altres	 <input checked="" type="checkbox"/> 	COBERTURA VEGETACIÓ AQUÀTICA (%)	≤10 10 a 25 25 a 50 ≥50 a 75 ≥75	 <input checked="" type="checkbox"/>
ELEMENTS D'HETEROGENEÏTAT:	Fullaraca Branques i Fullaraca Troncs i Branques Arrels exposades Dics naturals	 <input checked="" type="checkbox"/> 	AMPLADA LLERA (m):	15 - 20 m	
			FONDÀRIA (cm):	10 - 40 cm	

DESCRIPCIÓ DEL MOSTREIG:

MATERIAL DE MOSTREIG:	Raspall de dents Aixada "Escorreguda" Altres	<input checked="" type="checkbox"/> 	FIXADOR:	etanol	
VELOCITAT DOMINANT: en el punt de mostreig	< 5 cm/s (aigua estanyada) 5 a 25 cm/s (lent) 25 a 75 cm/s (ràpid) 75 a 150 cm/s (molt ràpid) >150 cm/s	 <input checked="" type="checkbox"/> 	NOMBRE MOSTRES RECOLLIDES:	7	
OMBRA (%):	Totalment en ombra Ombrejat amb finestres Grans clarianes Exposat	 <input checked="" type="checkbox"/>	SUPERFÍCIE > 100 cm²:	si	
VEGETACIÓ DE RIBERA:	Cobreix el llit del riu Sols cobreix una part Limitada a una franja Vegetació absent	<input checked="" type="checkbox"/> 	SUBSTRAT DE MOSTREIG:	Roques Blocs (Ø>256mm) Pedres (64mm<Ø<256mm) Còdols (16mm<Ø<64mm) Superfícies verticals d'infraestructures artificials Macròfits o macroalgues submergides Macròfits emergits Altres	 <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
AMPLADA LLERA (m): en el punt de mostreig	15 m		FONDÀRIA: en el punt de mostreig	< 15 cm 15 a 75 cm 75 a 150 cm >150 cm	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
			DISTÀNCIA A LA LLERA (m): del punt de mostreig	2 - 7 m	

He hagut de mostrejar a sota del gual perquè no es podia accedir a l'altre costat per la gran quantitat de canyes que hi havia.

El tram del riu estava molt contaminat. Hi havia escuma a l'aigua i olor a claveguera. Vaig trobar moltes deixalles com gots de plàstic i tovalloletes.

El substrat estava cobert entre un 50 i 75% per *Cladophora* i *Cianofícies*.

He pogut veure fauna al riu: un cranc blau americà, carpes, ànecs, esplugabous i papallones.

Els llims negres, sediments negres, indiquen aigua de baixa qualitat amb falta d'oxigen.



EL CRANC BLAU:

29

El cranc blau (*Callinectes sapidus*) ha arribat als espais naturals del Prat, després que fos detectat per primera vegada a Catalunya l'any 2012 al delta de l'Ebre.

El cranc blau és una espècie de crustaci al·lòcton, és a dir, que no és originària de Catalunya sinó que ha accedit recentment a les nostres aigües a causa de l'acció humana.

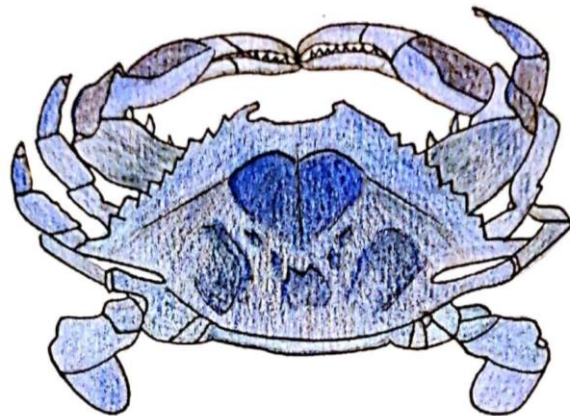
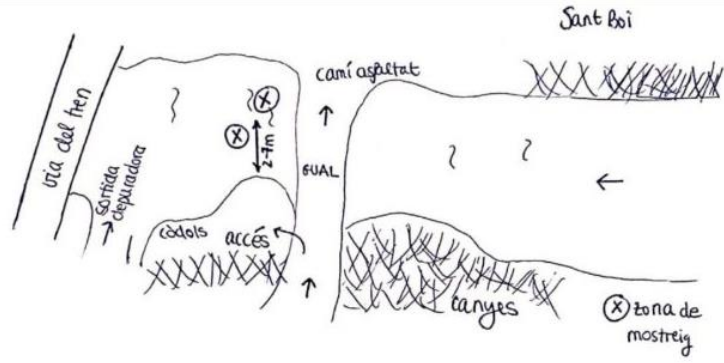


Figura 29 Il·lustració del cranc blau americà

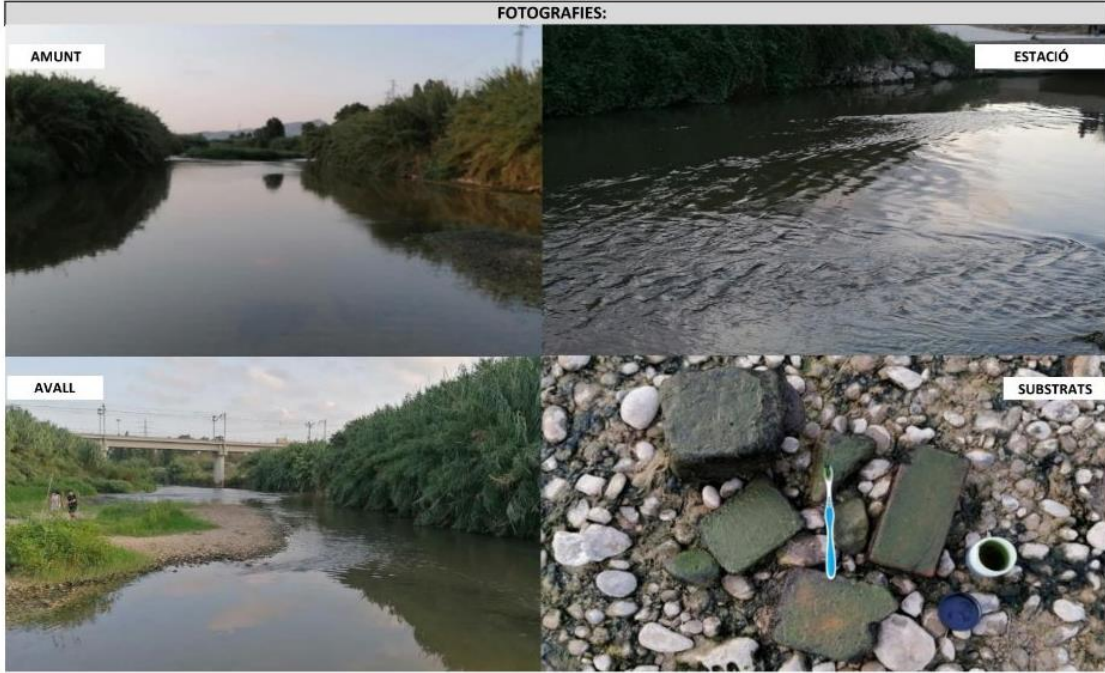
A Europa fa dècades que hi és i és originari de la costa atlàntica americana, des dels Estats Units al Brasil. És gran, adaptable i de creixement ràpid, per la qual cosa es tem el seu impacte sobre les espècies marines autòctones. No és un cranc indicador de bona qualitat de l'aigua ja que pot viure en llocs bastant contaminats.

