



Institut
XXV Olimpíada



Consorci d'Educació
de Barcelona
Generalitat de Catalunya
Ajuntament de Barcelona

TREBALL DE RECERCA

PROJECTE MESOCOSMOS:

**Estudi de l'efecte
de la salinitat
en el medi fluvial
de Cardona**

Nom i cognoms: Hanna Lotoshynska

Curs: 2n Batxillerat

Modalitat: Científic

Tutoritzat per: Carolina Martínez

Departament / Seminari: Física i Química

Curs inici TR: 2012

Curs lliurament TR: 2013



AGRAÏMENTS

*M'agradaria agrair, primer de tot, a la meva tutora
Carolina Martínez, per tota la feina i temps que ha dedicat
per a ajudar-me a la realització del treball.*

*Vull donar les gràcies també al Parc Científic de Barcelona
i al grup Freshwater Ecology and Management
per a donar-me l'oportunitat de participar en la
Recerca a Secundària i en el projecte del Mesocosmos.*

*I per últim, vull agrair a en Miguel Cañedo, per estar
en els moments “crítics” de la realització del TR, i sempre
estar disposat a donar un cop de mà.*

ÍNDEX

1. Introducció.....	4
1.1 Introducció metodològica.....	4
1.2 Ecosistemes fluvials.....	5
1.3 Xarxa tròfica fluvial.....	6
1.4 Algues: Fitobentos.....	9
1.5 Salinitat als rius.....	10
1.6 Osmosi.....	15
1.6.1 Efecte de l'osmosi en la cadena tròfica.....	16
1.7 Hipòtesis.....	17
2. Descripció del riu.....	20
3. Metodologia.....	22
3.1. Projecte Mesocosmos Sostaqua.....	22
3.2. Espectrofotometria.....	24
3.3. Blancs.....	25
3.4. Presa de mostra.....	25
3.5. Mètodes d'anàlisi.....	27
3.5.1. Anàlisi de la clorofil·la.....	27
3.5.2. Anàlisi de la cladophora.....	31
4. Anàlisi de resultats i argumentació.....	33
4.1. Anàlisi quantitatiu de la clorofil·la.....	33
4.2. Anàlisi quantitatiu de la cladophora.....	37
4.3. Argumentació de resultats.....	40
5. Conclusions	42
6. Bibliografia i webgrafia.....	43
7. Acrònims.....	46

1. INTRODUCCIÓ

1.1. INTRODUCCIÓ METODOLÒGICA

En un principi, el tema d'estudi del meu Treball de Recerca era una mica diferent del que finalment he realitzat. La meua idea inicial era estudiar els nivells de pH d'un tram del riu Dnièper, situat a Ucraïna, el meu país natal. Però cap al mes de juny, la Carolina, la meua tutora del TR, va proposar-me que m'inscrivís a la convocatòria del Projecte de Recerca a Secundària que feia el Parc Científic de Barcelona. Finalment, vaig entrar dins aquest projecte i, des d'aquell moment va canviar el rumb de la meua recerca.

A principis d'estiu, la meua tutora i jo vam tenir la primera reunió amb el que seria el cotutor del meu treball, en Miguel Cañedo. Ell ens va explicar que el meu interès per mesurar el pH de les aigües del Dnièper era una bona idea, però a l'ésser un riu tan gran, els contaminants que s'aboquen no influïrien gaire en el valor del pH, per tant, per fer un estudi científicament rigorós, hauria de captar moltes mostres en diferents trams del riu, la qual cosa se'ns escapava de les nostres possibilitats.

Conseqüentment, en Miguel ens va proposar un altre tema de recerca: el de l'efecte de la salinitat sobre un medi fluvial (en el nostre cas, la zona al voltant del riu Cardener).

Per dur a terme el meu treball, en Miguel va portar 11 mostres d'algues i 12 mostres d'algues cladophoras, amb les que posteriorment faria la part experimental. Aquestes mostres provenien d'un mesocosmos, és a dir, un sistema d'estudi que està format per un sistema de canals de flux obert a on es desvia aigua directament del riu Cardener i, on es poden controlar les diferents variables (presència o no de depredadors) per tal de veure quina variable té més impacte sobre l'ecosistema fluvial.

Endinsant-me en bibliografia i en estudis previs sobre els ecosistemes fluvials vaig proposar unes hipòtesis que pretenia comprovar. Així, a l'octubre, vaig fer la part pràctica del meu treball, on extrèiem la clorofil·la de les mostres d'algues i obteníem el percentatge de biomassa que hi havia a les mostres de cladophora, per tal de saber si la presència de sal o depredadors afectava al desenvolupament i/o quantitat de les algues.

A l'igual que els rius tenen afluents, la meua línia d'investigació s'ha desviat del corrent d'investigació de partida, la recerca del Dnièper ha desembocat a l'estudi del Cardener.

Malgrat això, he tingut l'oportunitat de desenvolupar i estudiar un tema que a mi sempre m'ha despertat interès: la contaminació dels rius i l'impacte que provoca les activitats industrials en els mateixos.

1.2. ECOSISTEMES FLUVIALS

Els rius són ecosistemes únics i excepcionals per la seva diversitat i per la importància i magnitud de les funcions ecosistèmiques que en ells succeeixen. Per una banda proveeixen aigua per a diverses necessitats humanes com l'agricultura, ramaderia, indústria, i ús domèstic. Per un altre costat, compleixen funcions globals importants com l'autopurificació de l'aigua, control d'inundacions i sequeres, regulació dels fluxos de sediment, nutrients i salinitat d'estuaris i manteniment de l'hàbitat per a peixos, aus i altres forma de vida silvestre. Malgrat la seva gran importància, molts rius del món es troben molt deteriorats, degut a l'extracció excessiva de l'aigua del seu cabal, o de les escombraries i altres contaminants generats en les ciutats, pobles, camps agrícoles o indústries de l'entorn (Franco. N, 2012).

La quantitat i qualitat de l'aigua a disposició de l'ésser humà ha marcat no solament el seu benestar individual, sinó que ha influït en el desenvolupament i declivi de civilitzacions.

1.3. XARXA TRÒFICA FLUVIAL

Una xarxa tròfica és una manera de representar com passa la matèria i l'energia entre els individus de diferents espècies que es troben en un ecosistema. Les cadenes sempre comencen amb els productors que passen la seva matèria i energia als consumidors primaris i aquests se la passen als consumidors secundaris.

En els ecosistemes es difícil trobar consumidors que s'alimentin d'una única espècie, ja que el normal es que la seva dieta sigui més o menys variada. En una xarxa tròfica s'expressen totes les cadenes tròfiques d'un ecosistema. Les xarxes tròfiques representen la complexitat de les relacions alimentàries que es donen en un ecosistema (Xarxa Telemàtica de Catalunya).

Si es coneix la xarxa tròfica d'un ecosistema fluvial, se'ns dona la possibilitat d'integrar la matèria orgànica i la cadena de nutrients amb les interaccions dins la comunitat aquàtica.

En aquests ecosistemes, pràcticament tots els organismes són omnívors, ja que tant el material vegetal com el biofilm¹ estan colonitzats per bacteris, fongs i petits invertebrats, que són ingerits en conjunt. Per això, en el cas dels invertebrats, una forma de conèixer l'estructura tròfica és classificant els organismes en funció d'estratègies tròfiques més generals (brostejadors, recol·lectors, filtradors, trituradors i depredadors). És a dir, la proporció en abundància o biomassa ajuda a conèixer l'estructura de la comunitat en funció dels recursos disponibles (Muñoz et al., 2009).

Els rius són ecosistemes de gran biodiversitat. S'hi poden trobar una gran quantitat de plantes i d'animals de molts grups taxonòmics², des de formes microscòpiques, passant per invertebrats, fins a peixos o mamífers de grandària considerable. La presència de més o menys espècies en un riu depèn de molts factors. Alguns són característics de l'aigua, com ara la temperatura, la quantitat d'oxigen o els nutrients que hi ha a disposició de les plantes; i d'altres els determinen les característiques morfològiques i hidrodinàmiques del riu, com ara la fondària, la velocitat del corrent o la presència de pedres, sorres o graves.

També hi influeix la disponibilitat d'aliment o la presència d'altres espècies (que poden ser depredadores o competidores per l'espai i els recursos).

¹ **Biofilm.** Comunitat natural de microorganismes que creixen adherits a una superfície inerta o a un organisme viu, recobrint-lo.

² **Taxonòmic.** Taxonomia. Part de la història natural que tracta de la classificació dels animals i de les plantes.

Tota la xarxa tròfica del riu depèn de dues entrades principals d'energia.

1. D'una banda la llum solar, que és l'origen del creixement dels vegetals (productors primaris) com ara les algues que creixen a les pedres (biofilm o perifiton), les molles o les plantes arrelades (macròfits). El creixement més o menys gran d'aquesta massa vegetal depèn sobretot dels nutrients que hi hagi dissolts a l'aigua, i aquests, als rius, provenen sobretot de l'aigua que ve de més amunt. Gràcies al creixement vegetal, hi ha molts animals als rius; alguns graten les algues de les pedres i plantes (brostejadors), d'altres mengen les plantes directament trencant-les (tritradors) o xuclant-ne els líquids interns (xucladors). Tots aquests animals poden ser menjats per altres animals (depredadors), com les sangoneres.
2. D'altra banda, al riu hi ha una entrada molt important d'aliment per als animals, que de vegades és la més abundosa (pensem, per exemple, en un riu de muntanya totalment recobert de verns³): les fulles que cauen dels arbres. Les fulles caigudes a l'aigua, en humitejar-se, deixen anar molts materials dissolts (lixiviació) que podem servir de nutrients per a bacteris, fongs i algues (matèria orgànica dissolta, MOD). També són trencades a trossos pel corrent (fragmentació), i aquests petits bocins (coneguts com a matèria orgànica particulada fina, MOPF), quan són arrossegats aigua avall, poden ser recollits per diferents organismes (filtradors) que paren les seves xarxes a les zones de corrent. En caure al riu, les fulles poden dipositar-se en llocs sense corrent o acumular-se quan una branca queda travessada al mig del corrent. En aquesta situació, són colonitzades per fongs i bacteris, i d'aquesta manera queden "condicionades" (se'n diu material particulat groller, MOPG) i resulten molt nutritives per a molts animals que se les mengen trencant-les en bocins (tritradors) (Prat et al., 2008).

³ **Vern.** Arbre caducifoli de la família de les betulàcies.

Els humans podem pertorbar de manera molt important tota aquesta xarxa.

