



ECOLOGIA DE LES COMUNITATS DE
MACROINVERTEBRATS
EN RIUS MEDITERRANIS
A DIFERENTS ESCALES I NIVELLS D'ORGANITZACIÓ



ECOLOGY OF THE
MACROINVERTEBRATE
COMMUNITIES IN MEDITERRANEAN RIVERS
AT DIFFERENT SCALES AND ORGANIZATION LEVELS



Núria Bonada i Caparrós
BARCELONA, 2003



UNIVERSITAT DE BARCELONA



DEPARTAMENT D'ECOLOGIA

Departament d'Ecologia
Facultat de Biologia



Ecology of macroinvertebrate communities in mediterranean
rivers at different scales and organization levels

Ecologia de les comunitats de macroinvertebrats en rius
mediterranis a diferents escales i nivells d'organització

Núria Bonada i Caparrós
2003

Ecology of macroinvertebrate communities in mediterranean
rivers at different scales and organization levels

UNIVERSITAT DE BARCELONA

Facultat de Biologia
Departament d'Ecologia
Programa d'Ecologia
Bienni 1997-1999

Memòria presentada per
Núria Bonada i Caparrós

Per optar al grau de
Doctora en Biologia

Tesi realitzada sota la direcció de
Dr. Narcís Prat i Fornells i Dra. Maria Rieradevall i Sant



Narcís Prat



Maria Rieradevall



Núria Bonada

Barcelona, abril de 2003

Als rius

Agraiments

Ara que miro enrera, me n'adono que d'una manera o altra, la meva vida ha estat lligada als rius. Des de que era molt petita (encara que tampoc és que hagi crescut gaire!), moltes persones m'han ajudat a descobrir el seu encant, despertant el meu interès pel seu coneixement i conservació. A tots ells, a totes les persones que estimen els rius i amb les que hem passat bons moments, voldria agrair-los-hi el seu recolzament en cada etapa de la meva vida personal i professional. Molts de vosaltres ja ho sabeu, si avui estic aquí, no ha estat per casualitat....

Voldria agrair molt especialment als meus directors de tesi en Narcís Prat i la Maria Rieradevall, per haver confiat en mi en aquest projecte. Per haver estat al meu costat en cada moment, disposats a escoltar-me sempre que els interrompia i els demanava... tens un moment?... Per haver sigut crítics en el meu treball, pels escrits gotejant tinta vermella, per guiar-me en l'aventura de la ciència d'una manera honesta i raonada. No puc deixar de banda, tot el que ha estat la relació no-professional que he tingut amb ells (ja fa temps que ens coneixem) i amb la resta el grup (el millor!). L'ambient humà que he trobat en el grup ECOBILL, possiblement ha estat uns dels millors per poder, avui, presentar aquesta tesi. Així, vull destacar l'ajut i l'esforç realitzat per tots ells durant i, sobretot, al final,...no sé que hagués fet sense ells. El seu suport i ànims continus... i sobretot la seva paciència per haver aguantat les meves cabòries i els meus rotllos tots aquests dies. Als pares de l'ECOBILL: Narcís i Maria; i a les nenes, la Caro, la Mireia, la Rosa, l'altra Rosa, la Tura, la Teresa, la Blanca; i als nens, en Toni, en Cesc, i en Marc... grans companys i amics de campanyes, feina, riures, sopars, cafès, més riures...

A la meua família, amb qui he compartit molt bons moments,...encara que encara recordi el malament que ho passava quan em posaven de cara a la paret,...ara veig que tot plegat va valer la pena!. Als meus pares per haver-me cuidat molt més del que es podria esperar, per compartir llargues xerrades que es feien curtes, per haver estat els meus pares, però també els meus grans amics! Els millors, amb qui més puc confiar. Al meu avi (al cel sia) i a la meua manina, amb qui he viscut tota la meua vida, per la seva alegria, pels seus bons consells, i per estimar-me tant!. Als meus iaios amb qui més recentment he compartit moments molt especials que han valgut la pena. I a les meves cosines i sobretot als meus tiets, que si més no m'han fet de pares en una altra etapa de la meua vida... i als que agraeixo de tot cor que ho hagin fet. I més recentment, a la família de l'Albert, que em fan sentir estimada i trobar-m'hi a gust.. I sobretot, a l'Albert, amb qui he compartit aquest últims anys de la meua vida. Qui m'ho hauria de dir que aquell dia que vàrem anar a mostrejar al riu Ripoll, em canviaria tant la vida!. Agrair-li el seu constant suport, la tendresa, la predisposició constant per entendre'm i la paciència que ha tingut quan feia de corconet parlant sobre la tesi, i sobretot, per fer-me feliç.