²⁹ Font: pròpia

ESQUEMA DE L' ESTACIÓ:



FOTOGRAFIES:



	Rius - DIATOMEES - Full de camp	Mostreig 4
---	--	-------------------

DADES PUNT DE MOSTREIG:

Nº de MOSTRA: 4

LOCALITAT: 50 m aigües avall del pont del Delfos

RIU: Llobregat

DATA: 30 · 08 · 2021

CONCA: Llobregat

HORA: 10:00 h

OPERADORA: Bàrbara León González

DADES GENERALS LOCALITAT:

RÈGIM HIDRÀULIC:	Estiatge	<input checked="" type="checkbox"/>	CONDICIONS HIDROLÒGIQUES: dels Sec	
moment del mostreig	Cabal mig		15 dies abans del mostreig	Estiatge
	Crescudà			Cabal mig
	Disminució cabal			Crescudà
ÚS DE L'ENTORN:	Zona urbana		FREQÜÈNCIA DE RÀPIDS:	Alta freqüència de ràpids
	Bosc			Escassa freqüència de ràpids
	Ramader	<input checked="" type="checkbox"/>		Presència ocasional de ràpids
	Cultius	<input checked="" type="checkbox"/>		Flux laminar o ràpids escassos
	Serveis			Només basses
	Recreatiu	<input checked="" type="checkbox"/>	VELOCITAT DOMINANT:	< 5 cm/s (aigua estanyada)
	Industrial		en l'estació	5 a 25 cm/s (lent)
	Altres			25 a 75 cm/s (ràpid)
TIPOLOGIA XARXA FLUVIAL:	Rectilini	<input checked="" type="checkbox"/>		75 a 150 cm/s (molt ràpid)
	Irregular			>150 cm/s
	Sinuós		GRANULOMETRIA DOMINANT:	Blocs i roques
	Meandres		en l'estació	Roques amb presència de còdols
	Anastomosats			Còdols amb algunes roques
	Altres			Còdols
CONTAMINACIÓ APARENT:	Absència			Còdols i graves
	Vessament			Còdols petits i sorra
	Escuma	<input checked="" type="checkbox"/>		Graves
	Olor	<input checked="" type="checkbox"/>		Sorra
	Altres	<input checked="" type="checkbox"/>		Llims i argiles
TRANSPARÈNCIA DE L'AIGUA:	Transparent		COBERTURA VEGETACIÓ AQUÀTICA	≤10
	Aigua tèrbola		(%)	10 a 25
	Aigua molt tèrbola	<input checked="" type="checkbox"/>		25 a 50
	Altres			≥50 a 75
ELEMENTS D'HETEROGENEÏTAT:	Fullaraca			≥75
	Branques i Fullaraca		AMPLADA LLERA (m):	20 m
	Troncs i Branques	<input checked="" type="checkbox"/>		FONDÀRIA (cm):
	Arrels exposades			20 cm - ?
	Dics naturals			

DESCRIPCIÓ DEL MOSTREIG:

MATERIAL DE MOSTREIG:	Raspall de dents	<input checked="" type="checkbox"/>	FIXADOR:	etanol
	Aixada		NOMBRE MOSTRES RECOLLIDES:	5
	"Escorreguda"			
	Altres			
VELOCITAT DOMINANT:	< 5 cm/s (aigua estanyada)		SUPERFÍCIE > 100 cm²:	sí
en el punt de mostreig	5 a 25 cm/s (lent)			
	25 a 75 cm/s (ràpid)	<input checked="" type="checkbox"/>	SUBSTRAT DE MOSTREIG:	Roques
	75 a 150 cm/s (molt ràpid)			Blocs (Ø>256mm)
	>150 cm/s			Pedres (64mm<Ø<256mm)
OMBRA (%):	Totalment en ombra			Còdols (16mm<Ø<64mm)
	Ombrejat amb finestres			Superfícies verticals d'infraestructuras artificials
	Grans clarianes			Macròfits o macroalgues submergides
	Exposat	<input checked="" type="checkbox"/>		Macròfits emergits
VEGETACIÓ DE RIBERA:	Cobreix el llit del riu			Altres
	Sols cobreix una part	<input checked="" type="checkbox"/>	FONDÀRIA:	< 15 cm
	Limitada a una franja	<input checked="" type="checkbox"/>	en el punt de mostreig	15 a 75 cm
	Vegetació absent			75 a 150 cm
				>150 cm
AMPLADA LLERA (m):	20 m		DISTÀNCIA A LA LLERA (m):	2 - 4 m
en el punt de mostreig			del punt de mostreig	

RIU : Llobregat

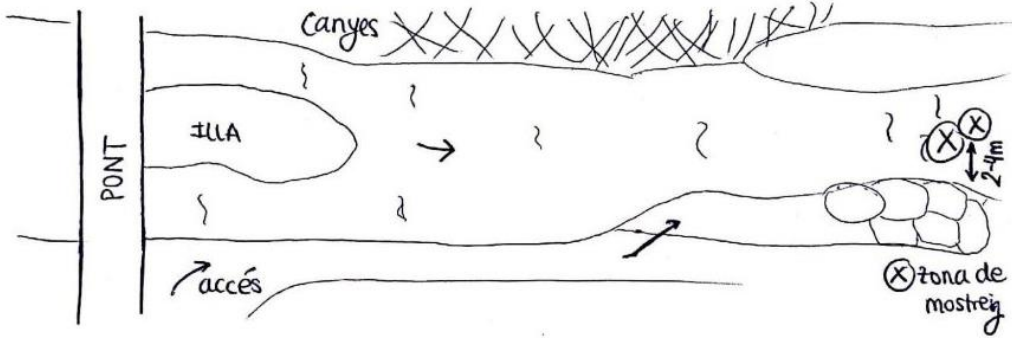
COMENTARIS:

El tram del riu estava molt contaminat. S'apreciava escuma i olor a claveguera. Hi havia una gran quantitat de tovallolletes.

El substrat estava cobert entre un 25 i 50% per *Cladophora*.

He pogut veure al riu un cranc blau americà.

ESQUEMA DE L' ESTACIÓ:



FOTOGRAFIES:



3.1.3 Selecció del substrat adequat

Vaig haver de buscar el substrat més adequat d'entre els presents al tram de mostreig segons l'ordre següent de més a menys idoni:

- Pedres de zones submergides
- Estructures fetes per l'home submergides, excepte les de fusta
- Macròfits submergits
- Macròfits emergits

Vaig haver d'agafar pedres grans, totalment submergides, (el substrat ideal són còdols de 20 x 20 cm) per assegurar-me que són del riu i no han sigut transportades des d'altres punts. El substrat ha de portar al menys quatre setmanes submergit i, en cas de pedres, que el corrent no les pugui girar. Per això, no es mostra durant les quatre setmanes posteriors a una gran avinguda ni després d'un període en què la llera hagi quedat seca.

30



Figura 30 Si és possible s'han d'agafar com a mínim 5 còdols

3.1.4 Recollida de mostres

31



Figura 31 Al riu agafant un substrat

L'ideal seria mostrejar unes cinc pedres (o, en el seu defecte, roques o còdols), agafades de diferents indrets del tram de mostreig. Al agafar el substrat es renta en el corrent d'aigua, sacsejant-lo a dins de l'aigua, per treure qualsevol contaminació que pugui haver-hi adherida a la superfície (detritus, algues filamentoses).

32



Figura 32 Al riu buscant el substrat ideal

33

Seguidament, es raspalla cada pedra un mínim d'uns 10 cm² de substrat fins que la superfície està neta.



Figura 33 Raspallant la superfície de cada pedra.

3.1.3 Fixació de la mostra i etiquetatge

34

Prèviament a la recollida de mostra s'omplen, amb uns 50 ml del fixador, els pots hermètics per posteriorment dipositar el material recollit.

A continuació, s'esbaldeix el raspall dins el pot de mostreig amb el fixador i s'anota quin fixador s'ha utilitzat. En el meu cas, vaig fixar-les amb etanol.



Figura 34 S'esbaldeix el raspall dins el pot per dipositar-hi tota la mostra

Finalment, s'etiqueten les mostres per després saber quin pot conté cada mostra.

3.2 Treball al laboratori

Part 2: Tractament previ a l'observació al microscopi

En el meu cas, vaig provar dos mètodes diferents per netejar diatomees per a l'observació microscòpica. D'aquesta manera, he pogut comprovar quin dels dos neteja millor les diatomees sense trencar-les, ja que moltes vegades queden els frústuls trencats.

És important no utilitzar tota la mostra per si hi hagués algun problema en el procés de preparació per poder repetir el tractament.

3.2.1 Neteja de les diatomees

Existeixen diferents mètodes per netejar diatomees i tots adequats per l'estudi de la qualitat de l'aigua però, de tots els existents, he realitzat dos diferents.

Amb l'objectiu de minimitzar el risc de contaminació entre les mostres: les barretes agitadores no s'han d'utilitzar per més d'una mostra, així les diatomees no passen d'una a l'altra i les pipetes Pasteur s'han d'utilitzar per una mostra i després descartar-les.

³⁴ Font: pròpia

Una bona opció, si es disposa de centrifugadora és utilitzar-la perquè permet accelerar el procés però durant el procés es poden trencar les diatomees si no es fa correctament.

Si no es disposa de centrifugadora, també es poden deixar sedimentar les diatomees durant unes hores.