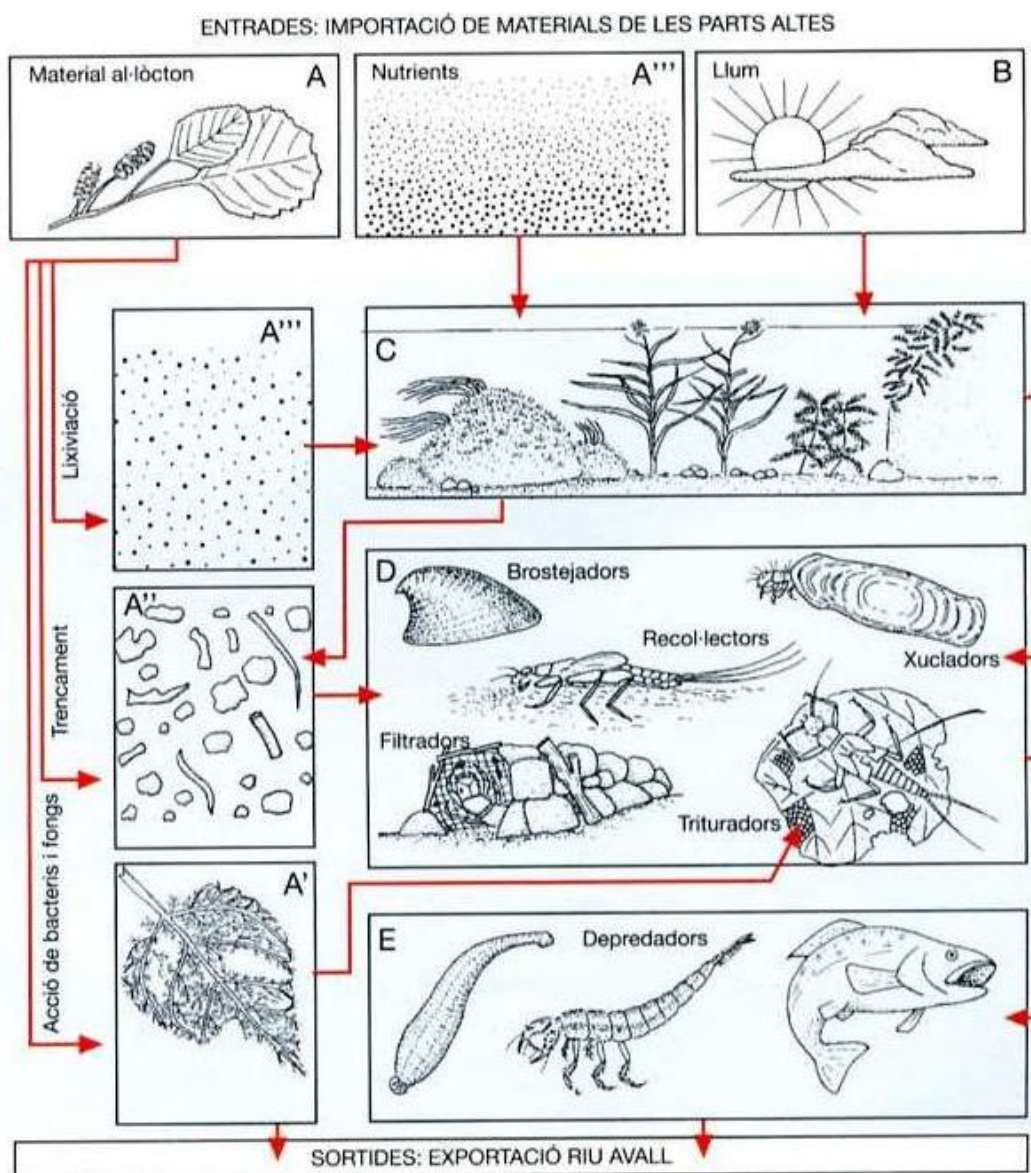
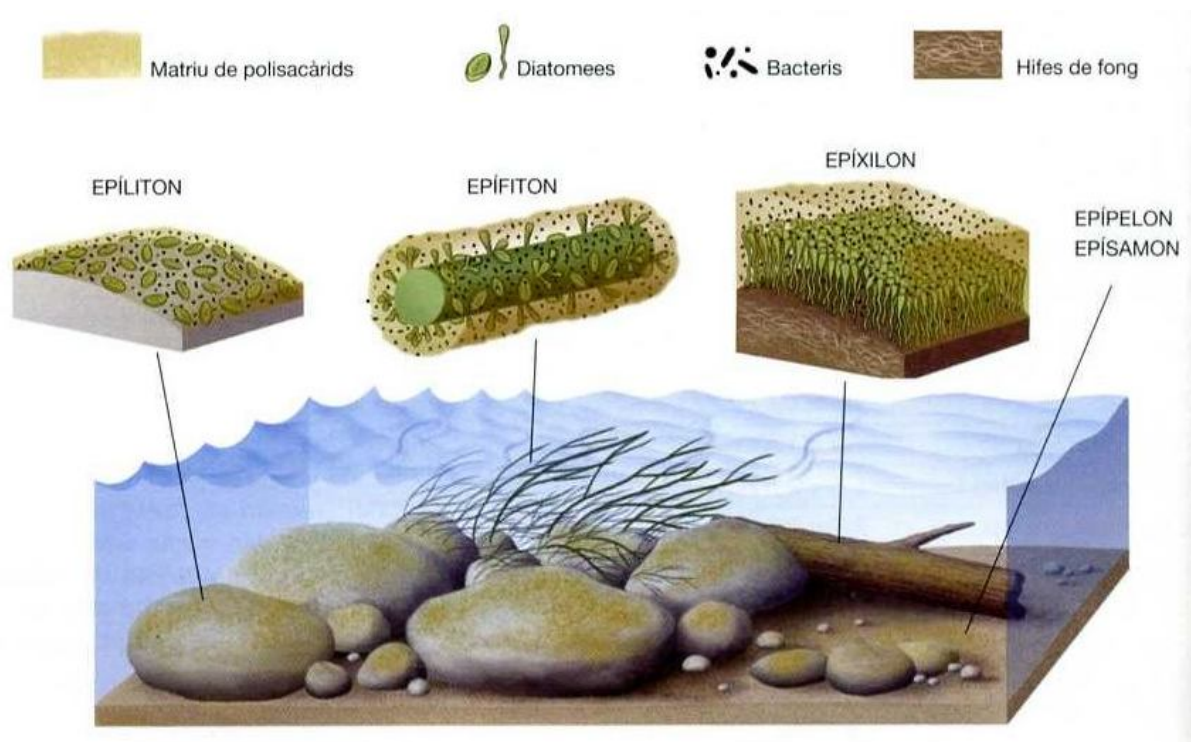


Figura 1: Xarxa tròfica fluvial

Font: Prat i Fornells, 2008

1.4. ALGUES: FITOBENTOS

El fitobentos està format pels vegetals que viuen associats a qualsevol substrat sòlid dels ecosistemes fluvials. Formen part important del biofilm, que recobreix les pedres, plantes i altres objectes submergits. Es tracta d'una comunitat complexa formada per microalgues, fongs, bacteris i protozous immersos en una matriu mucilaginosa⁴ que han segregat els mateixos organismes. Habitualment només les algues s'utilitzen com a bioindicadors.



Secció transversal d'un tram de riu en el què es mostren diferents tipus de substrat i el biofilm que s'hi desenvolupa al damunt. EPÍLITON (pedres); EPÍFITON (macròfits); EPÍXILON (fusta); EPÍPELON (fang) i EPÍSAMON (sorra). Per als tres primers, es mostra un esquema de l'estructura i els elements que conformen la comunitat del biofilm. El gruix del biofilm és funció del corrent de l'aigua (més gruixut a velocitats baixes). Disseny original dels autors inspirat en fonts diverses. *Il·lustració: Aleix Pons*

Figura 2: Seccions d'un tram de riu

Font: Prat i Fornells et al., 2008

⁴ **Mucílag.** Substància vegetal viscosa, coagulable en alcohol.

Entre els organismes fotosintètics que viuen associats als substrats submergits, podem distingir dos grans grups: microalgues i macroalgues. Les microalgues són les plantes no visibles sense el microscopi, a diferència de les macroalgues, que són visibles a ull nu. D'altra banda, el terme perífiton descriu la comunitat microbiòtica que viu sobre substrats submergits de diversa naturalesa com són fulles, pedres, altra vegetació aquàtica, etc. L'epíliton, epífiton i epípelon són els noms que reben les comunitats de biofilm segons el substrat que colonitzen: pedres, vegetació aquàtica i sediment, respectivament. Són organismes autòtrofs (productors primaris).

Les microalgues es general es consideren útils en la DMA (diagnosi mediambiental) per detectar i seguir l'evolució d'episodis d'eutrofització, augments en la matèria orgànica de l'aigua o en la salinitat, i en casos d'acidificació. Hi ha nombroses mètriques estandaritzades que tenen les diatomees⁵ com a element central. La majoria d'aquestes es basen en relacions entre l'abundància relativa i el grau de tolerància d'un grup d'espècies (Prat et al., 2008).

Això és degut a que les algues en general tenen un grau de tolerància elevat a les modificacions que tenen lloc en el medi aquàtic, encara que segons l'espècie d'alga, tenen una resposta diferent a les variacions del medi.

Les algues diatomees han estat els grups majoritàriament utilitzats per la seva facilitat d'identificació, la seva ubiqüitat, per ser sedentàries i per tant altament sensibles a contaminacions eventuais o esporàdiques, a la diversitat d'amplitud dels seus cicles de vida, i per mostrar diferents graus de tolerància a la contaminació orgànica i altres tipus d'alteracions del medi (Suárez et al., 2005).

1.5. SALINITAT ALS RIUS

La salinitat es refereix a la concentració total d'ions inorgànics dissolts en aigua i sòl (Williams et al., 1994) i a més a més és un component de les aigües naturals.

⁵ **Diatomees.** Classe molt nombrosa d'algues de la divisió dels crisòfits, presents en tota mena d'ambients aquàtics o humits, que es distingeixen fàcilment per la presència de frústul .

Les sals no són un problema per als organismes marins sempre que la salinitat no variï gaire al voltant del 35‰, però a les aigües dolces representen un problema molt important per a organismes adaptats a viure amb poques sals al medi (<1‰). Tot i que hi ha moltes adaptacions i que hi ha organismes capaços de tolerar grans extrems o grans variacions de la salinitat (la vida s'ha adaptat a gairebé tot), però la majoria de les espècies d'aigua dolça toleren malament la sal.