Molt especialment als amics de l'AEMS, i en especial a en Luis Antúnez Valerio, a través de qui vaig entrar, als vuit anys, en el món dels rius, dels insectes aquàtics i de la conservació. Gràcies a tots aquells amics que m'han fet veure que la pesca és una manera d'acostar-se al riu, però també una excusa per trobar-se amb els amics, i compartir un bon menjar amb un bon vi. Gràcies a en Fernando Cereceda, Enrique León, Antonio Barreno, Chus Cruz, Walter F. Lockhart, Pepe Reig, Miquel Seder, Ssssoli, Paco Cruz, Santi Corbí, Eduard Córdoba, Josep Grau, Àngel Rey, Pedro Brufao, Boabdil, Alberto López, Emilio Guibert, Alejandro Viñuales, Hilario Gorostidi, Pepín Cuevas, Cuqui, César Rodríguez, Ramiro Asensio, Alejandro L. Piedra, Guido Schmidt, i al Robert Meric, Aurelio Fernández i Peter Pujol (al cel sien)... i en especial a en Gaspar i la Sagrario per haver contribuït substancialment en aquesta tesi. Gràcies a tots ells per acompanyar-me al llarg de la meua adolescència... i per deixar-me pescar les millors truites!. Gràcies a l'AEMS amb la que vaig tenir el meu primer contacte amb la recerca, a través de la que vaig conèixer en Narcís i la Maria, però també en Carles Pla, en José Luis García, en Diego García de Jalón, la Marta González, en Fernando Cobo, en Marcos González i altres. Gràcies a ells per haver-me aconsellat i donat suport fins avui!.

Als companys del GUADALMED per haver aguantat els meus mals de caps i empipades amb la Base de dades (finalment ho hem aconseguit), per haver-me ajudat en la tesi aportant les seves dades, però també els seus consells. Al Javier, Chary, M^aLuisa, Pablo, Santi, Manolo, Juan, Andrés, José Luis, Sole, Jesús, Maruxa, Isabel, Biel, Guillem Ramon, i molt especialment, a la Carmen per la seva amistat i alegria. Als amics de Santiago de Compostela, Marcos, Fernando, Rufo, María, per ensenyar-me com s'ha de comportar un taxònom (espero haver-ho entès bé) i la importància que tenen els cafès en l'ambient de treball. I a tota la comunitat internacional, que ja sigui en estades a l'estranger o en congressos m'han aportat valuosos consells per a dur a terme la meva tasca. Així, a en Vincent Resh, Dudley Williams, Jenny Day, Jenny Davis, Ferdy de Moor, Chris Madden, Ricardo Figueroa, Philippe Usseglio-Polatera and Tom Dudley. A tota aquella gent que està tant lluny però tan a prop, a la Helen, Belinda, Kim, Megan, Tina, Debby, Rafi, Lea, Julian, Henrique, Fernando, Tatyana, Katarina, Suzie, Steve, Leanne, Rebecca,...amb qui he compartit bons moments i n'espero compartir encara més....Gràcies per intentar entendre el meu spaninglish!

A la gent del Departament de d'Ecologia professors i tercer cicle, pels seus estímuls intel·lectuals i culinaris, a en Pere, Olga, Marta M., XavidP, Salva, Fiona, Chechu, Juanma, Jordi, Teresa, Esther, Marc, Fede, Guillermo, Jaume, Juan Carlos, Marta C., Montse, Susanna, Andrea, Sergi, Enrique, Miquel Àngel, Rafa, Bernat... A en Sergi d'Estadística pels seus consells i ànims constants. Als amics del GDT i en especial a en Toni i en Pere. A la Montserrat i l'Alicia per haver fet més amens aquests últims mesos de tesis. Als amics de facultat, escola, caps de setmana, al David, Sandra, Miki, Àlex (el Gran), Maria, Mari Àngels, Ilde, Belén, Ruben, Diana, Marta, Montse, Montserrat, Edu, Meri, Oriol, Marta... ara espero tenir més temps per a "cuidar-vos"!

A tots ells. A tots ells que m'han fet somriure!

...i a tots aquells macroinvertebrats aquàtics que de manera involuntària han donat el seu cos a la ciència...que no han estat pocs!

Index

Resum	5
Brief introduction and objectives	29
Chapter 1 – A sampling protocol to assess the ecological status of streams and rivers in the Spanish mediterranean area	35
Chapter 2 – A comparison of sampling methodologies to assess biological quality in two mediterranean areas	61
Chapter 3 – Mediterranean climate rivers over the world: convergences and divergences between regions	83
Chapter 4 – Effects of three different macrohabitats on the macroinvertebrate assemblage in mediterranean streams	151
Chapter 5 – Spatial and temporal heterogeneity, macroinvertebrate richness and species traits in a temporary mediterranean river system: relationships with the River Habitat Template	169

Chapter 6 – Trichoptera (insecta) from Iberian mediterranean river basins: taxonomic notes and ecological requirements	205
Chapter 7 – Distribution patterns of Trichoptera along Iberian Mediterranean coast	261
Chapter 8 – Optimums and ecological profiles of caddisflies from mediterranean streams	303
Chapter 9 – Relationship between pollution and fluctuating asymmetry in the pollution-tolerant caddisfly <i>Hydropsyche exocellata</i> (Trichoptera, Insecta)	335
Conclusions	353