Figura 35 Centrifugadora que vaig utilitzar per al procés de neteja dels frústuls

Mètode 1:

El material necessari pel primer mètode que vaig provar és el següent:

36

- Àcid clorhídric (HCl) al 35 %
- Aigua destil·lada
- Àcid sulfúric (H₂SO₄) concentrat (96%)
- Peròxid d'hidrogen al 30% (H₂O₂)
- Dicromat potàssic (K₂Cr₂O₇)
- Pipetes Pasteur
- Tubs d'assaig
- Centrífuga i tubs de centrífuga (opcional)



Figura 36 Material necessari pel mètode 1 de neteja de les diatomees

Mètode:

1. S'homogeneïtza la mostra agitant i es transfereixen 5 mL de la suspensió a un got de precipitats.
2. Afegim àcid clorhídric al 35% per tal d'eliminar les possibles sals carbonatades que podrien precipitar i interferir en l'observació de la mostra.

3. Transferim el contingut a un tub de centrífuga, afegim aigua destil·lada i es centrifuga. Una vegada centrifugat es descarta el sobrenedant.
4. Transferim el contingut a un got de precipitats i afegim 2 mL àcid sulfúric concentrat.
5. Afegim peròxid d'hidrogen al 30%.
6. Afegim una punta d'espàtula de dicromat potàssic gra per gra.
7. Es renten els costats del got de precipitats amb aigua destil·lada.
8. Després, s'ha de transferir el contingut del got de precipitats a un tub de centrífuga, el qual s'omple fins a dalt amb aigua destil·lada i centrifuguem.
9. A continuació, es decanta el sobrenedant i resuspenem el *pellet* amb aigua destil·lada i repetim la centrifugació.
10. Quan totes les traces de peròxid d'hidrogen i d'àcid s'hagin eliminat, barregem el sediment de diatomees en una petita quantitat d'aigua destil·lada i el transferim a un vial net i petit.
11. Afegim unes gotes al 4% de peròxid d'hidrogen per prevenir el creixement de fongs.
12. La mostra, aleshores, es pot emmagatzemar de forma indefinida.

37



38



39



Figures 37 i 38 Pas 1: transferint 5 mL de la mostra per dur a terme la neteja de diatomees. No s'ha d'utilitzar tota la mostra perquè en el cas que hi hagués algun problema durant la preparació es podria repetir el tractament.

Figura 39 Centrifugant les mostres

Mètode 2:

El material necessari pel segon mètode que vaig provar és el següent:

- Solució de peròxid d'hidrogen (H_2O_2) al 30%.
- Àcid clorhídric diluït (1M) (HCl)
- Aigua destil·lada
- Campana extractora o sistema equivalent
- Placa calefactors o bany d'aigua
- Pipetes Pasteur
- Tubs d'assaig
- Reixeta
- Guants

40



Figura 40 Material necessari pel mètode 2 de neteja de les diatomees.

Mètode:

1. Es remou bé el recipient on hi ha la mostra, és a dir, la homogeneïtzem.
2. Transferim uns 5 mL de la mostra a un tub d'assaig, dins d'una reixeta. Aquest procés es realitza tantes vegades com mostres tinguem dels diferents mostres que volem estudiar.
3. S'afegeixen 10 mL de peròxid d'hidrogen i s'escalfen els tubs d'assaig en una placa calefactors o bany d'aigua a aproximadament $90 (\pm 5) ^\circ C$ fins que tota la matèria orgànica s'hagi oxidat (normalment unes 3 hores).
4. Es treuen els tubs d'assaig de la calor.
5. S'hi afegeixen unes dues gotes d'àcid clorhídric a cada tub per eliminar el carbonat càlcic.
6. Decantem el sobrenedant, rentem amb aigua destil·lada i deixem refredar.
7. Els frústuls ja estan nets. Finalment, s'han de deixar sedimentar les diatomees.

⁴⁰ Font: pròpia



Figura 41 Pas 3: s'escalfen els tubs d'assaig en un bany d'aigua a 90 °C.

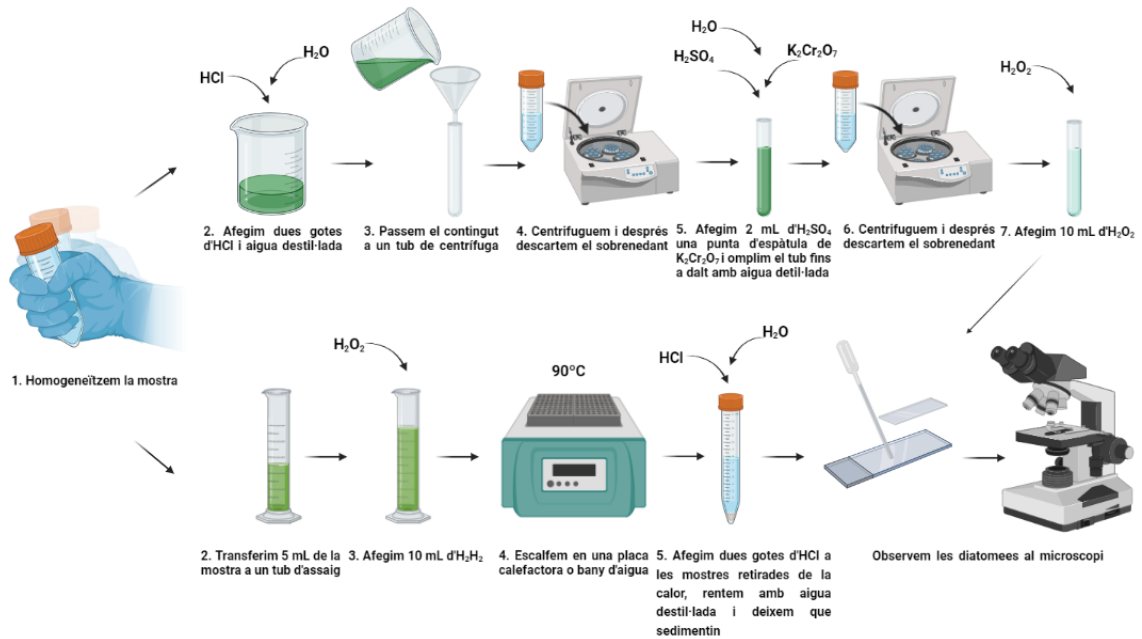


Figura 42 Esquema dels passos a seguir per netejar els frústuls de les diatomees.

3.2.2 Muntatge de preparacions permanents

Per realitzar el muntatge de les preparacions permanents es dilueix la suspensió de frústuls nets amb aigua destil·lada. S'agita el vial que conté la suspensió i, amb una pipeta Pasteur, s'agafa el líquid de la part central. Després cal dipositar una o dues gotes en un portaobjectes, i es deixa evaporar l'aigua a temperatura ambient o bé s'escalfa en una placa calefactorsa per accelerar el procés.

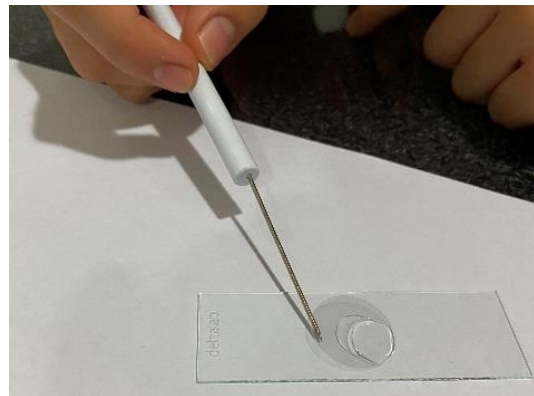
Seguidament, posem una gota de DPX al portaobjectes amb les diatomees i col·loquem un cobreobjectes rodó sobre el DPX. Deixem uns segons la preparació, perquè surti el toluè, és a dir, el dissolvent.

Finalment, s'etiqueta bé la preparació.

43



44



Figures 43 i 44 Posant una gota de DPX i el cobreobjectes amb l'ajuda d'una agulla emmanegada per a que no quedin bombolles.

3.2.3 Identificació d'espècies

Part 3: Identificació

Abans d'identificar les espècies s'ha de decidir quin criteri s'utilitzarà amb els frústuls trencats:

- Incloure un individu trencat només si té aproximadament 3/4 parts de la valva.

^{43 44} Font: pròpia

- Incloure un individu trencat només si té com a mínim un extrem i la part central.
- Excloure tots els individus trencats.

En el meu cas, vaig decidir excloure les diatomees trencades perquè no veure la sencera impedeix conèixer alguns detalls que fan difícil la seva identificació. D'aquesta manera, he preferit comptar les valves senceres.

S'ha de tenir en compte que, per la majoria de mètriques, cal comptar un mínim de 400 valves.

45

Per identificar-les es col·loca la preparació a la platina del microscopi i comencem a identificar i comptar els individus del primer camp de visió utilitzant un objectiu de x100 i oli d'immersió. Vaig observar totes les preparacions amb un microscopi òptic a x1000 amb oli d'immersió.