Les aigües superficials poden ser classificades d'acord amb el seu contingut de sal tal com segueix (Symposium, 1958):

Tipus d'aigua	Concentració de sals (g/l)
Aigua dolça	<0.5
Oligohalina	0.5-4.0
Mesohalina	5-18
Polihalina	18-30
Euhalina	30-40
Hiperhalina	>40

Taula 1: Classificació de l'aigua en funció de la salinitat

Font: Symposium, 1958

En principi, la salinitat es refereix a qualsevol ió inorgànic, però en realitat és degut pràcticament al resultat dels ions majoritaris: Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} i HCO_3^- (Williams, 1998).

La salinització es pot caracteritzar globalment en:

- A) Salinització primària: deguda a fonts naturals
- B) Salinització secundària: originada per influències antropogèniques.

La salinitat natural dels rius és una funció dinàmica i complexa del clima (recent i passat), de la seva captura geològica, de la distància des del mar, de la topografia i de la vegetació.

L'increment de la salinitat per via antropogènica és coneguda com a salinització secundària, la qual s'està convertint en un perill global i creixent, i actualment és ja un risc per a molts rius, terres humides i llacs del món.

La salinització dels rius pot tenir diferents causes:

- a) Irrigació i extracció d'aigües subterrànies, especialment en regions àrides i semiàrides del món on la producció de collites consumeix gran quantitat d'aigua. Encara que la collita absorbeix solament una fracció de la sal de l'aigua de regar, la sal es concentra i l'aigua del sòl es torna més salina (Lerotholi et al., 2004). A més a més, el rec dels camps, causa la mobilització de gran quantitat de sal fòssil emmagatzemada datada des del passat mar o d'una altra sal geològicament històrica del sòl (Smedema and Shiati, 2002).
- b) En les regions fredes del món la salinització dels rierols ha estat sempre documentada com a resultat de l'ús de la sal com a agent per desgelar les carreteres (Williams et al., 2000, Löfgren, 2001, Ruth, 2003). La majoria de les sals utilitzades en les carreteres són transportades fins a rieres i rierols adjacents durant els períodes de desglaç del gel i la neu (Williams et al., 2000).
- c) L'activitat minera és una altra font majoritària de sal en els rius. Gran quantitat de sals de potassa són extretes cada any per a la manufactura de fertilitzants agrícoles. Durant el procés de manufactura la sal bruta (contenidora no solament de potassa sinó també de NaCl i altres sals) genera gran quantitats de residus sòlids emmagatzemats. Les sals es dissolen durant les precipitacions i pot entrar en les aigües superficials, com és el cas del riu Cardener. Les aigües del Cardener travessen Cardona, localitat que posseeix una formació geològica coneguda pel seu aflorament a la muntanya de sal de Cardona i explotada en aquesta localitat des de ben antic. L'actual explotació de sal comuna en galeries poc profundes i l'aprofitament del runam de sal nou són activitats hereves de la mineria de potassa a Cardona.

Durant les primeres dècades de l'explotació, el material de rebuig es quedava a l'interior de la mina, dipositat a les galeries a mesura que s'abandonaven. A partir dels anys 60 però, el material de rebuig no es torna a l'interior, sinó que comença a abocar-se al costat de les instal·lacions mineres. Així neixen els runams salins.

Com a resultat de l'activitat minera, els runams del Bages acumulen ara més de 60 milions de tones de residus salins en unes 100 hectàrees. Els runams salins són autèntiques muntanyes artificials, desnaturalitzadores del paisatge. La gran magnitud dels residus generats per la mineria potàssica causa impactes de magnitud proporcional sobre el paisatge, les aigües, l'estabilitat dels terrenys i la biodiversitat de la zona. Les aigües de la conca del Cardoner-Llobregat estan afectades per salinització, fins al punt de comprometre'n l'ús per a l'abastament a la conurbació de Barcelona. Les concentracions de clorurs (Cl^-) superen àmpliament les recomanades en aigües destinades a la potabilització. La formació geològica salina Cardona i la seva explotació minera en diferents punts de la conca del Cardoner-Llobregat, indubtablement han d'estar relacionades amb la salinització de l'aigua. La presència de l'element potassi, extret a la superfície només per l'activitat minera, permet discriminar entre les filtracions d'aigua salada d'origen natural o geològic i les generades per la mineria. La distribució geogràfica de les principals surgències d'aigua salada i les seves proporcions relatives Cl^-/K^+ demostren que són els runams salins, les gegantines muntanyes estèrils on s'acumulen els residus de la mineria potàssica, l'origen de les majors aportacions actuals de sal als dos rius. Malgrat la salinització de les aigües, la mineria potàssica segueix fent créixer els runams salins del Bages en milers de tones al dia (Badia, 2001).

Degut a aquest increment de salinitat s'han desenvolupat medis que reproduïxen diferents situacions de salinitat per tal d'avaluar l'estrès i l'efecte de la salinitat sobre diferents organismes de la xarxa tròfica fluvial. El Mesocosmos és una instal·lació vinculada a l'equip d'investigació Freshwater Ecology and Management de la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona.

Els mesocosmos són espais que intenten modelar, en un espai reduït i condicions ambientals controlades, el què succeeix en un ecosistema natural. La utilització d'un mesocosmos permet aclarir els diferents i complexos processos que passen en un ecosistema.

Les alteracions produïdes per la contaminació poden ser molt grans o bé imperceptibles, i poden tenir lloc de manera episòdica o bé continuada. La percepció de la contaminació i la determinació del seu nivell pot variar en funció de l'objectiu de la diagnosi; per exemple, no serà la mateixa si volem l'aigua per abastar una població, per regar o per caracteritzar l'estat ecològic del medi (Freshwater Ecology and Management, 2010).

La diagnosi de l'estat ecològic es fa utilitzant principalment els indicadors biològics del sistema i la hidromorfologia. Les característiques fisicoquímiques de l'aigua ens indiquen l'estat químic.

L'interès que tenen els indicadors biològics (o bioindicadors) per avaluar la qualitat de l'aigua es basa en la seva capacitat de detectar alteracions en la funcionalitat o en la composició de les comunitats d'organismes vius que habiten als sistemes fluvials. Els diversos mètodes que existeixen consisteixen a observar canvis en algun aspecte susceptible de variació a causa de la modificació de la qualitat o quantitat de l'aigua.

Un dels fets que expliquen el creixent interès d'aquests indicadors és que tenen la capacitat d'integrar els canvis que ha patit el sistema al llarg de la vida de l'organisme, de manera que es pot inferir la situació precedent en més gran mesura o menys segons el seu cicle vital. De manera orientativa, aquest període pot anar de dies o setmanes per als protozous⁶, algues o bacteris, fins a mesos o anys per a les larves d'insectes, cucs, mol·luscs o peixos.

Aquest fet contrasta amb els indicadors de qualitat fisicoquímics, ja que la informació que aporten aquests només és representativa de les condicions momentànies de la massa d'aigua.

L'efecte dels contaminants pot ser molt variat en funció de la concentració en el medi o del temps d'exposició. Concentracions petites i temps d'exposició petits no provoquen canvis importants en el medi i l'organisme els pot compensar; concentracions grans o temps d'exposició grans poden arribar a matar els organismes. Quan aquests es moren, l'estructura de la comunitat canvia (desapareixen espècies intolerants i s'incrementa el nombre d'espècies tolerants). Això es mesura molt bé amb les mètriques que són capaces de reflectir aquest canvi estructural (nombre d'espècies, diversitat, índexs de qualitat biològica, etc).

⁶ **Protozou.** Organisme unicel·lular eucariota heteròtrof.

Amb el temps d'exposició o concentracions de contaminants mitjans, pot ser que els organismes no es morin però sí que es produeixin canvis bioquímics, genètics o fisiològics importants, que poden ser permanents si el canvi és prolongat, o poden desaparèixer si l'animal s'hi adapta o la contaminació remet. En aquests casos, la diagnosi de la contaminació és millor fer-la amb biomarcadors.

Els biomarcadors són mesures funcionals d'exposició a l'estrès ambiental que normalment s'expressen a nivells d'organització biològica per sota de l'organisme.

Les mètriques més usades són índexs de diatomees. Hi ha mètriques basades en el recompte de la biomassa a través de la mesura de les concentracions en clorofil·la a per unitat d'àrea, a partir del qual es pot determinar el nivell d'eutrofització⁷ del sistema (Prat i Fornells et al., 2008).

1.6. OSMOSI

En molts dels sistemes biològics, el procés d'osmosi és essencial, ja que serveix per a mantenir l'equilibri (que vol dir una mateixa concentració) de solut en dos medis diferents (Esteller Pérez et al., 2010).

Es defineix osmosi com una difusió passiva, caracteritzada pel pas de l'aigua, dissolvent, a través de la membrana semipermeable, des de la solució més diluïda a la més concentrada.

I entenem per pressió osmòtica, a la que seria necessària per aturar el flux d'aigua a través de la membrana semipermeable. En considerar com semipermeable a la membrana plasmàtica, les cèl·lules dels organismes pluricel·lulars han de romandre en equilibri osmòtic amb els líquids tissulars⁸ que els banyen.

⁷ **Eutrofització.** Procés d'acumulació de sals minerals nutrients (especialment nitrats) a les aigües d'un llac o d'un pantà.

⁸ **Tissular.** De la natura del teixit; híctic.

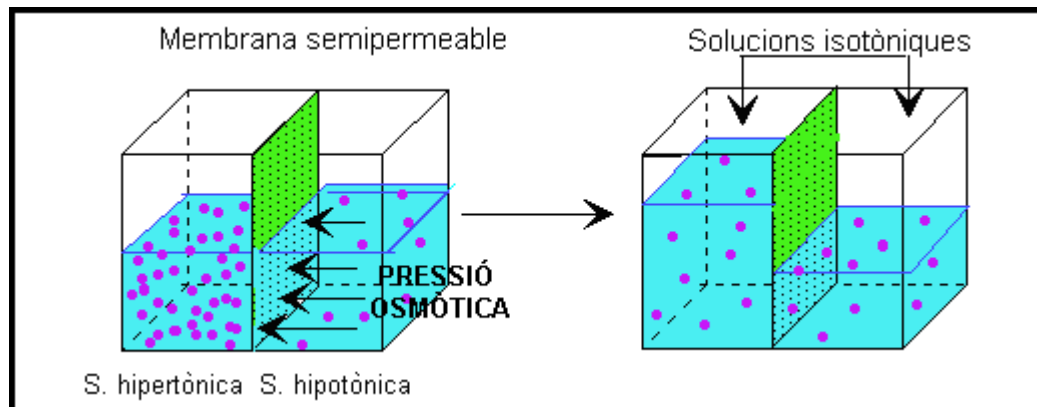


Figura 3: Explicació del procés d'osmosi

Font: Verdeny

Segons el procés d'osmosi, si el medi en el qual està una cèl·lula és hipotònic (medi amb salinitat baixa) les cèl·lules començarien a acumular dissolvent fins a que es trenqui la membrana cel·lular i el contingut de la cèl·lula es dispersi en el medi. Aquest procés s'anomena turgència (Universidad de Múrcia, 2012).