Resum

INTRODUCCIÓ

Els patrons i processos que tenen lloc en qualsevol ecosistema estan altament influenciats per l'escala espacial i temporal, i el nivell d'organització en que el sistema és analitzat, és a dir el com i el què és objecte d'estudi. L'efecte de l'escala en les comunitats d'organismes ha estat àmpliament debatut tant en els sistemes terrestres com en els aquàtics, i sovint la seva correcta elecció, ha estat considerada com un dels problemes més importants en ecologia. Aquesta consideració està basada en el fet que els paràmetres que condicionen als organismes poden variar segons l'escala d'observació, i per tant els patrons i processos existents també. Paral·lelament a això, i malgrat que s'hi puguin trobar controvèrsies en la literatura, aquests patrons i processos poden estar també influenciats segons el nivell d'organització o el nivell taxonòmic seleccionat. Per tot això, el treball que presentem aquí pretén estudiar els ecosistemes aquàtics de clima mediterrani a diferent escales i nivells d'organització de la comunitat de macroinvertebrats.

El clima mediterrani en el món

El clima mediterrani es caracteritza per presentar una elevada estacionalitat anual amb hiverns humits i freds, i estius secs i calorosos. De manera general, dos paràmetres defineixen bé el clima mediterrani: una precipitació que té lloc majoritàriament a l'hivern (malgrat que en algunes zones el període humit s'estén des de la tardor a la primavera) que molts autors fixen en més del 65% de la pluja anual, i la presència d'una sequera estival de longitud i intensitat variables. Les precipitacions mitjanes anuals varien entre 275 i 900 mm/a, encara que aquest rang no sempre és tan delimitat, i fins i tot, a vegades, algunes definicions de clima mediterrani exclouen el màxim de precipitació anual.

Hi ha cinc regions en el món que presenten un patró climàtic típicament mediterrani. Aquests regions mediterrànies¹, ubicades a l'oest dels continents entre 32° i 40° N i S, són la conca Mediterrània, Califòrnia, Xile, Sud-àfrica i Austràlia (el sud i el sud oest). Totes elles ocupen entre un 1 i un 4% de la superfície de la terra segons diferents autors, el que posa de manifest l'existència de nombroses discrepàncies en la delimitació i extensió de les àrees mediterrànies, degut a la presència de nombrosos microclimes inclosos dins el pròpiament anomenat clima mediterrani. En general però, la major part d'estudis coincideixen en l'existència de nombroses convergències entre les biotes de les regions mediterrànies, com a conseqüència de l'estacionalitat del clima mediterrani. Si bé les primeres comparacions entre comunitats biològiques de les regions mediterrànies es basen en estudis florístics, avui dia s'incideix també en la presència de nombroses convergències tant en comunitats d'invertebrats com de vertebrats. La majoria d'aquestes convergències han estat relacionades amb l'elevat estrès hídric estacional propi del clima mediterrani, que suposa l'existència d'adaptacions específiques de tipus fisiològic, morfològic i de comportament. En aquest sentit, la resiliència i la resistència són atributs comuns en la biota mediterrània. A més a més, les regions mediterrànies es caracteritzen per presentar una elevada diversitat biològica, factor que ha estat relacionat en nombroses ocasions amb l'elevada heterogeneïtat temporal (depenent del clima) i espacial (independent del clima).

Els rius mediterranis

Entenem per rius mediterranis aquells rius influenciats pel clima mediterrani, és a dir afectats per una heterogeneïtat estacional en el règim de precipitació i temperatures. De la mateixa manera que dins el clima mediterrani s'han distingit diversos microclimes segons l'orografia, l'altitud, les influències oceàniques o continentals,..., també es poden establir diverses tipologies de rius. D'aquesta manera, els rius de clima mediterrani poden presentar des de rius permanents d'origen nival, fins a rambles ubicades en les zones més àrides. En general però, els rius mediterranis es caracteritzen per una variació anual i interannual en el règim de cabals (d'amplitud variable) amb avingudes i sequeres anuals. En aquest sentit, els rius mediterranis estan sotmesos a dues pertorbacions anuals previsibles (malgrat que d'intensitat i freqüència imprevisibles) que suposen la presència de rius permanents i temporals (incloent els intermitents i els efímers). Nombrosos estudis indiquen l'elevada adaptació dels organismes aquàtics davant d'ambdues pertorbacions, el que suposaria trobar nombroses convergències

¹ El terme mediterrani s'escriurà amb majúscula (Mediterrani) quan faci referència a la conca Mediterrània pròpiament dita, mentre que s'escriurà en minúscula quan es refereixi a les regions climàtiques.