Figura 45 Posant una gota d'oli d'immersió

46



47



Figures 46 i 47 Mirant les diatomees al microscopi òptic.

^{45 46 47} Font: pròpia

Per identificar les diferents espècies de diatomees hem de fixar-nos en la forma de les valves però també és important identificar els individus fins al nivell taxonòmic més petit que es pugui assignar amb seguretat. Es recomana fer fotografies, imatges digitals o dibuixos detallats i descriure el tàxon: la forma i dimensions de la diatomea, densitat d'estries, forma i mida de l'àrea central, nombre i posició dels estigmes i detalls de la finalització del rafe.






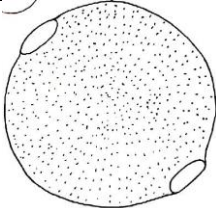

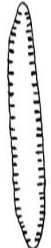




Figura 48 Enfocar i desenfocar amb el cargol micromètric ajuda a identificar-les perquè ens permet fixar-nos en molts detalls.















Un cop tots els tàxons han estat comptats i identificats, es treu la preparació del microscopi i es neteja l'objectiu i la preparació de l'oli d'immersió.






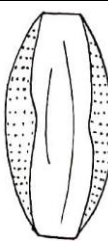



En total he identificat 53 espècies diferents. La següent taula mostra totes les espècies identificades en els quatre mostrejos amb el seu dibuix corresponent i l'abundància (en percentatge) de cadascuna de cada mostreig.








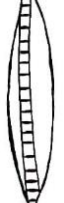

⁴⁸ Font: pròpia

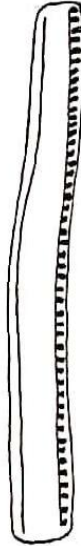


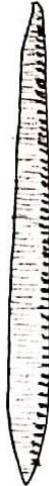

Taula 2: Abundància de les espècies de diatomees identificades de cada mostreig







Espècie	Dibuix	M.1	M.2	M.3	M.4
<i>Melosira varians</i>		0,3%	1,8%	1,2%	1,2%
<i>Cyclotella meneghiniana</i>		0	1,8%	0,8%	2,9%
<i>Cyclotella atomus var. gracilis</i>		0	0	1,6%	6,1%
<i>Pleurosira laevis</i>		0	0	1,2%	4,9%
<i>Diatoma vulgare</i>		0,7%	1,3%	0	0
<i>Tabularia fasciculata</i>		0,3%	2,9%	0	1,2%
<i>Ulnaria ulna</i>		0	0	4,4%	5,3%
<i>Pseudostaurosira brevisstrata</i>		0	0	0	2%
<i>Staurosira construens var. binodis</i>		0	0	0	0,8%
<i>Planothidium frequentissimum</i>		1,6%	2,2%	0	1,2%

<i>Achnanthydium exiguum</i>		2,8%	1,8%	3,2%	2,9%
<i>Achnanthydium eutrophilum</i>		0	0	1,2%	14,5%
<i>Cocconeis pediculus</i>		0,1%	7,5%	0,6%	1,8%
<i>Cocconeis euglypta</i>		0	0	5,6%	4,9%
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>		0,7%	2,6%	0,4%	0
<i>Sellaphora pupula</i>		0,1%	0	0,4%	0
<i>Eolimna subminuscula</i>		14,6%	1,8%	7,2%	0
<i>Eolimna minima</i>		18,2%	0	0	0,8%
<i>Luticola goeppertiana</i>		0,7%	0	0	9,8%
<i>Fallacia subhamulata</i>		0,4%	0	0	0
<i>Hippodonta capitata</i>		0	0	0,4%	0
<i>Mayamaea atomus var. permitis</i>		0,4	0	0	0
<i>Diadesmis confervacea</i>		0	0	25,7%	4,9%
<i>Navicula cryptotenella</i>		0	0	0,8%	0

<i>Navicula recens</i>		0	7,3%	5,6%	3,3%
<i>Navicula veneta</i>		12,4%%	0	0	0
<i>Navicula gregaria</i>		0,4%	0	0	0
<i>Navicula rostellata</i>		0	0	2,8%	2,9%
<i>Navicula lanceolata</i>		8,8%	20,3%	0	0,4%
<i>Amphora ovalis</i>		0	0	0,8%	0,4%
<i>Amphora copulata</i>		0	0	0,8%	0
<i>Amphora veneta</i>		2,8%	0	0	0
<i>Encyonema prostratum</i>		0	0	0,4%	0,4%

<i>Encyonema silesiacum</i>		0	1,8%	0,4%	0
<i>Encyonopsis minuta</i>		0	0	0	1,6%
<i>Gomphosphenia lingulatiformis</i>		0	0	0	1,2%
<i>Gomphonema parvulum</i>		3,2%	4,9%	5,6%	2,9%
<i>Gomphonema parvulum f. saprophilum</i>		0,6%	5,3%	1,6%	0
<i>Gomphonema olivaceum</i>		2,7%	0	1,2%	0
<i>Gomphonema gracile</i>		0	0	0	0,8%
<i>Nitzschia dissipata</i>		0	0	0	0,4%
<i>Nitzschia dissipata var. media</i>		0	0,9%	0	0

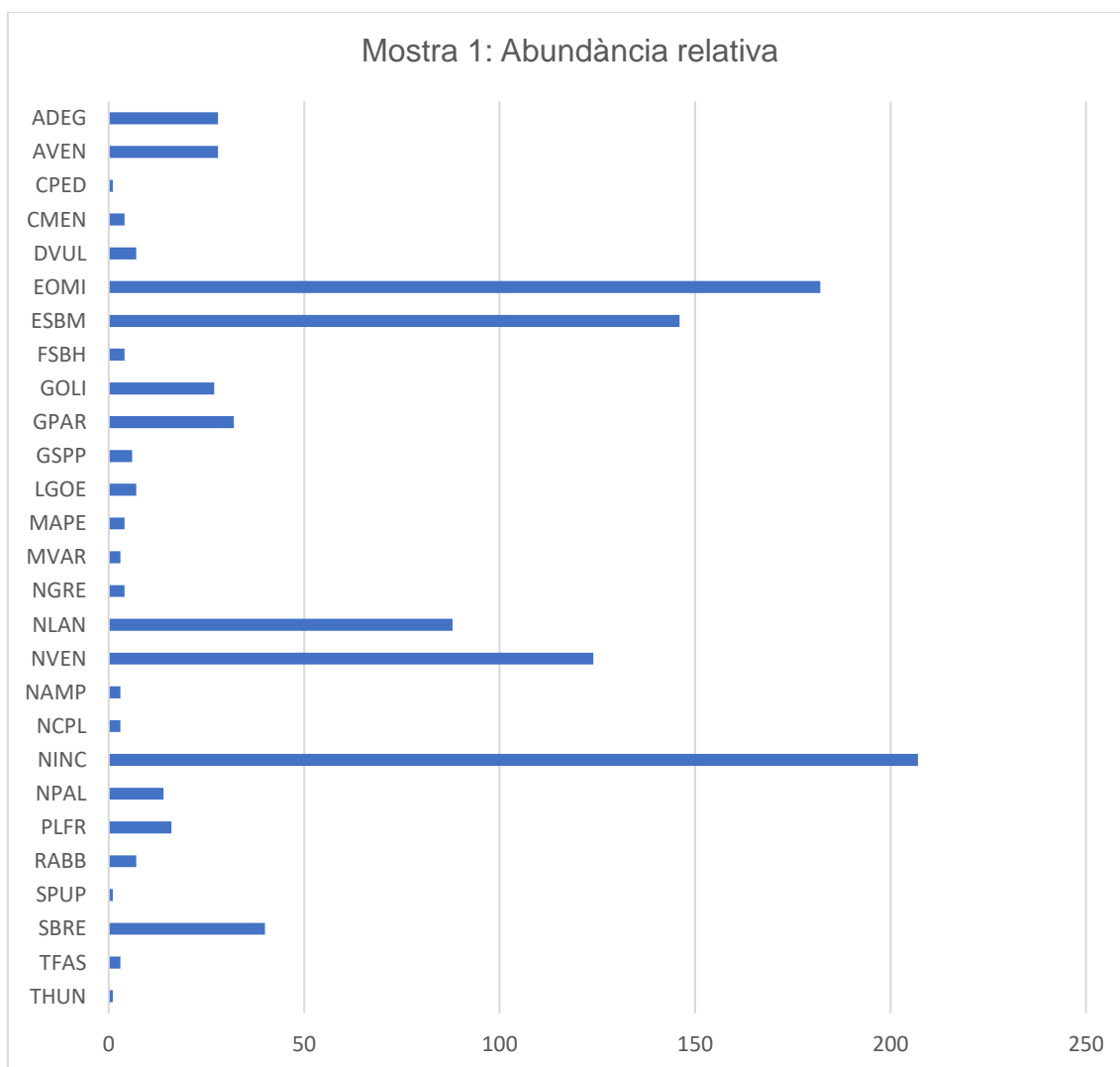
<i>Nitzschia vermicularis</i>		0	0	0	0,4%
<i>Nitzschia filiformis</i>		0	2,6%	3,2%	2,5%
<i>Nitzschia microcephala</i>		0,3%	2,9%	0,8%	0
<i>Nitzschia linearis</i>		0	0,9%	0	0
<i>Nitzschia capitellata</i>		0,3%	0	0	0