En canvi, si les cèl·lules es troben en un medi hipertònic, podrien perdre una gran quantitat d'aigua, i per tant morir per deshidratació. En aquest cas, el procés s'anomena plasmòlisi (Esteller Pérez et al., 2010).

En el mesocosmos, s'estudiarà el grau d'estrès i de tolerància que tenen els diferents éssers vius que habiten en el medi en relació amb el grau de salinitat que hi ha en el medi mateix.

1.6.1. EFECTE DE L'OSMOSI EN LA CADENA TRÒFICA

Els organismes d'aigua necessiten mantenir la pressió osmòtica interna en relació amb el medi en el que viuen. Això significa que la seva salinització interna és superior a la salinització externa i deuen gastar energia per a mantenir els ions en els seus cossos i excloure l'aigua.

Si la salinitat de l'aigua exterior resulta superior a la seva salinitat interna, deuen fer front amb una salinitat interna superior (osmocomform) o gastar energia per a repel·lir ions i captar aigua. Algunes espècies d'aigua dolça osmoregulen (és a dir, ells activen la regulació de la pressió osmòtica) a baixa salinitat i llavors osmocomforma a altres salinitats.

La majoria de les espècies d'aigua dolça són osmoreguladores, i això comporta un cost metabòlic que afecta a llarg termini la viabilitat de l'organisme o resistència (Hart et al., 1991), i això pot jugar un paper en la selecció natural (Piscart et al., 2006). Quan la concentració de sal esdevé un medi massa alt per als mecanismes d'osmoregulació aquests es col·lapsen i poden donar lloc a un dany cel·lular i la possibilitat de la mort de l'organisme.

La salinització pot afectar als organismes de diferent manera des del creixement del estrés fins a la seva mort, determinant la viabilitat de les poblacions.

Una resposta comuna en tots els animals aquàtics és que eviten l'increment de la salinitat (Cañedo et al., 2013).

1.7. HIPÒTESIS

Tenint en compte l'amenaça de la salinitat en les comunitats aquàtiques, en aquest estudi es pretén recollir més informació pel que fa a l'augment de la mortalitat d'insectes aquàtics degut a una concentració salina elevada, ja que això repercuteix en una reducció de la biodiversitat aquàtica, així com en una disminució en la descomposició de fulles i del creixement algal. És per això que, es vol observar si a més a més d'aquestes alteracions en l'ecosistema fluvial, la salinitat estaria relacionada amb efectes subletals, és a dir, no amb la mort de l'animal, però sí amb el seu nivell d'estrès.

En el present treball de recerca, l'objectiu principal és:

- Determinar com afecta la contaminació de la salinitat de l'aigua sobre les comunitats de depredadors i algues.

L'objectiu del present treball de recerca es basa en el fet que si la salinitat afecta als depredadors, aquests s'alimenten d'insectes aquàtics que alhora s'alimenten de les algues. Per tant, si hi ha un efecte en els depredadors, hi ha un efecte sobre els herbívors i finalment un efecte sobre les algues.

Tenint en compte com afectaria la salinitat a les espècies de depredadors, d'insectes i d'algues, la meua hipòtesis es fonamenta en la presència de dos variables, la sal i els depredadors. Així, les situacions possibles seran:

Canal amb sal.

Segons la meua hipòtesi, la sal afectaria als depredadors. Si disminueix la quantitat de depredadors, hauria d'augmentar el nombre d'insectes i per tant disminuir la quantitat d'algues.

Canal amb depredadors

Si hi ha més depredadors, disminueix al seu torn el nombre d'insectes i per tant, augmenta la quantitat d'algues.

De la modificació d'aquestes dues variables, sorgeix la possibilitat de quatre escenaris diferents on la quantitat d'algues final respecte a la inicial seria de forma esquemàtica:

A Canal amb sal. (- algues)	A1: Amb depredadors (+ algues)	$(-) + (+) = 0$ Estabilitat
	A2: Sense depredadors (- algues)	$(-) + (-) = (-)$ Disminució d'algues
B Canal sense sal (+ algues)	B1: Amb depredadors (+ algues)	$(+) + (+) = (+)$ Augmenten les algues
	B2: Sense depredadors (-algues)	$(+) + (-) = 0$ Estabilitat

Taula 2: Hipòtesis

Font: pròpia

Aquesta taula intenta sistematitzar de manera senzilla la quantitat d'algues segons la salinitat del medi i la presència o no de depredadors.

Així en el cas A1, tindríem elevada salinitat (que es tradueix en una disminució d'algues) i presència de depredadors (efecte que provocaria un augment d'algues). Aquests efectes contraris, donarien un balanç final de “no variació o estabilitat” aparent en la quantitat final d'algues.

De forma similar, obtindríem la resta de balanços per als altres escenaris possibles.

Finalment, podríem dir que la quantitat d'algues que es preveu és la següent:

$$B1 > A1 > B2 > A2$$

Per tal d'estudiar les hipòtesis plantejades, es portarà a terme la determinació de:

1. La concentració de clorofil·la en mostres d'algues recollides en els canals d'estudi sota diferents condicions.
2. La quantitat de matèria algal que contenen les mostres de cladophora.

2. DESCRIPCIÓ DEL RIU

La conca del Llobregat s'estén des de la Serra del Cadí en el Prepirineu fins al mar, incloent part de l'anomenada depressió central de la serralada Prelitoral, de la depressió Prelitoral i de la serralada Litoral catalanes. El riu Cardener és el principal afluent del riu Llobregat.

Neix prop del poble de La Coma, a la comarca del Solsonès, en el lloc conegut com a Fonts del Cardener (1.050 m. d'altura) en el Prepirineu.

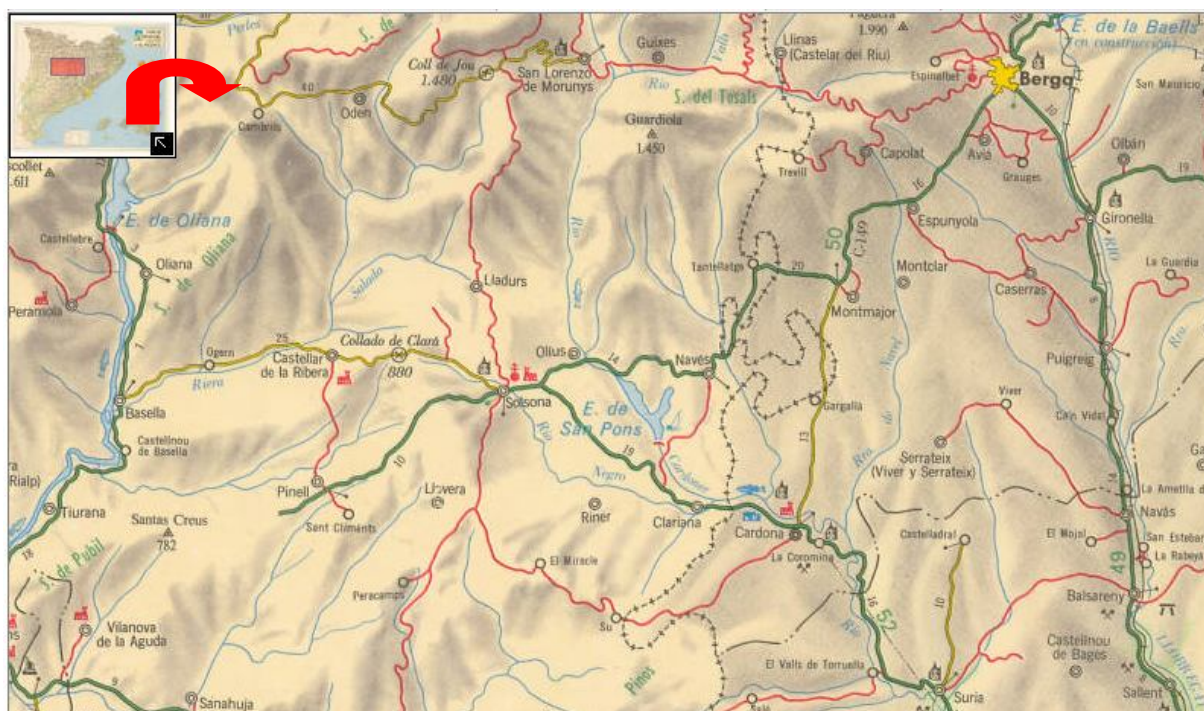


Figura 4: Mapa de Catalunya

Font: Institut Cartogràfic

Els seus afluents dins la comarca són la riera d'Aigua d'Ora, la riera de Navel, la riera d'Hortons, la riera de Salo, la riera de Fonollosa, la riera de Rajadell i la riera de Guardiola.

Entra a la comarca del Bages pel Nord-Oest i en el seu trajecte passa per Cardona, Súria, Callús i Manresa.

En total el riu té 89 Km de llargada i desemboca al Llobregat una mica abans d'arribar a Sant Vicenç de Castellet (Enciclopèdia Catalana, 2012).

Aquest riu mostra una presència d'algues que ens serviran per desenvolupar l'objecte de l'estudi. En aquest context s'ubica l'estació d'investigació del grup de recerca Freshwater on es desenvolupa el projecte del Mesocosmos.