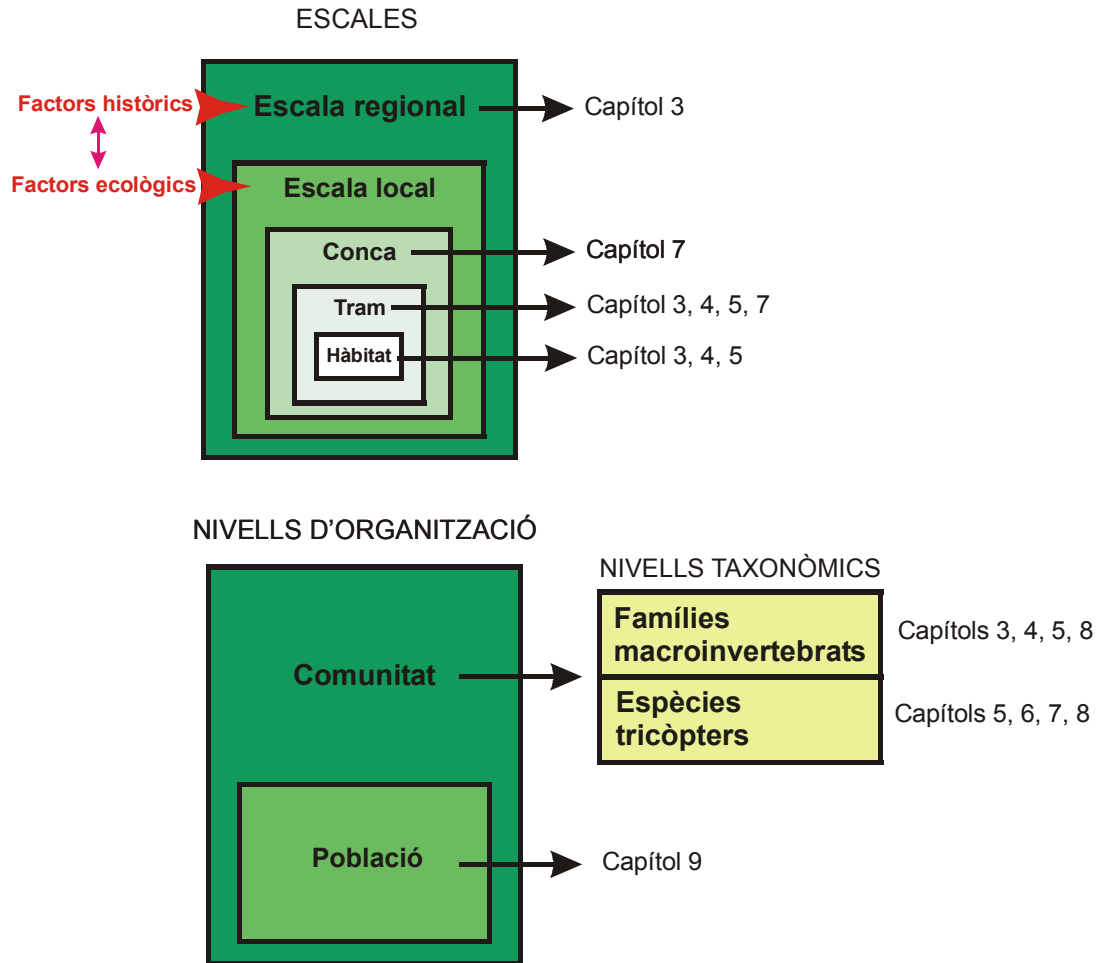
en els patrons i les respostes de les comunitats dels rius mediterranis. No obstant, òbviament, la temporalitat suposa un major greuge per la comunitat de macroinvertebrats que les avingudes, i per tant, són més interessants per determinar les respostes dels organismes en aquests sistemes. L'efecte de les sequeres en els rius mediterranis implica una reestructuració de la comunitat de macroinvertebrats, atès que l'hàbitat es veu enormement afectat amb la pèrdua, en primer lloc, de les zones ràpides, i en últim terme, de les lentes.

A més d'aquestes pertorbacions naturals, els rius mediterranis estan sotmesos a nombroses afeccions humanes, que alteren greument les comunitats d'organismes. D'aquesta manera, alguns autors han considerat que enlloc al món, la fauna aquàtica està davallant tant ràpidament com ho fa a les regions mediterrànies, degut a les nombroses introduccions d'espècies, a l'elevada densitat de població, a la manca d'aigua i a la seva mala gestió.

OBJECTIUS I ESTRUCTURA DE LA TESI

L'objectiu general d'aquest treball ha estat determinar els patrons i les respostes de les comunitats dels macroinvertebrats dels rius mediterranis a diferents escales, agrupades de manera general en regional i local (veure figura adjunta). S'entén com a escala regional, aquella relacionada amb factors històrics que hagin tingut lloc en regions grans, permetent la presència d'uns determinats taxons, però no d'uns altres. Per altra banda, entenem per escala local, aquella que està determinada, majoritàriament, per factors ecològics que permetin la presència d'uns organismes, en lloc d'uns altres, en unes determinades condicions ambientals, i dins d'una mateixa regió. Com que els rius estan organitzats jeràrquicament, hi ha nombroses escales que poden definir-se dins l'escala local. D'aquestes, ens centrarem en tres: la conca, el tram (diferències entre capçaleres, trams mitjos i baixos; diferències entre trams permanents i temporals) i l'hàbitat. Juntament amb l'estudi de les comunitats de macroinvertebrats a diferents escales espacials, l'escala temporal també s'ha tingut en compte en algunes ocasions, encara que s'ha tractat menys extensivament.