<i>Nitzschia palea</i>		1,4%	2,2%	0,8%	0
<i>Nitzschia inconspicua</i>		20,7%	6,8%	18,6%	17,2%
<i>Nitzschia amphibia</i>		0,3%	0,4%	2,8%	0
<i>Tryblionella apiculata</i>		0,5%	0,9%	0	0
<i>Tryblionella hungarica</i>		0,1%	0	0	0
<i>Surirella brebissonii</i>		4%	4,4%	0	0

DESCRIPCIÓ DE LES MOSTRES

Mostra 1:

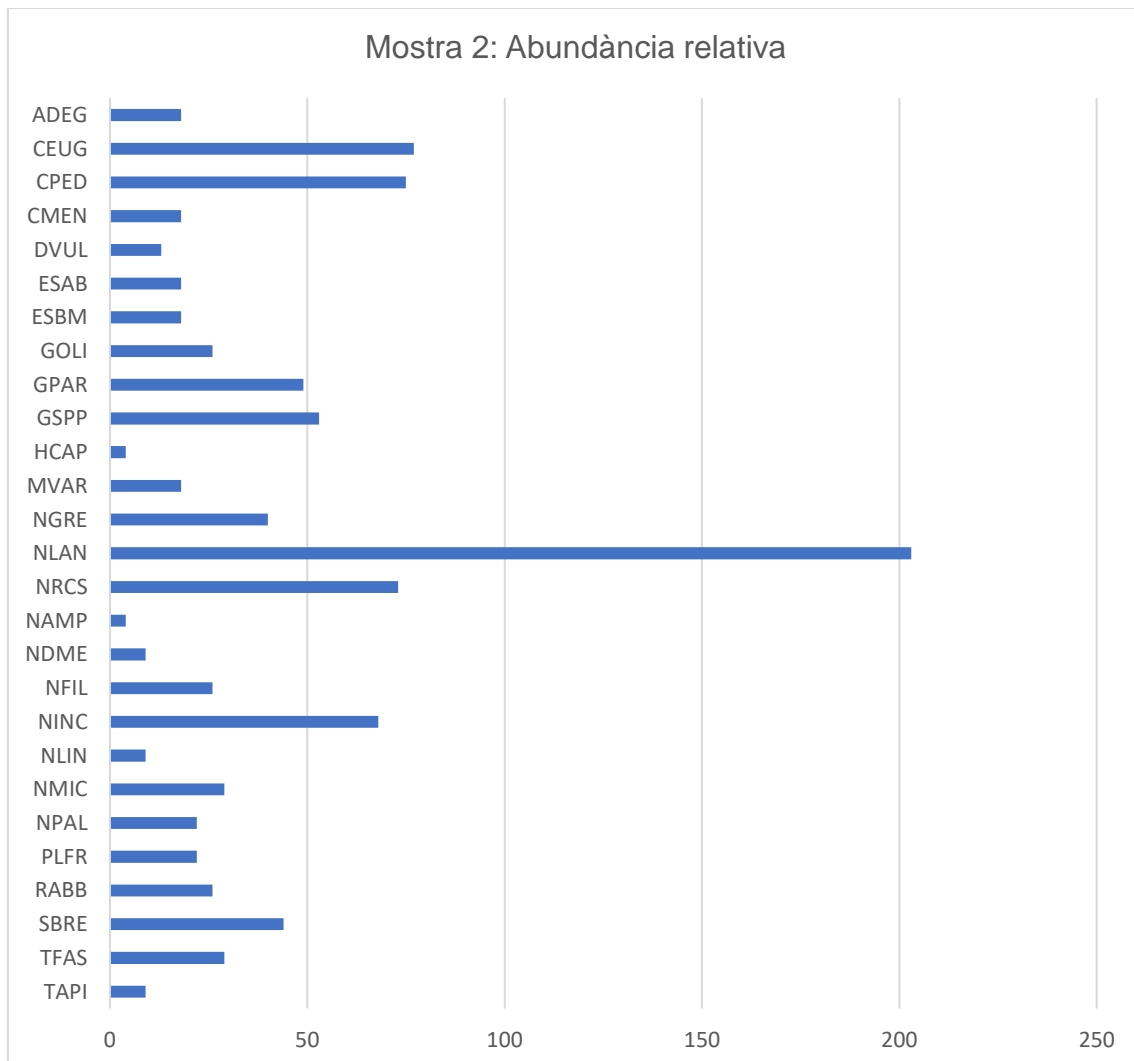
A la mostra 1 s'han identificat 1374 diatomees de 27 espècies diferents. Veiem que les espècies més abundants són *Nitzschia inconspicua* i *Eolimna minima*, seguides de prop per una espècie del mateix gènere, *Eolimna subminuscula*. També són força abundants *Navicula veneta* i *Navicula lanceolata*.



Mostra 2

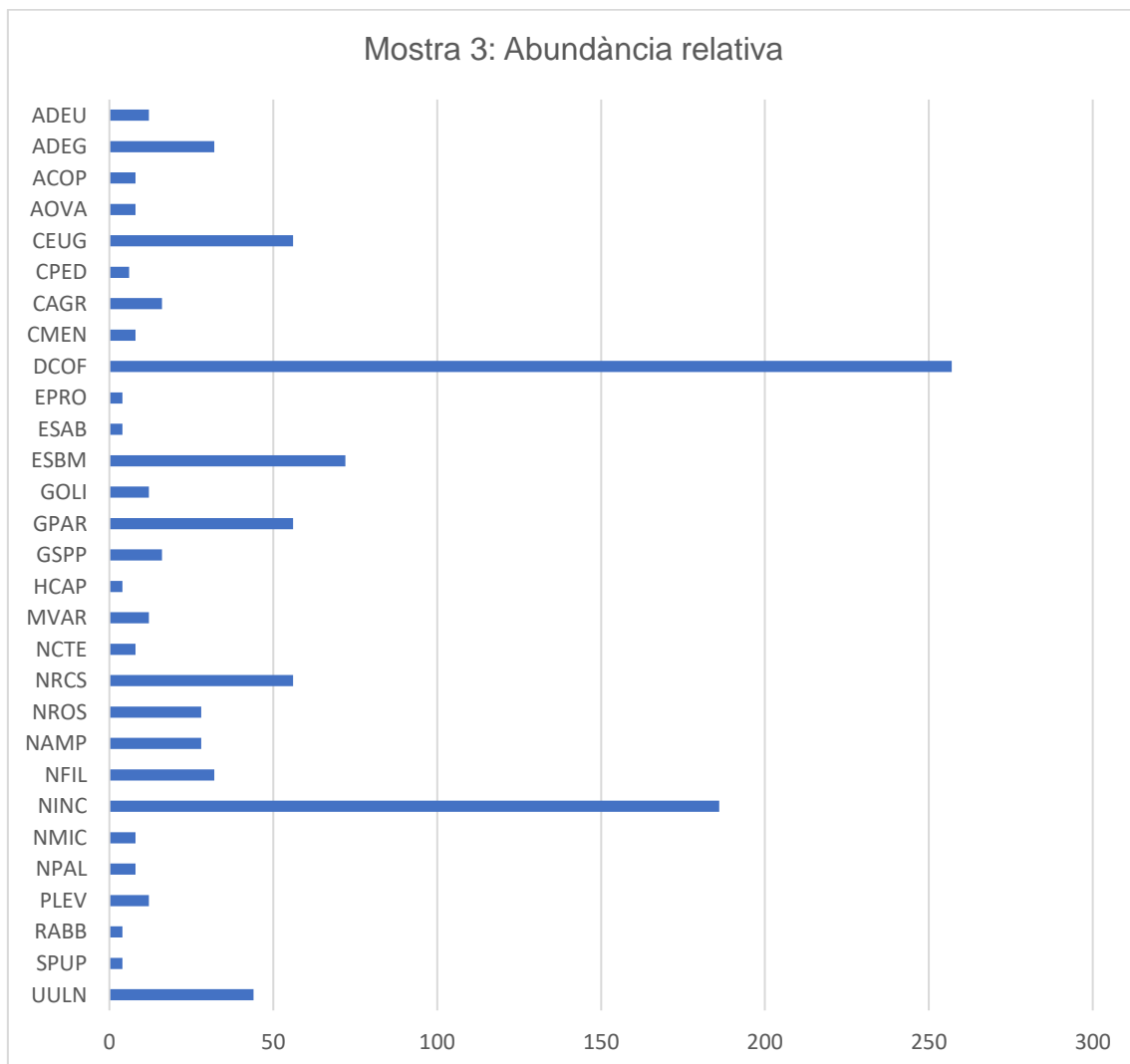
A la mostra 2 també s'han identificat 27 espècies, sobre un total de 453 diatomees.