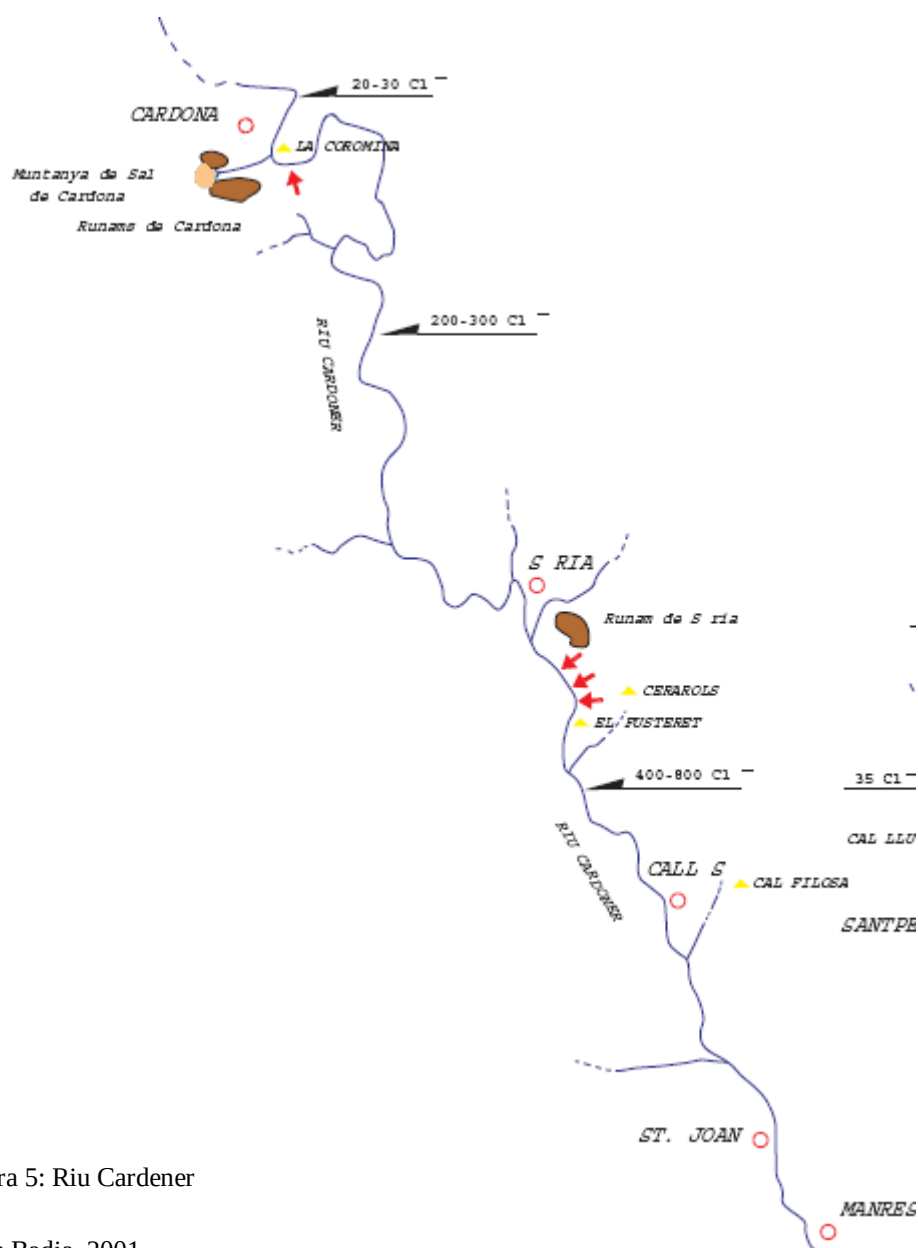


Figura 5: Riu Cardener

Font: Badia, 2001

3. METODOLOGIA

3.1. PROJECTE MESOSCOSMOS SOSTAQUA

Les mostres d'algues s'han extret d'un mesocosmos SOSTAQUA, un conjunt de canals de flux obert que recrea les condicions naturals que es donen en un riu.



Figura 6: mesocosmos

Font: F.E.M

En el context de l'ecologia aquàtica, s'anomena mesocosmos a qualsevol sistema artificial capaç de contenir i aïllar les comunitats d'organismes aquàtics en el seu ambient amb el propòsit de sotmetre-les a experimentació.

Els rierols o rius artificials són un tipus de mesocosmos que recrea les condicions naturals que es donen en un riu. Aquests mesocosmos poden tenir dissenys molt diferents, depenent dels objectius de l'experiment, des de canals de flux obert en què tant l'aigua com les partícules en suspensió es renoven de manera contínua, fins a sistemes tancats en els que l'aigua és totalment recirculada.

El mesocosmos consisteix en un conjunt de canals de flux obert que permet controlar la quantitat d'aigua entrant (tant la d'un riu com la d'una depuradora amb diferents graus de d'ions o substàncies contaminants), per a després avaluar els efectes que provoca aquesta aigua en tot el medi en conjunt.

L'experiment es va dur a terme en el MESOCOSMOS SOSTAQUA, desenvolupat pel grup FEM (Freshwater Ecology and Management) de la Universitat de Barcelona i l'empresa "Aigües de Barcelona".

Aquesta instal·lació es troba a Balsareny, a l'EDAR (Estació Depuradora d'Aigües Residuals).

En la instal·lació l'aigua circula de forma permanent, sense recirculació, i permet barrejar l'aigua del canal amb aigua d'un altre origen. D'aquesta manera es pot triar el grau de concentració per a cada tractament i fer les tres rèpliques a cadascun. Amb aquesta instal·lació es pot triar la variable que es vol canviar, per això serveix per a fer experiments amb altres factors contaminants, no només amb NaCl (clorur de sodi).

Amb una bomba d'extracció, s'agafa aigua d'un canal de rec (una desviació del Llobregat). A través d'un conducte aquesta aigua arriba a un tanc de 4000 litres que assorteix a quatre dipòsits (canals), cadascun d'ells amb una variable diferent. També hi ha un segon tanc que conté 2000 litres d'aigua amb NaCl que arriba als dipòsits a través d'un altre canal. Mitjançant unes aixetes es regula la intensitat de sortida per tenir diferents concentracions.

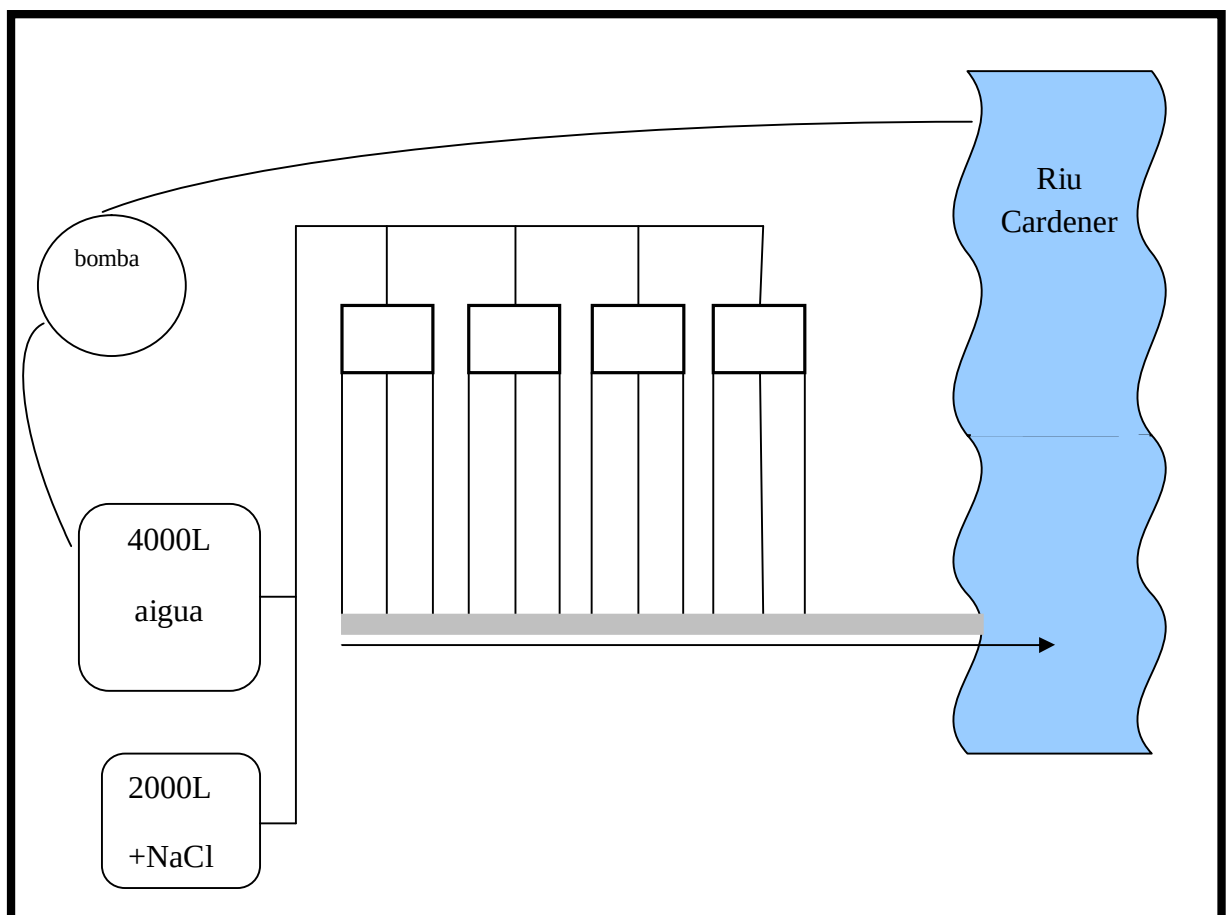


Figura 7: Dibuix explicatiu del funcionament del mesocosmos

Font: pròpia

3.2. ESPECTROFOTOMETRIA

L'espectrofotometria és un mètode d'anàlisi òptic, els quals es caracteritzen per mesurar la radiació electromagnètica que emana de la matèria o que interacciona amb ella.

A l'interaccionar la radiació electromagnètica amb la matèria, té lloc absorció si la freqüència de la radiació coincideix amb l'energia necessària per a que el sistema passi a un nivell d'energia superior i permès. Els diferents tipus de transicions poden tenir lloc en les diferents regions de l'espectre electromagnètic.

Les dos lleis fonamentals que regeixen el comportament de la *fracció* de la radiació incident absorbida al passar a través d'una mostra donada són la *lei de Lambert* i la *lei de Beer*.

La primera prediu l'efecte que produeix l'espessor del medi-mostra sobre la fracció de radiació que s'absorbeix.

La segona llei, establerta al 1852 i anomenada *lei de Beer* estableix l'efecte de la concentració. La forma combinada d'aquestes dues lleis es coneix com *lei de Beer*, ja que la concentració de l'espècie absorbent és el factor més important en l'aplicació d'aquestes lleis.

La *lei de Beer* és fonamental en els mètodes òptics d'anàlisi, ja que ens permet calcular la concentració d'una substància a partir de la medició de la radiació absorbida per una dilució de la mateixa (Olsen, 1990).

$$A = \log \frac{I_0}{I} = abc$$

A= Absorbància

$\frac{I_0}{I}$ = Transmittància (adimensional)

a= Absortivitat (coeficient d'extinció molar, índex d'absorbància). Característica de la substància absorbent i de la longitud d'ona de la radiació utilitzada. Es mesura en l·g/ cm o l·mol/cm

b= Longitud de la cubeta (cm)

C= concentració (g/l o mol/l)

3.3. BLANCS

Qualsevol mètode quantitatiu, es basa en la comparació de magnituds, en aquest cas, de concentració de clorofil·la, per la qual cosa s'ha de referenciar a un valor, anomenat zero, a partir del qual fer la comparació.