A més a més, la tesi se centra en l'estudi de la comunitat de macroinvertebrats a dos nivells organitzatius (comunitat i població) i taxonòmics (família i espècie). Per l'estudi de les poblacions i les espècies s'ha utilitzat els tricòpters, atès que es tracta d'un grup poc conegut en algunes de les zones estudiades, la qual cosa permetrà també, aportar informació faunística i ecològica rellevant per a posteriors treballs.



El treball s'agrupa en 9 capítols cadascun dels quals conté: la introducció, la metodologia, els resultats, la discussió i les referències. El conjunt de capítols es divideix en tres grups: 2 de metodologia, 3 de comunitats de macroinvertebrats a nivell de família i 4 que fan referència a les comunitats de tricòpters dels rius mediterranis. En aquest resum per a cada capítol presentem els objectius, els resultats obtinguts i les conclusions d'una manera sintètica.

Els objectius concrets de la tesi han estat:

Metodològics

- Establir una metodologia per a mostrejar les comunitats de macroinvertebrats dels rius mediterranis (Capítol 1).
- Avaluar l'aplicació d'aquesta metodologia en altres regions mediterrànies del món (Capítol 2).

A escala regional

- Estudiar l'estructura de la comunitat de macroinvertebrats en les diferents regions mediterrànies del món (Capítol 3).
- Establir convergències i divergències entre les regions mediterrànies, pel que fa a l'estructura (Capítol 3).

A escala local

- Determinar l'efecte de la temporalitat i l'hàbitat sobre la comunitat de macroinvertebrats de les regions mediterrànies del món, en condicions de referència (Capítol 3).
- Establir convergències i divergències entre aquestes regions, pel que fa a les respostes a aquests aspectes (Capítol 3).
- Estudiar l'efecte de la temporalitat sobre la reducció de l'hàbitat sobre les famílies de macroinvertebrats, en condicions de referència (Capítol 4).
- Estudiar com un determinat hàbitat influeix en la temporalitat o la permanència d'un tram de riu, i les implicacions que això té sobre la comunitat de macroinvertebrats (Capítol 5).
- Estudiar les comunitats de tricòpters de rius mediterranis (Capítol 6).
- Determinar els patrons de distribució espacials i estacionals de les comunitats de tricòpters i els factors ecològics que les afecten, en condicions de referència i no referència (Capítol 7).
- Determinar la resposta de les comunitats de tricòpters a la contaminació, a diferents nivells taxonòmics (família i espècie) (Capítol 8).
- Analitzar les asimetries fluctuants d'alguns paràmetres morfològics larvaris de varies poblacions d'*Hydropsyche exocellata*, i relacionar-les amb les variables ambientals (Capítol 9).

METODOLOGIA

CAPÍTOL 1: Un protocol de mostreig per determinar l'estat ecològic dels rius i rieres de la zona Mediterrània espanyola.

La tesi que presentem aquí s'emmarca dins el Projecte GUADALMED, basat en la determinació de l'estat ecològic de 12 conques mediterrànies del llevant peninsular i les Illes Balears, segons les directrius expressades en la Directiva Marc de l'Aigua (veure Capítol 1, Introducció). Un dels objectius bàsics d'aquest projecte és l'establiment d'un protocol de mostreig que, d'una manera ràpida i eficaç, serveixi per a determinar l'estat ecològic dels rius (el que en termes anglosaxons s'anomena "Rapid Bioassessment Protocols") però, que al mateix temps, també permeti l'obtenció i l'ús de les dades, per estudiar els patrons de distribució dels macroinvertebrats. Per a tal fi, s'ha dut a terme un exercici previ d'intercalibració en un riu Mediterrani de la conca del Segura (veure Capítol 1, Metodologia). Per a dur a terme l'estudi de la qualitat del bosc de ribera, es va aplicar l'índex QBR per cada membre del projecte i els resultats varen ser comparats. Per l'estudi dels macroinvertebrats es varen comparar dos protocols, el Protocol 1 i el 2. El Protocol 1 està basat en una identificació en el camp de les mostres recol·lectades, mentre que en el Protocol 2 es separaren i s'identifiquen en el laboratori. A més a més, pel Protocol 2 es va analitzar el número mínim d'individus que calia comptar per a obtenir un índex biològic representatiu de tota la mostra. Els índexs biològics usats varen ser el IBMWP i el FBILL. La manera de capturar els organismes aquàtics i els aparells utilitzats han estat equivalents en els dos protocols.

OBJECTIUS Capítol 1

Establir el Protocol més escaient per la determinació de l'estat ecològic que permeti l'obtenció de dades útils per a dur a terme estudis més detallats de la comunitat de macroinvertebrats.