En aquesta mostra observem una espècie predominant (*Navicula lanceolata*) per damunt d'altres com *Cocconeis euglypta*, *Cocconeis pediculus*, *Navicula recens* o *Nitzschia inconspicua*. També trobem força exemplars del gènere *Gomphonema*, concretament *G. saprophilum* i *G. parvulum*, pròpies d'aigües eutròfiques.



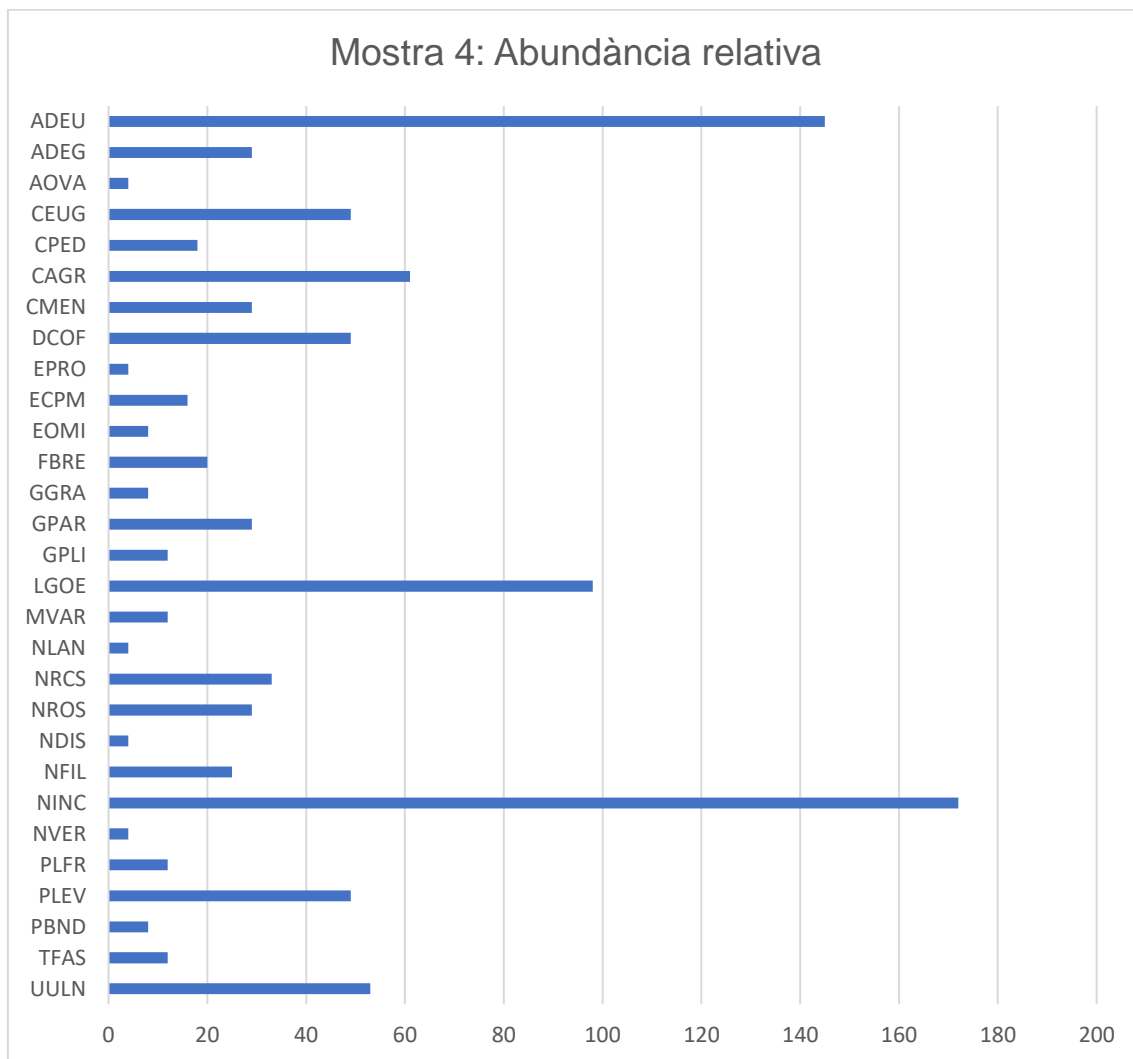
Mostra 3

A la mostra 3 s'han identificat un total de 29 espècies de diatomees a partir de 501 individus. En aquest cas hi ha 2 espècies predominants: *Diadesmis confervacea* i *Nitzschia inconspicua*. Molt per sota d'aquestes es troben espècies com *Eolimna subminuscula*, *Cocconeis euglypta*, *Navicula recens* o *Gomphonema parvulum*.

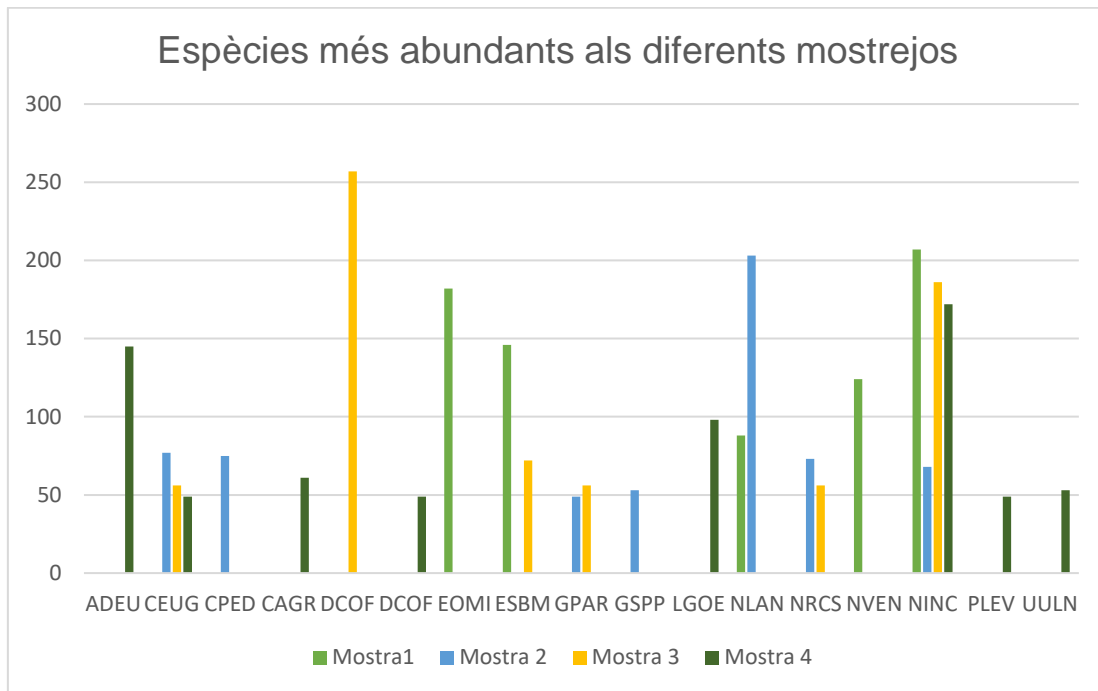


Mostra 4

A la mostra 4 hem analitzat 488 diatomees i hem identificat 29 espècies. L'espècie més abundant en aquest tram del riu és *Nitzschia inconspicua*, seguida de *Achnanthydium eutrophilum* i *Luticola goeppertiana*. A continuació trobem, per ordre d'abundància, espècies com *Cyclotella atomus var. gracilis*, *Ulnaria ulna*, *Cocconeis euglypta*, *Diadesmias confervacea* i *Pleurosira laevis*.