Per tant, el blanc consisteix en un vial de referència que solament conté dissolvent (acetona en aquest cas), per tal de definir el “zero de referència”.

3.4. PRESA DE MOSTRA

El 25 de maig de 2012 es van col·locar 11 pedres a cadascun dels quatre canals i es va deixar que, amb el flux d'aigua, es colonitzés el medi amb algues i invertebrats.

L'11 de juny es van afegir depredadors (sangoneres) a dos dels canals, i es van fer dos tractaments diferents per cada canal, un amb sal i l'altre sense sal.

La conductivitat dels tractaments amb sal era de 6.5 mS/cm i la conductivitat dels tractament sense sal era 0.5 mS/cm.

El 13 de juny de 2012 l'experiment va quedar finalitzat, es va tancar el reg d'aigua als 4 canals diferents.



Figura 8: Pedres d'on s'han extret les algues

Font: pròpia

Per a la mesura de la quantitat d'algues, es van agafar 3 pedres per canal (una en el tram superior, una en el tram mitjà i una en el tram inferior). Tot seguit, amb l'ajuda d'un raspall de dents, es va raspar una superfície coneguda de cada pedra (1cm^2) i es van emmagatzemar les mostres d'algues en un recipient (VIAL), tapat totalment amb paper d'alumini, ja que la clorofil·la és molt sensible a la llum solar i es podria produir una degradació de la clorofil·la de l'alga. Per últim, es van congelar les mostres fins el dia de l'extracció de la clorofil·la per a evitar-ne la seva descomposició.

A part de les mostres d'algues sobre les pedres, van recollir-se 12 mostres d'una alga anomenada cladophora. Aquesta alga va ser posada en cada tractament en quantitats similars, de forma que finalment es podria saber com influeix cada tractament sobre aquesta. Les mostres es van emmagatzemar en petits recipients cilíndrics de plàstic, i van ser congelades fins el dia de l'experimentació.



Figura 9: Mostres d'algues emmagatzemades en acetona

Font: pròpia

3.5. MÈTODES D'ANÀLISI

3.5.1. ANÀLISI DE LA CLOROFIL·LA

L'anàlisi es va fer als laboratoris del Departament d'Ecologia de la facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona.



MATERIALS:

Els materials que es van utilitzar són: filtre (grass microfibre filters GF/C 47mm circles, WHATMAN) , bomba de buit, proveta de mesura 100ml, provetes de vidre petites 10ml, acetona (90% concentració), mostres d'algues, paper d'alumini.

Figura 10: Recipient amb acetona, proveta de mesura

Font: pròpia

PROCEDIMENT:

Per a poder-ne fer la comparació de concentracions de clorofil·la, s'agafa el mateix volum de dissolvent per fer l'extracció de la clorofil·la de les mostres. En el nostre cas l'extracció es va fer amb 10 ml d'acetona.

1. Es descongelen les mostres de les algues.

2. Amb l'ajuda d'unes pinces, s'agafa el paper de filtre que contenen les mostres d'algues (veure figura) i es posen a la bomba de buit. D'aquesta manera, s'elimina l'aigua residual del riu en la qual es troben les algues submergides, perquè el que interessa només són les algues que queden al filtre.



Figura 11:
Paper de filtre i
mostra de
fitobentos
Font: pròpia



Figura 12: Paper de filtre
Font: pròpia



Figura 13: Bomba de buit
Font: pròpia

3. Una vegada deshidratades les mostres d'algues, i fent ús de les pinces, es dobleguen els papers de filtre juntament amb les algues que contenen i es disposa en un vial de vidre amb 10ml d'acetona. Posteriorment es tapen les mostres una altra cop amb paper d'alumini, per evitar que la clorofil·la es deteriori amb la llum, ja que interessa mesurar la concentració d'aquest pigment fotosintètic, per la qual cosa s'han de preservar el millor possible per evitar la seva descomposició i poder obtenir resultats concloents.



Figura 14: Mostra de fitobentos filtrat dissolta en acetona

Font: pròpia

4. Es deixen reposar les mostres aproximadament unes dotze hores i es submergeixen en el bany d'ultrasons. És un instrument que genera vibracions de longituds d'ona de l'ordre dels ultrasons, les quals provoquen el trencament de totes les parets cel·lulars que l'acetona no hagi acabat de degradar, alliberant així tota la clorofil·la que contenen les algues.



Figura 16: Sonicador amb les mostres d'algues i acetona dins els vials

Font: pròpia

Figura 15: Sonicador

Font: pròpia

5. Després de passar les mostres pel sonicador, es tornen a filtrar les mostres per a obtenir només l'extracte d'acetona que conté la clorofil·la dissolta. El residu de les algues es recull en el paper de filtre. Fem el mateix per cadascuna de les mostres, obtenint així la concentració de clorofil·la de les diferents mostres en el mateix volum de dissolvent.
6. L'anàlisi quantitatiu de la clorofil·la es va fer mitjançant la introducció a l'espectrofotòmetre de la seqüència dels vials que contenen els extractes de la clorofil·la de cada mostra. Aquesta seqüència inclou el blanc de referència.



Figura 17:
Blanc de
referència i vial
amb clorofil·la

Font: pròpia



Figura 18:
Extracte de
clorofil·la
dins un vial

Font: pròpia



Figura 19: Espectrofotòmetre

Font: pròpia

3.5.2. ANÀLISI DE LA CLADOPHORA

La cladophora és una alga filamentosa, aspres al tacte, de color verd pàl·lid o fosc, que sol estar abundantment ramificada i pot formar masses filamentoses de fins a 1 m de llargada. Aquest gènere està força diversificat i té representants a les aigües dolces i marines. Sol desenvolupar-se en cubetes de les zones supra i mediolitoral catalanes (Cambra, 1998).

L'anàlisi es va fer als laboratoris del Departament d'Ecologia de la facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona.

MATERIALS:

Els materials que es van utilitzar són: balança electrònica d'alta sensibilitat (SARTORIUS TE2145), forn (SELECTO), mufla.

PROCEDIMENT:

L'objectiu del procés és saber el % de matèria orgànica que hi ha en les mostres de les cladophores, i a partir d'aquestes saber la quantitat d'algues menjades pels insectes en cadascun dels tractaments del mesocosmos.



Figura 20: Mostres de cladophora

Font: pròpia

1. Per tal de saber la massa d'algues (cladophores), es va fer la diferència de pes entre el recipient que contenia les mostres, i el pes del recipient. Així podem saber només la massa neta d'aquestes.

2. Es van descongelar les mostres i es va obtenir el pes humit de les algues amb la balança d'alta sensibilitat.
3. Per tal d'eliminar l'aigua i obtenir el pes sec, es van posar les algues al forn durant 12 hores a 60 °C.

Figura 21: Balança d'alta sensibilitat

Font: pròpia



4. Finalment, per a obtenir el pes de les cendres (matèria inorgànica) es van posar les mostres dins una mufla durant 4 hores a 550°C, que va cremar tota la matèria orgànica de les algues i només va quedar la part inorgànica, és a dir, les cendres.



Figura 22: Forn

Font: pròpia



Figura 23: Mufla

Font: pròpia

4. ANÀLISI DE RESULTATS I ARGUMENTACIÓ

4.1. ANÀLISI QUANTITATIU DE LA CLOROFIL·LA

La determinació de la concentració de pigments fotosintètics ens permet estimar la biomassa i la capacitat fotosintètica del fitoplàncton. La qualitat, distribució i relació entre les diferents classes de pigments ens indica l'estat fisiològic de la comunitat i la composició del fitoplàncton pel que fa a grups d'algues. La concentració de pigments varia àmpliament i depèn del metabolisme algal i de factors fisicoquímics com la llum, la temperatura i la disponibilitat de nutrients (Gómez Pinchetti et al.).

Per estimar la seva concentració el mètode consisteix a extreure els pigments mitjançant un solvent orgànic i llegir en un espectrofotòmetre l'absorció de llum a la longitud d'ona específica per a cada pigment.

ÍNDEX DE MARGALEF

S'anomena Índex de Margalef (Margalef, 1991) a la relació A_{430}/A_{665} (relació carotenoids / clorofil·la). Per al seu càlcul, es divideixen directament les absorbàncies llegides a aquestes longituds d'ona. Aquest índex proporciona una relació entre una zona l'espectre en la que absorbeixen tots els carotenoides i aquella en què únicament absorbeix la clorofil·la. L'índex de Margalef varia d'acord amb la composició taxonòmica i l'estat fisiològic de la població. En general, en situacions anòmales o limitants, l'índex augmenta. També s'aprecia un augment d'aquest al llarg de la successió d'espècies, el que correspon a l'aparició d'espècies amb taxa de renovació més lenta (Gómez Pinchetti et al.).

El que es va fer va ser llegir en l'espectrofotòmetre les absorcions de la mostra a diferents longituds d'ona. (Les absorcions van ser entre els 330 i els 800 nanòmetres).

Les absorbàncies que ens interessen a nosaltres són la de 665 (que és la longitud d'absorbància de la clorofil·la) i la de 750 (absorbància que sense partícules estranyes dins la mostra, hauria de ser 0).