RESULTATS Capítol 1

Les comparacions entre els Protocol 1 i el 2 indiquen que ambdós són adequats per obtenir un valor de l'índex IBMWP o FBILL representatiu de la zona mostrejada. No obstant, i depenent dels objectius de l'estudi, la utilització del Protocol 2 permet la obtenció d'una major aproximació en l'estructura de la comunitat, atès que inclou

mesures d'abundància més exactes i recull taxons rars. Així doncs, en estudis on s'usin comunitats de referència (caracteritzades per presentar una elevada diversitat de macroinvertebrats) seria més apropiat l'ús del Protocol 2. No obstant, malgrat que el Protocol 2 suposa un major esforç en el processat de la mostra, aquest podria ser simplificat només comptant 200 individus a l'atzar, ja que a partir d'aquí els rangs dels índexs biològics es mantenen.

CONCLUSIONS Capítol 1

Degut a les poques diferències observades entre mostrejadors, les dades del projecte obtingudes en cadascuna de les conques Mediterrànies podran ser comparades. Els resultats obtinguts de l'aplicació dels Protocols 1 i 2 podran ser comparats, malgrat que es recomana l'ús del Protocol 2 en funció dels objectius de l'estiu.

CAPÍTOL 2: Comparació de metodologies de mostreig per determinar la qualitat biològica en dues àrees de clima mediterrani

Varis mètodes de mostreig són utilitzats arreu per determinar la qualitat biològica dels ecosistemes aquàtics. Sovint aquests mètodes s'han establert prenent com a referència protocols desenvolupats en altres països, on s'han obtingut resultats eficaços, i adequant-los a cada regió. No obstant, poques vegades, un mètode ben establert en una regió, ha estat comparat amb altres mètodes que aporten resultats satisfactoris en regions diferents. Malgrat que algunes convergències són presents entre les diferents regions mediterrànies, alguns factors locals com els microclimes, la geologia el substrat, són els responsables de les divergències en les comunitats de les regions mediterrànies (veure Capítol 3). Per tant, una metodologia desenvolupada en una regió (com la del Capítol 1) podria o no aportar resultats satisfactoris en una altra, i per tant, els estudis sobre convergències o divergències entre regions no serien aplicables.

OBJECTIUS Capítol 2

Comprovar la viabilitat de l'aplicació de dues metodologies de mostreig multihàbitat utilitzades a Sud-àfrica (l'índex SASS5) i a la conca Mediterrània (l'índex IBMWP), a ambdues regions al mateix temps. Com que l'índex SASS5 està dissenyat per ser aplicat en el camp, la seva metodologia ha estat comparada amb el Protocol 1 del

Capítol 1. De manera general, les diferències entre les dues metodologies rauen en els hàbitats mostrejats (per al IBMWP mostregem les zones reòfiles separadament de les lenítiques, i per al SASS5 es mostregen les pedres separadament de la vegetació), la llum de malla de la xarxa utilitzada i l'esforç de recol·lecció i identificació en el camp.

RESULTATS Capítol 2

Ambdues metodologies han obtingut una elevada similitud en el número i el tipus de taxons recol·lectats, tan a Sud-àfrica com a la conca Mediterrània (més d'un 68% de similitud). A més a més, els dos protocols discriminen bé les capçaleres dels trams mitjos dels rius, i les localitats pristines de les lleugerament contaminades. Les comunitats de macroinvertebrats obtingudes de l'hàbitat reòfil i el lèntic del IBMWP han estat similars a les obtingudes de les pedres i a la vegetació en el SASS5, respectivament. En general, tan el mostrejador estranger com el natiu han trobat les mateixes famílies de macroinvertebrats quan han mostrejat en una o altra regió.

CONCLUSIONS Capítol 2

Tant el protocol SASS5 com el IBMWP han obtingut resultats similars pel que fa al nombre de famílies recol·lectades, a la composició de les comunitats i als valors obtinguts dels índexs biològics. Conseqüentment, els mètodes desenvolupats a la zona Mediterrània Ibèrica (Capítol 1) poden ser aplicats satisfactòriament en altres regions mediterrànies. Aquestes conclusions, permeten acceptar el fet que els resultats obtinguts dels mostreigs duts a terme en les diferents regions mediterrànies, puguin ser comparables, ja que reflecteixen de manera adequada la composició de les comunitats.

RESULTATS

COMUNITATS DE MACROINVERTEBRATS — ESCALA REGIONAL

El fet d'establir convergències i divergències entre regions desconnectades és la peça clau per a determinar l'aplicació dels principis ecològics derivats d'estudis locals en una altra àrea. Malgrat que en les regions mediterrànies els estudis locals sobre macroinvertebrats són nombrosos, molt pocs tracten de buscar similituds o diferències amb patrons que tenen lloc en altres regions del mateix clima.