Comparativa dels mostrejos:



Si comparem les espècies més abundants de les quatre mostres observem que l'espècie *Nitzschia inconspicua* apareix en totes les mostres, essent molt abundant en 3 d'elles (mostres 1, 3 i 4).

Gomphonema parvulum també apareix a totes les mostres, essent relativament abundant a les mostres 2 i 3.

La diatomea *Cocconeis euglypta* apareix en 3 de les mostres però amb una abundància relativa per sota al 100 per mil. *C. Euglypta* no es va trobar en la mostra 1.

Altres espècies abundants que apareixen en més d'una mostra són *Eolimna subminuscula* (mostres 1 i 3), *Navicula lanceolata* (mostres 1, 2 i 4) i *Navicula recens* (mostres 2, 3 i 4).

Espècies minoritàries que apareixen a totes les mostres són: *Melosira varians*, *Achnantheidium exiguum* i *Cocconeis pediculus*.

Les espècies *Cyclotella meneghiniana*, *Tabularia fasciculata*, *Planothidium frequentissimum*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Eolimna subminuscula*, *Gomphonema saprophyllum*, i moltes espècies del gènere *Nitzschia* com *N. filiformis*, *N. microcephala*, *N. palea* i *N. amphibia* apareixen almenys en 3 de les mostres, encara que normalment en proporcions molt petites.

Algunes espècies com *Tryblionella hungarica* poden considerar-se rares, ja que només apareix 2 cops a la mostra 1 (abundància inferior a 1 per mil).

3.2.4 Resultats. Avaluació de la qualitat ecològica

Part 4: Interpretació

La interpretació és la última fase de tot el procés per avaluar la qualitat ecològica d'un tram del riu. Consisteix en determinar el nivell de qualitat utilitzant un índex.

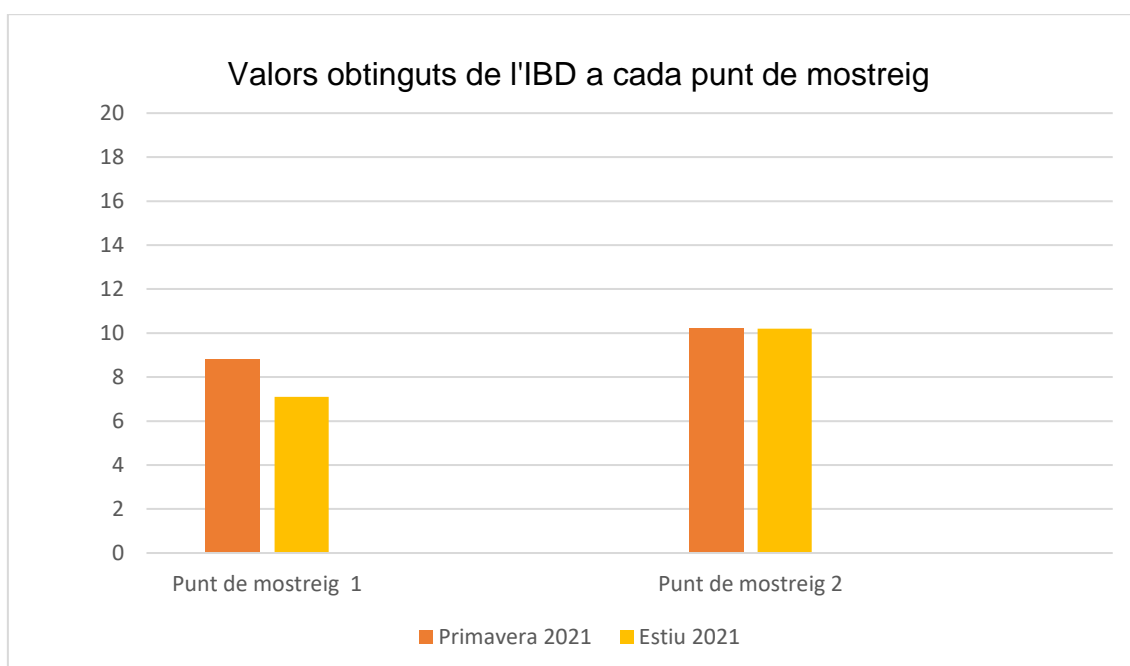
En el meu cas he pogut determinar el nivell de qualitat ecològica del riu Llobregat pel seu pas per Cornellà de Llobregat mitjançant un Excel que amb l'abundància de cada espècie identificada calcula l'IBD i aquests han sigut els valors obtinguts de cada mostreig:

Taula 3: Valors de l'IBD de cada mostreig

	Valors de l'índex IBD
Mostreig 1	8,8
Mostreig 2	10,2
Mostreig 3	7,1
Mostreig 4	10,2

Taula 4: Comparació dels valors obtinguts a l'hivern i a l'estiu

	Hivern 2021	Estiu 2021
Punt de mostreig 1	8,8	7,1
Punt de mostreig 2	10,2	10,2



3.2.5 Discussió dels resultats

El gràfic mostra que la qualitat del riu Llobregat en el seu tram final és diferent en un punt de mostreig abans de la sortida d'aigua provinent de la depuradora del Prat i després. L'estació de l'any en la qual es prenen les mostres també influeix en la qualitat del riu.

El valor màxim de l'IBD és 20. El primer mostreig té un valor de 8,8, el segon mostreig de 10,2, el tercer mostreig de 7,1 i el quart mostreig de 10,2. Els valors obtinguts dels mostrejors 1 i 3 estan compresos a l'interval de qualitat deficient, que correspon al color taronja fosc. En canvi, els valors obtinguts dels mostrejors 2 i 4 estan compresos a l'interval de qualitat mediocre, és dir, millor qualitat que la deficient i correspon al color taronja clar o groc.

La qualitat de l'aigua és superior als mostrejors 2 i 4 perquè les mostres són preses després de l'abocament d'aigua de la depuradora i, d'altra banda, la qualitat de l'aigua és inferior als mostrejors 1 i 3 perquè les mostres són preses abans del punt de sortida d'aigua de la depuradora i, per tant, l'aigua no està tractada.

La tardor i l'hivern no són els millors moments per mostrejar perquè són estacions en les que predominen les pluges. Durant el primer mes d'unaavinguda o d'un període en què la llera del riu hagi quedat seca no s'haurien de prendre mostres

perquè l'àrea de mostreig hauria sofert canvis. En el cas d'una avinguda, en agafar les mostres podríem estar agafant un substrat arrossegat des d'altres punts del riu i els resultats no serien representatius de la realitat perquè no mostrarien com és la qualitat d'aquell tram del riu.

La qualitat del riu empitjora en el punt de mostreig 1 a l'estiu perquè és un moment en que el cabal del riu és molt baix.

El fet que el valor de qualitat de l'aigua obtingut en el punt de mostreig 2 sigui el mateix a l'hivern que a l'estiu es pot explicar per la presència de la sortida d'aigua de la depuradora del Prat. Com el punt de recollida de mostres és després de la sortida d'aigües de la depuradora del Prat, un gran percentatge de l'aigua del riu que passa pel segon punt de mostreig ha sigut tractada a la depuradora. Quan s'aboca al riu, amb l'objectiu de mantenir un cabal ecològic al tram final, té la mateixa qualitat a les diferents estacions perquè el tractament de l'aigua és igual a l'hivern que a l'estiu. Això provoca que la qualitat de l'aigua sigui igual a l'hivern que a l'estiu. Dit d'una altra manera, encara que les diatomees siguin diferents als mostresjos 2 i 4, les que més abunden tenen una nota de qualitat superior que les espècies més abundants dels mostresjos 1 i 3.

4. CONCLUSIONS

Per finalitzar, podem concloure que les diatomees són grans bioindicadors de l'estat ecològic d'ecosistemes fluvials.

La primera hipòtesi del treball s'ha verificat ja que la qualitat de l'aigua del riu és pitjor al primer tram que al segon. Per tant, el canal de sortida d'aigua de la depuradora del Prat sí que afecta la qualitat de l'aigua. La depuradora millora la qualitat ja que l'aigua passa per un tractament i conseqüentment està menys contaminada.

La segona hipòtesi del treball també s'ha verificat. Els resultats de la qualitat de l'aigua del primer punt de mostreig han variat en funció de l'estació en la qual vaig prendre les mostres. En canvi, la qualitat del segon punt de mostreig el valor de qualitat no es veu afectat pel canvi d'estació per l'aigua de la depuradora.

Podem afirmar que a finals d'hivern la qualitat de l'aigua té un índex superior que a l'estiu, el que vol dir que té una millor qualitat.