Així la fórmula per a calcular la quantitat de clorofil·la és:

$$\text{Chl-a (mg/m}^2\text{)} = (11,4 * (A_{665} - A_{750}) * (\text{volum extracció}) / \text{m}^2$$

A on:

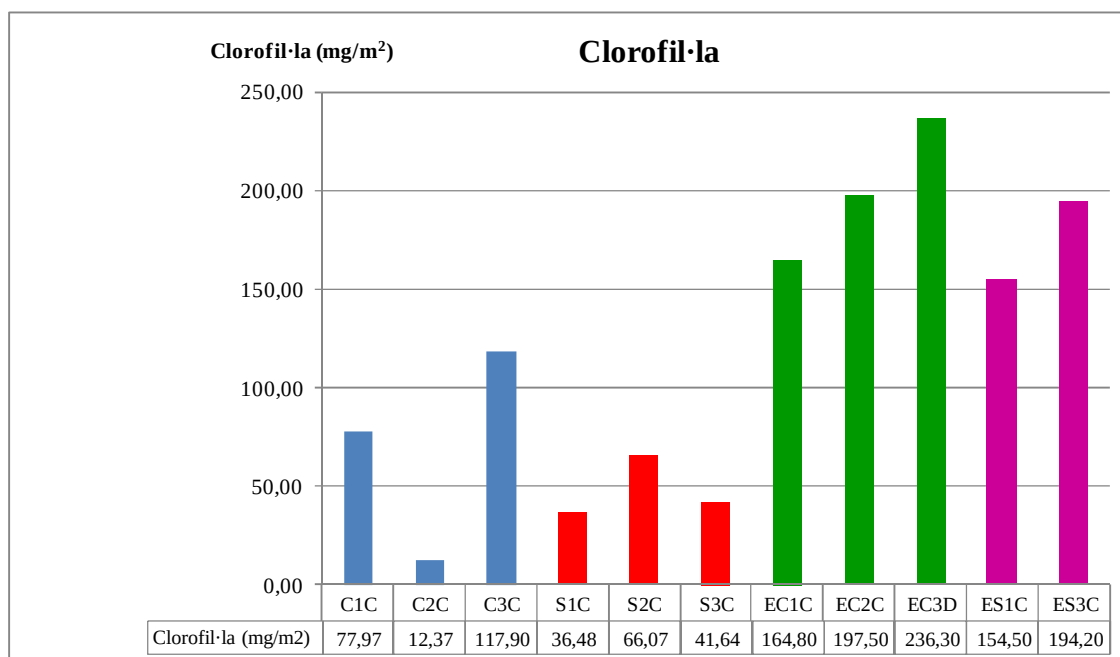
- 11.4: constant
- A665: quantitat de fotons que s'absorbeixen a una longitud d'ona de 665nm.
- A750: quantitat de fotons que s'absorbeixen a una longitud d'ona de 665nm.
- Volum d'extracció: 10ml (acetona).
- m²: 1cm² (àrea de la pedra d'on s'han obtingut les mostres de clorofil·la).

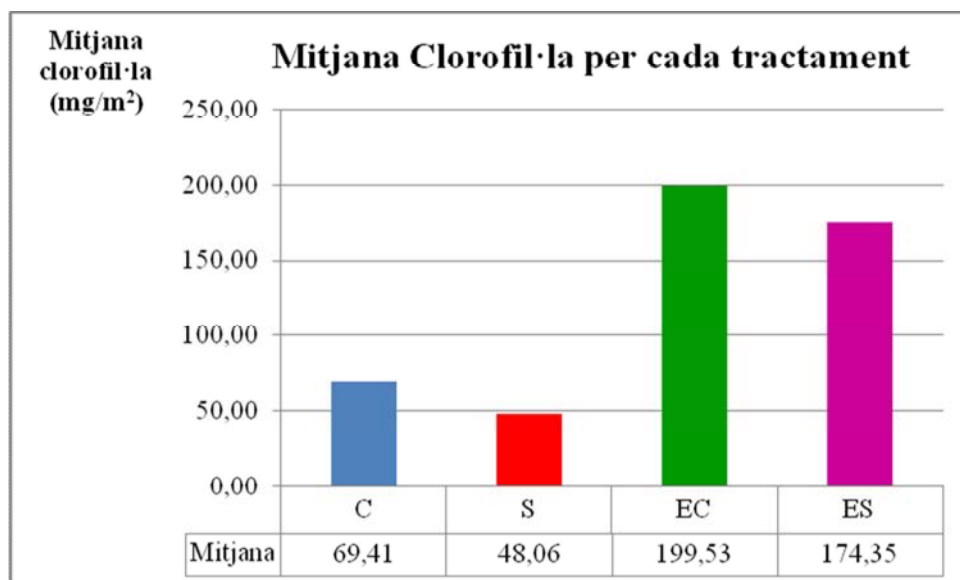
Els resultats de la clorofil·la es recullen en la següent taula i al seu gràfic corresponent:

		Mostra	Clorofil·la (mg/m ²)	Mitjana (mg/m ²)
Sense depredador	Sense sal	C1C	77,97	69,41
		C2C	12,37	
		C3C	117,90	
	Amb sal	S1C	36,48	48,06
		S2C	66,07	
		S3C	41,64	
Amb depredador	Sense sal	EC1C	164,80	199,53
		EC2C	197,50	
		EC3D	236,30	
	Amb sal	ES1C	154,50	174,35
		ES3C	194,20	

Taula 3: Resultats de la massa de clorofil·la per unitat de superfície

Font: pròpia





De la taula i dels gràfics observem que la presència de sal repercuteix en la disminució de la quantitat d'algues per m^2 , així tenim una disminució de $69,41 \text{ mg/m}^2$ a $48,06 \text{ mg/m}^2$.

No obstant, veiem que el factor que més influeix en la quantitat d'algues existents en el medi fluvial no és pas la sal, sinó la presència de depredadors.

Així, veiem que la incorporació de les sangoneres (depredadors) en el riu fa augmentar de $69,45 \text{ mg/m}^2$ a $199,53 \text{ mg/m}^2$ les algues del riu i que la salinitat del medi no representa una disminució de les algues del riu de manera significativa. Així, en els canals que contenen sangoneres, l'addició de sal representa solament una disminució de $199,53 \text{ mg/m}^2$ a $174,35 \text{ mg/m}^2$.

Per tant, es pot treure la conclusió que la presència dels depredadors afecta d'una forma més gran a la quantitat d'algues que no pas l'alt grau de NaCl (sal) dissolt en aigua.

4.2. ANÀLISI QUANTITATIU DE LA CLADHOPHORA

Per a saber la quantitat de matèria orgànica que ens aporten les algues, farem servir la següent expressió:

$$\text{Quantitat de matèria orgànica cladophora (\%)} = \frac{\text{Pes sec} - \text{Pes cendres}}{\text{Pes humit}} \times 100$$

Aquests són els resultats que ens van donar les mostres de cladophora segons els seu pes humit, pes sec i pes de les cendres:

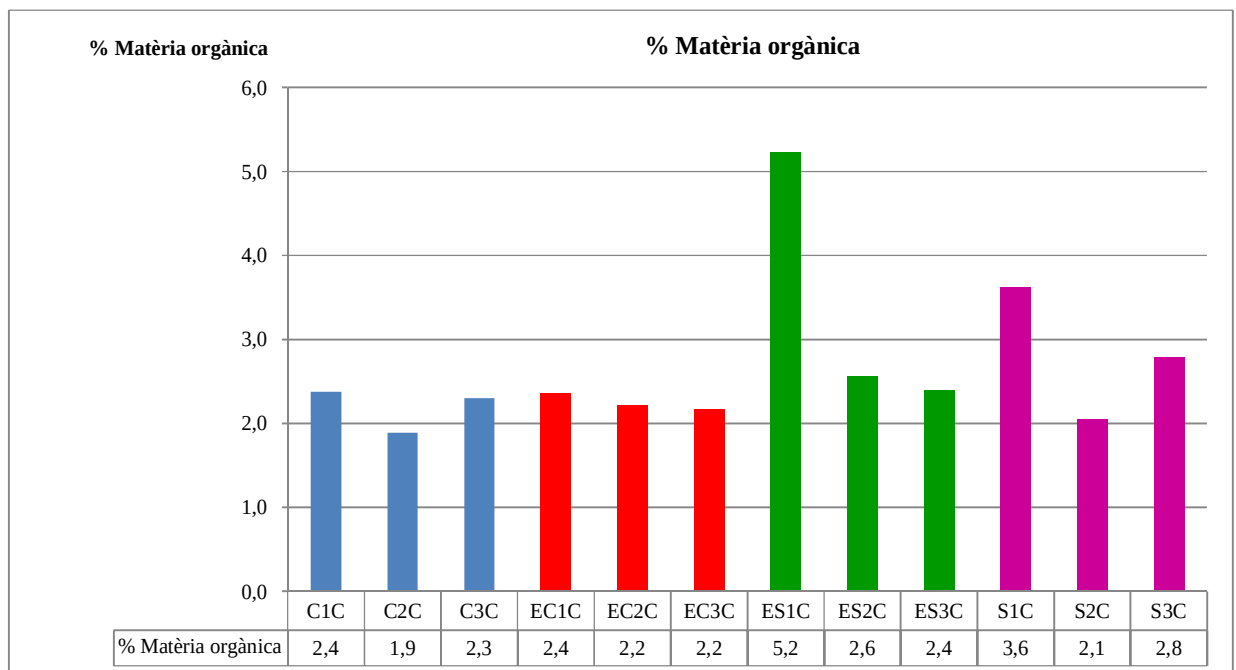
			Pes humit(g)	Pes sec(g)	Pes cendres(g)
Control (sense sal)	No depredador	C1C	9,2	0,8465	0,6280
		C2C	10,3	0,9220	0,7276
		C3C	9,6	1,4191	1,1986
	Depredador	EC1C	10,5	1,8098	1,5618
		EC2C	9,8	1,5763	1,3587
		EC3C	10,5	1,0843	0,8564
Sal	Depredador	ES1C	5,0	0,8587	0,5968
		ES2C	9,9	0,9185	0,6649
		ES3C	10,4	0,7492	0,4994
	No depredador	S1C	8,8	0,8789	0,5599
		S2C	10,1	0,8651	0,6571
		S3C	7,6	1,0234	0,8112

Taula 4: Resultats de la cladophora

Font: pròpia

- Pes humit: és el pes inicial de la cladophora, juntament amb l'aigua residual (les mostres encara no han patit cap tractament).
- Pes sec: és el pes de la cladophora després de que hagi estat en el forn, i per tant l'aigua residual que contenia aquesta s'ha evaporat.
- Pes cendres: és el pes de la cladophora després de que hagi estat en la mufla, on s'ha cremat tota la matèria orgànica i finalment només ha quedat la part inorgànica.