El clima mediterrani va ser originat a finals de Pliocè, i per tant es tracta d'un clima jove en termes geològics. Malgrat que molta de la biota existent en aquestes regions va ser originada molt abans, amb l'establiment del clima les forces de selecció varen actuar de manera similar a totes les àrees, configurant la biota mediterrània actual. Conseqüentment, a l'hora d'establir convergències i divergències entre regions mediterrànies els factors històrics (independents del clima) i els factors ambientals (dependents o no del clima) han de ser considerats. D'aquesta manera es poden establir les similituds i les diferències en l'estructura i les respostes de les comunitats als factors ambientals.

CAPÍTOL 3a: Rius de clima mediterrani al món: convergències i divergències entre regions: Convergències i divergències en l'estructura de la comunitat de macroinvertebrats

OBJECTIUS Capítol 3a

Comparar la composició faunística a nivell de família entre les diferents regions mediterrànies, per tal de conèixer si les diferències degudes a raons històriques poden ser importants per entendre les diferències entre els patrons ecològics.

RESULTATS Capítol 3a

S'han utilitzat un total de 212 famílies per a comparar l'estructura dels macroinvertebrats en els rius mediterranis del món. La major riquesa taxonòmica la trobem a la conca Mediterrània amb 125 famílies, seguida de Califòrnia i el sud d' Austràlia, Sud-àfrica, el sud-oest d' Austràlia i Xile. Les regions de l' Hemisferi nord apareixen altament convergents (94% de similitud) degut a una història biogeogràfica similar i a condicions locals. Sud-àfrica es presenta també propera a Califòrnia i a la

conca Mediterrània (65% de similitud) ateses les connexions històriques existents amb l'hemisferi nord que facilitaren l'intercanvi de taxons. No obstant, els factors locals semblen els responsables d'algunes de les divergències (per exemple, la baixa diversitat de mol·luscs per les aigües àcides i oligotròfiques d'aquestes zones). Els rius mediterranis de Xile, malgrat que presenten algunes connexions amb les regions de l'Hemisferi nord, presenten una comunitat molt pobre degut a factors locals. El sud i el sud-oest d' Austràlia, presenten una comunitat de macroinvertebrats molt diferenciada de la resta de les zones mediterrànies. En el sud-oest australià la comunitat està molt més empobrida en comparació amb la del sud, degut a factors històrics.

CONCLUSIONS Capítol 3a

Els factors històrics però també els locals, són els responsables de les convergències i divergències entre regions mediterrànies a escala regional (veure Figura 3 del Capítol 3). Califòrnia i la conca Mediterrània convergeixen tant per factors històrics com locals, mentre que les regions de l'Hemisferi sud divergeixen per factors històrics i locals.

COMUNITATS DE MACROINVERTEBRATS — ESCALA LOCAL

CAPÍTOL 3b: Rius de clima mediterrani al món: convergències i divergències entre regions: *Convergències i divergències en les respostes de la comunitat de macroinvertebrats a la temporalitat i a l'hàbitat*

OBJECTIUS Capítol 3b

Estudiar l'efecte de la temporalitat i les característiques de l'hàbitat (reòfil i lenític) en les comunitats de macroinvertebrats en les diferents regions mediterrànies, per tal d'establir convergències i divergències en les respostes a aquests factors. Determinar com la riquesa taxonòmica local es troba influenciada per la regional en les diferents regions mediterrànies.

RESULTATS Capítol 3b

Els resultats presentats corresponen als mostreigs realitzats utilitzant la metodologia exposada en el Capítol 1, a la conca Mediterrània, Califòrnia, Sud-àfrica i el Sud-oest d'austràlia. Pel que fa a la temporalitat, excepte pel Sud-oest Austràlia, els resultats mostren diferències significatives entre els rius permanents i temporals, pel que fa a la composició de la comunitat, però no a la riquesa de famílies. En general, s'observa que durant la primavera, els rius permanents de totes les regions mediterrànies presenten una comunitat pròpia de les zones ràpides (Efemeròpters, Plecòpters i Tricòpters), mentre que els temporals estan caracteritzats per macroinvertebrats associats a les zones lèntiques com els Odonats, Heteròpters i Coleòpters. Quan les convergències i les divergències en les respostes a la temporalitat són analitzades entre parells de regions, s'observa que Sud-àfrica i el Sud d'Austràlia presenten una elevada similitud en les respostes a la temporalitat (94.4%). En canvi, Califòrnia i la conca Mediterrània, malgrat compartir un elevat nombre de famílies, la seva resposta a la temporalitat és menys convergent. Finalment, quan la matriu de famílies comunes entre totes les regions mediterrànies és utilitzada, s'obté que les diferències entre regions són majors que les observades entre localitats permanents i temporals. Tot això suggereix que els factors locals que caracteritzen cada regió (per exemple el substrat al sud-oest australià, l'acidesa i oligotrofisme de Sud-àfrica i l'elevada diversitat de tipologies de rius presents en la conca mediterrània) juntament amb els factors històrics (molt

importants al sud-oest australià), podrien ser els responsables d'aquestes diferents respostes observades entre les regions mediterrànies.