Experimentalment, observem que la comunitat de diatomees canvia durant l'any en funció de l'estacionalitat de les diferents espècies. Per tal d'obtenir una visió completa d'aquestes comunitats com a indicadores de qualitat, és recomanable visitar un mateix punt de mostreig en diferents estacions.

La majoria de les espècies de diatomees observades no són les mateixes a l'hivern que a l'estiu, encara que algunes sí que es troben als diferents mostrejors. Per exemple, moltes espècies han sigut trobades exclusivament a un mostreig, com en el cas de l'espècie *Navicula veneta* a la mostra 1, *Nitzschia linearis* a la mostra 2, *Hippodonta capitata* a la mostra 3 i *Staurosira construens var. binodis* a la mostra 4. També cal destacar que les espècies *Melosira varians*, *Achnanthydium exiguum*, *Cocconeis pediculus*, *Gomphonema parvulum* i *Nitzschia inconspicua* són presents a les quatre mostres. En canvi, l'espècie *Surirella brebissonii* només hi és present a les dues mostres preses a l'hivern: a mostra 1 i mostra 2.

Per tant, com a conclusió final queda demostrada la importància d'aportar aigua tractada per millorar la qualitat de l'aigua del riu Llobregat en el curs més baix. A partir de Cornellà, el riu transcorre durant uns kilòmetres fins arribar al mar. En

aquest últim recorregut forma el Delta del Llobregat, en el que hi ha diferents llacunes amb gran varietat d'ocells que hi viuen durant tot l'any o que aprofiten aquest ecosistema per descansar durant les migracions. Per aquest motiu, és important vetllar per la qualitat de l'aigua que possibilita la vida en elles.

Hi ha altres conclusions respecte el mètode de recollida o tractament de les mostres que poden facilitar a nivell pràctic la utilització de les diatomees com bioindicadors. Per exemple:

Sempre serà millor realitzar més d'un mostreig ja que convé recollir mostres en moments hidrològics diferents.

No és recomanable agafar mostres a la tardor o a principis d'hivern, especialment després d'una avinguda o, al contrari, quan la llera és seca.

Les diatomees són molt difícils d'identificar per la seva morfologia. El millor és observar-les a un microscopi amb contrast de fase.

De les dues metodologies per netejar les diatomees el mètode 2 ha sigut el que m'ha aportat resultats més satisfactoris ja que els frústuls nets de les diatomees van quedar millor i, per tant, va ser beneficiós per la posterior observació al microscopi.

Una centrifugadora no és essencial per realitzar la neteja dels frústuls però sí agilitza el procés de sedimentació.

He pogut observar durant els mostreigs que el tram final del riu acaba molt contaminat i s'hi troben moltíssimes tovallolletes, gots de plàstic, bosses...

Al treball de camp és important omplir els fulls de camp de cada localitat perquè en un mateix document queda registrada informació essencial. Tant documentar-ho tot i apuntar les observacions importants com prendre fotos per recordar les condicions del riu el dia del mostreig. Al treball de camp també va ser essencial portar l'equipament idoni resistent a l'aigua i recobrir les etiquetes dels pots amb les mostres amb cinta adhesiva per evitar que es mullin o s'esborrin pel contacte amb aigua o l'etanol de les mostres.

5. BIBLIOGRAFIA

Agència Catalana de l'Aigua. *Anàlisi de la viabilitat i proposta d'indicadors fitobentònics de la qualitat de l'aigua per a cursos fluvials de Catalunya. Aplicació de la Directiva Marc en Política d'Aigües de la Unió Europea (2000/60/CE)*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient, 2003.

Agència Catalana de l'Aigua. *Protocol d'avaluació de la qualitat biològica dels rius*. [en línia] Abril 2006.

http://aca.gencat.cat/web/.content/20_Aigua/05_seguiment_i_control/01_protocols/03_Protocol_rius.pdf

Agència de Residus de Catalunya. *Guia dels tractaments de les dejeccions ramaderes*. [en línia] Desembre 2004.

<http://www.arc.cat/ca/altres/purins/guia/pdf/fitxa5.pdf>

Aigües de Barcelona. *EDAR del Baix Llobregat*. [en línia]

https://www.aiguesdebarcelona.cat/documents/42802/0/triptic_EDAR_Baix_Llobregat_32.pdf/152ecfb9-2749-92fb-18eb-99370c0e1501?t=1559311788188

Ajuntament del Prat de Llobregat. *El cranc blau americà, nou habitant dels espais naturals del Prat*. [en línia] 2018.

<https://www.elprat.cat/actualitat/noticies/el-cranc-blau-america-nou-habitant-dels-espais-naturals-del-prat>

Àrea Metropolitana de Barcelona. *EDAR del Prat de Llobregat*. [en línia]

https://www.amb.cat/ca/web/ecologia/aigua/instalacions-i-equipaments/detall/-/equipament/edar-del-prat-de-llobregat/276285/11818? EquipamentSearchListPortlet WAR_AMBSearchPortletportlet pageNum=1& EquipamentSearchListPortlet WAR_AMBSearchPortletportlet format=map& EquipamentSearchListPortlet WAR_AMBSearchPortletportlet subambit=medi ambient.aigua depuradora& EquipamentSearchListPortlet WAR_AMBSearchPortletportlet detailBackURL=%2Fca%2Fweb%2Fecologia%2Faigua%2Finstalacions-i-

[equipaments%2Fllistat& EquipamentSearchListPortlet WAR AMBSearchPortletportlet type=medi ambient.aigua depuradora](#)

Betevé. *La depuradora del Prat, una de les més grans d'Europa*. [en línia] 18/5/2019

<https://beteve.cat/medi-ambient/depuracio-aigua-residual-barcelona/>

Blanco, Saúl, et al. *Evaluación de la calidad del agua en los ríos de la Cuenca del Duero mediante índices diatomológicos*. [en línia] 2007.

https://hispagua.cedex.es/sites/default/files/hispagua_articulo/Ingcivil/2007_148_139.pdf

Blanco, Saúl, et al. *Guía de las diatomeas de la Cuenca del Duero*. 1a ed. Valladolid: Confederación Hidrográfica del Duero, 2010.

Cambra, Jaume, et al. *Manual dels hàbitats de Catalunya. Volum III. 2 Aigües continentals*. 1a ed. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge, 2008.

Canizal, Ariel. *Catálogo ilustrado de diatomeas dulceacuículas mexicanas*. [en línia] 2009.

<http://repositorio.fcienencias.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/11154/139763/PDFunificado.pdf?sequence=1>

Fundación Aquae. *El plàncton que alimenta al mundo*. [en línia]

https://www.fundacionaquae.org/wiki-explora/39_plancton/index.html

Generalitat de Catalunya. Medi Ambient i Sostenibilitat. *Cranc blau*. [en línia] 2019.

http://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/especies_exotiques_invasores/llista-especies/no-catalogades/crustacis/cranc-blau/

Generalitat de Catalunya. Medi Ambient i Sostenibilitat. *Riu Llobregat*. [en línia] 2015.

http://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/senp_catalunya/espais_sistema/barcelona/riu-llobregat/

Hispagua Sistema Español de Información sobre el Agua. *El Llobregat, el primer río de agua reutilizada*. [en línia] 26/10/2006.

<https://hispagua.cedex.es/documentacion/noticia/46258>

Hürlimann, Joachim, et al. *Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau: diatomées – niveau R (régional)*. Berna: Office fédéral de l'environnement, 2007.

Llimona, Xavier, et al. *Història Natural dels Països Catalans. Volum IV. Plantes inferiors*. 1a ed. Barcelona: Fundació Enciclopèdia Catalana, 1985.

NASA. *Earth's Oceans show decline in microscopic plant life*. 23/9/2015

<https://youtu.be/eM5lX9RQzZ4>

Ortíz Lerín, Roser. *Diatomees de la conca de l'Ebre: Biodiversitat i estat ecològic de l'aigua*. Tesi doctoral, 2011.

Plankton Chronicles. *Diatomeas. Vivir en el cuarzo*. [en línia]

<http://planktonchronicles.org/es/episode/diatomeas-vivir-en-el-cuarzo/>

Prat i Fornells, Narcís, et al. *Manual d'utilització de l'Índex d'Hàbitat Fluvial (IHF)*. 1a ed. Barcelona: Diputació de Barcelona, 2009.

Prygiel, Jean, et al. *Guide méthodologique pour la mise en oeuvre de l'indice Biologique Diatomées (IBD)*. Agence de l'Eau Artois-Picardie, 1999.

Zepeda Gómez. Carmen. Bacillariophyta. Diatomeas. [en línia] 2019

http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/108074/secme-12956_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