Amb aquestes dades, el gràfic resultant és:

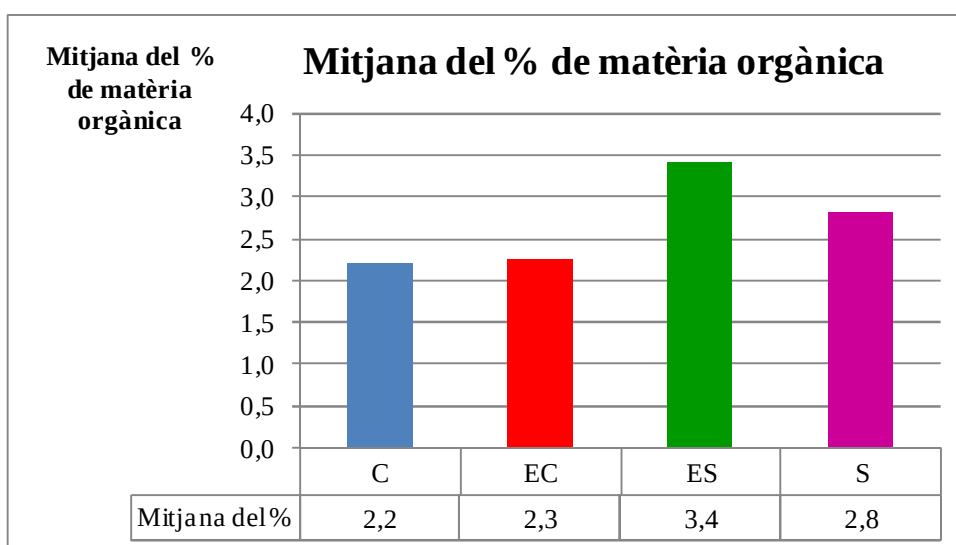


De cada tractament s'ha fet una mitjana i s'ha obtingut els següents resultats:

			% Matèria orgànica	Mitjana del % de matèria orgànica
Control (sense sal)	No depredador	C1C	2,4	2,2
		C2C	1,9	
		C3C	2,3	
	Depredador	EC1C	2,4	2,3
		EC2C	2,2	
		EC3C	2,2	
Sal	Depredador	ES1C	5,2	3,4
		ES2C	2,6	
		ES3C	2,4	
	No depredador	S1C	3,6	2,8
		S2C	2,1	
		S3C	2,8	

Taula 5: Resultats de la cladophora

Font: pròpia



Amb els resultats obtinguts de matèria orgànica que procedeix de la cladophora, es pot observar que la salinitat del medi afecta a la quantitat de matèria orgànica, així tenim que en un medi sense sal i sense depredadors tenim un 2,2 % de matèria orgànica, davant del 2,8% d'un medi salí i sense depredadors.

Per una altra banda, es pot veure com la presència de depredadors (sangoneres) fa augmentar també la quantitat de matèria orgànica d'un 2,8% a un 3,4% en un medi salí sense depredadors i amb depredadors respectivament.

No obstant, és evident que tant la salinitat del medi com la presència de depredadors són factors que contribueixen a l'augment d'algues en el medi. Així, tenim un 2,3% en un medi sense sal i amb depredadors i un 3,4% en un medi amb sal i amb depredadors.

Per tant, es confirma amb aquest experiment que la presència de depredadors influeix molt més que no pas la salinitat.

4.3. ARGUMENTACIÓ DELS RESULTATS

Amb les dades quantitatives obtingudes en els dos experiments s'argumentarà les hipòtesis de partida. Així tenim:

HIPÒTESIS DE PARTIDA			RESULTATS	
			CLOROFIL·LA (mg/m ²)	CLADOPHORA (%)
A Canal amb sal. (- algues)	A1: Amb depredadors (+ algues)	(-) + (+) = 0 Estabilitat	174,35	3,4
	A2: Sense depredadors (- algues)	(-) + (-) = (-) Disminució d'algues	48,06	2,8
B Canal sense sal (+ algues)	B1: Amb depredadors (+ algues)	(+) + (+) = (+) Augmenten les algues	199,53	2,3
	B2: Sense depredadors (-algues)	(+) + (-) = 0 Estabilitat	69,41	2,2

D'aquesta manera observem que:

1. La quantitat d'algues que s'havia previst abans de realitzar els experiments va ser:

$$B1 > A1 > B2 > A2$$

2. La quantitat d'algues que trobem experimentalment amb l'anàlisi de la matèria orgànica és:

$$A1 > A2 > B1 > B2$$

3. I la concentració de clorofil·la, la qual ens dona informació de la quantitat d'algues és:

$$A1 > B1 > B2 > A2$$

En ambdós casos, veiem que la quantitat majoritària d'algues en el riu ens la proporciona el medi on hi ha presència de depredadors, i que la presència de la sal en les aigües fluvials no provoca una modificació de la quantitat d'algues significativa.

5. CONCLUSIÓ

En concloure l'experiment, s'ha fet una comparativa dels dos casos experimentals el de la clorofil·la, i el de la biomassa (cladophora), i s'ha pogut observar que la quantitat màxima d'algues es troba en el tractament amb sal i depredadors.

Això indica que, probablement, la sal afecta més als insectes que no pas a les algues mateixes, ja que aquestes poden tenir, segons l'espècie, una certa adaptabilitat a diferents paràmetres del medi (ex: variació temperatura, pH, salinitat). I aquesta adaptabilitat no es propaga a les espècies d'insectes que, a més a més, compten amb la presència de depredadors que semblen no ser afectats per la sal.

Conseqüentment, com el número d'insectes es redueix, el nombre d'algues pot créixer molt més que en altres tractaments.

Com a conclusió, es pot deduir, que la salinitat de les aigües fluvials no afecta tan significativament a les algues com s'esperava, sinó que més aviat la presència o no de depredadors influeix molt més en els medis aquàtics, de tal manera que aquests es nodreixen seguint la cadena tròfica i, és per això que la desaparició dels insectes del riu provoca l'augment de les algues que no són consumides per aquests insectes.

6. BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

BADIA GUITART, Jordi. “La salinització de la conca del Cardoner-Llobregat al Bages” Institució Catalana d’Història Natural, 69. Espanya, 2001. 127-138

CAMBRA, Jaume. *Guia de les algues i els líquens dels països catalans*. Barcelona. Editorial Pòrtic s.a. 1989.

CAÑEDO ARGÜELLES, Miguel, J. KEFFORD, Ben, PISCART, Christophe, PRAT I FORNELLS, Narcís, B. SCHÄFE, Ralf, SCHULZ, Claus-Jürgen: “Salinisation of rivers: an urgent ecological issue” Environmental Pollution, 173. Spain, 2013. 157-167

ESTELLER PÉREZ, A., FERNÁNDEZ ESTEBAN, M.Á., NOVOA J.M., MAYOR MENÉNDEZ, F., TORRES LOBEJÓN, M.D., VILLENA CORTÉS, A.J.. *Biologia 1*. Barcelona. Ed. Vicens Vives. 2010

FRANCO MUÑOZ, Natàlia. *Treball de Recerca: Salinització dels rius per la indústria minera*. Barcelona. 2012

GÓMEZ PINCHETTI, Juan Luís, ARÍSTEGUI RUIZ, Javier: “Manual de Prácticas. Sistemas Pelágicos y Bentónicos”: Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria, 2012.

HART, B.T., BAILEY, P., EDWARDS, R., HORTLE, K., JAMES, K., MCMAHON, A., MEREDITH, C., SWADLING, K. : “A review of the salt sensivity of the australian freshwater biota” Hydrobiologia, 210. Belgium, 1991. 105-144

LERETHOLI, S., PALMER, CG.G., ROWNTREE, K. : “Bioassessment of a river in a semi-arid, aricultural catchment” Water Institute of Southern Africa. South Africa, 2004. 338-344

LÖFGREN, S., : “The chemical effects of deicing salt and soil and stream water of five catchments in southeast sweden” Water, air & soil pollution 130. Sweden, 2001. 863-868.

MARGALEF, Ramón. *Ecología*. Barcelona. Ediciones Omega, S.A. 1991.

MUÑOZ, Isabel, ROMANÍ, Anna M., RODRÍGUEZ, Alberto, GONZÁLEZ ESTEBAN, Jorge, GARCIA-BERTHOU, Emili. *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Separata del capítulo 19. *Relaciones tróficas en el ecosistema fluvial*. España. Fundación BBVA. 2009

OLSEN, Eugene. *Métodos Ópticos de Análisis*. Barcelona. Editorial Reverté, S.A. 1990.

PRAT I FORNELLS, Narcís, PUÉRTOLAS I DOMÈNECH, Laura, RIERADEVALL I SANT, Maria. *Els espais fluvials. Manual de diagnosi ambiental*. Barcelona. Diputació de Barcelona, Obra Social “la Caixa”. 2008

RUTH, O., “The effects of road de-icing salt in Helsinki urban streams, souther Finland” Water Science and Technology, 48 (9). Finland, 2003. 33-34

SYMPOSIUM FOR THE CLASSIFICATION OF BRACKISH WATERS. “The Venice System for the Classification of Marine Waters According to Salinity” Associations for the Sciences of Limnology and Oceanography. Venice, 1958. 346-347

SUÁREZ, M^a Luisa, MELLADO, Andrés, SÁNCHEZ-MONTOYA, M^a Mar, VIDAL-ABARCA1, M^a Rosario. “Propuesta de un índice de macrófitos (IM) para evaluar la calidad ecológica de los ríos de la cuenca del Segura” Limnetica 24 (3-4) España, 2005. 305-318

WILLIAMS. “Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes” Hydrobiologia, 381. Belgium, 1998. 191-201

WILLIAMS, SHERWOOD. “Definition and measurement of salinity in salt lakes” International Journal of Salt Lake Research, 3. Netherland, 1994. 53-63

WILLIAMS, D.D., WILLIAMS, N.E., Cao, Y., “Road salt contamination of groundwater in a major metropolitan area and development of a biological index to monitor its impact” Water Research, 34 (1). Canada, 2000. 127-138

WEBGRAFIA

F.E.M. RESEARCH GROUP (FRESHWATER ECOLOGY AND MANAGEMENT), *Mesocosmos (video)* [en línia].

< http://www.ub.edu/fem/index.php?Itemid=8&id=5&option=com_content&view=article >

[consulta: 25/12/2012]

INSTITUT CARTOGRÀFIC DE CATALUNYA. *Mapa Catalunya* [en línia].

< <http://cartotecadigital.icc.cat/cdm/singleitem/collection/catalunya/id/1313> >

[consulta: 10/12/2012]

UNIVERSIDAD DE MURCIA. *Osmosi* [en línia].

< <http://www.um.es/molecula/sales06.htm> >

[consulta: 05/12/2012]

VERDENY. *Osmosi imatge*. [en línia].

< <http://membres.multimania.fr/iverdeny/sals/osmosi.htm> >

[consulta: 28/12/2012]

XARXA TELEMÀTICA DE CATALUNYA (XTEC). *Els ecosistemes* [en línia].

< <http://www.xtec.cat/~dnavarr7/ecoweb/ecofunc.htm> >

[consulta: 19/10/2012]

7. ACRÒNIMS

DMA: diagnosi mediambiental

EDAR: Estació de depuradores d'aigües residuals

F.E.M: Freshwater Ecology and Management

MOD: matèria orgànica dissolta

MOPF: matèria orgànica particulada fina

MOPG: material particulat groller