Referent a l'hàbitat, totes les regions mediterrànies presenten una comunitat significativament diferent de les zones reòfiles respecte de les lenítiques, tant pel que fa a la composició com a l'estructura. En canvi, el nombre de famílies es similar en ambdós hàbitats. Quan s'analitza la composició de la comunitat de macroinvertebrats en detall, i tal i com hauria d'esperar-se, s'obté que les comunitats reòfiles estan dominades per famílies d'efemeròpters, plecòpters i tricòpters, mentre que les lenítiques ho són per odonats, heteròpters i coleòpters, de manera similar en totes les regions. En aquest cas, s'observa una major similitud entre regions (un 80% per totes les comparacions) que l'obtinguda per la temporalitat. No obstant, quan s'estudia la comunitat comuna per a totes les regions, excepte Califòrnia i la conca Mediterrània, les diferències entre regions segueixen sent majors que les observades entre hàbitats.

Segons diversos autors, la relació entre la riquesa regional i la local, en un conjunt de zones, indiquen la importància relativa dels processos regionals i dels locals que influeixen la riquesa local. Els resultats obtinguts mostren que la relació entre ambdues riqueses és positiva entre el sud-oest d' Austràlia, Sud-àfrica i Califòrnia, el que indicaria que en aquestes zones la riquesa local està condicionada per la regional. En canvi en la conca Mediterrània (i també en alguns casos a Sud-àfrica), la diversitat local també està influenciada per la regional, però al mateix temps per processos locals que la regulen.

CONCLUSIONS Capítol 3b

Les diferents regions mediterrànies convergeixen en respostes a la temporalitat i a l'hàbitat per uns determinats aspectes però no per altres, el que podria estar relacionat amb els factors locals. En general, a la primavera les respostes a la temporalitat són menys convergents que les degudes a l'hàbitat, fet que explicaria que l'hàbitat actua com a un filtre de la comunitat més diferenciador que no la temporalitat.

CAPÍTOL 4: Efectes de tres macrohàbitats diferents en la comunitat de macroinvertebrats en rius mediterranis.

L'hàbitat ha estat considerat com un factor important en la organització i la regulació de la biota. La seva heterogeneïtat ha estat relacionada amb l'existència de nombroses i variades estructures i respostes per part dels organismes, i de manera freqüent s'ha considerat com un dels factors implicats en la diversitat. De manera general, es pot considerar que el concepte d'hàbitat en els rius inclou dos components: un d'estàtic (corresponent al substrat) i un de dinàmic (corresponent al cabal). Atès que sovint s'ha considerat que les característiques hidràuliques són més importants per explicar els patrons espacials i temporals de les comunitats, diversos autors han dividit l'hàbitat fluvial en zones reòfiles (ràpids) i zones lenítiques (basses). No obstant, en rius amb elevades variacions de cabal anuals i interanuals, com en el cas dels mediterranis, en l'efecte de l'hàbitat sobre les comunitats també hauria de considerar-se el factor temporal o estacional, atès que aquest és, de manera natural, modificat pel règim d'avingudes i de sequeres. Així, per exemple, durant una sequera, l'alternança de ràpids-basses es veu alterada de manera seqüencial en el temps, per la pèrdua de les zones reòfiles, en primer lloc, la subseqüent aparició de basses desconnectades, i finalment, la desaparició d'aquestes. No obstant, i malgrat que aquest gradient temporal en les característiques espacials dels rius ha estat descrita per diversos autors, molt pocs han mostrat les respostes dels macroinvertebrats.

OBJECTIUS Capítol 4

Estudiar els canvis de la comunitat de macroinvertebrats i la riquesa taxonòmica en tres macrohàbitats: ràpids, basses amb connexió i basses lents desconnectats. Determinar si les zones lenítiques associades als ràpids actuen com a un hàbitat intermedi segons l'estructura de la comunitat.

RESULTATS Capítol 4

L'estudi es va realitzar a la regió mediterrània de Califòrnia, durant la primavera. Degut a les característiques locals de cada riu o localitat, com ara la presència d'una bona cobertura de ribera o el microclima local, els tres macrohàbitats a testar es poden presentar al mateix temps en una regió, fet que suposa que el factor temporal pugui ser testat amb un únic mostreig.

Els resultats mostraren que la riquesa taxonòmica dels trams de riu amb basses desconnectades era similar a la trobada en els ràpids i a les basses connectades per ràpids. No obstant, es va fer patent una davallada en la relació entre la proporció d'efemeròpters, plecòpters i tricòpters a mesura que la desconnexió amb els ràpids augmentava. De la mateixa manera, l'estructura de la comunitat presentava diferències entre els tres hàbitats, indicant un canvi successiu de comunitats entre els ambients ràpids i els lents desconnectats passant pels lents connectats als ràpids. En aquest últim hàbitat, es va trobar una barreja de les comunitats reòfiles i les pròpies de les bases isolades, malgrat que algunes famílies són al mateix temps, exclusives d'aquest hàbitat.

CONCLUSIONS Capítol 4

L'elevada riquesa taxonòmica trobada en les basses desconnectades, amb la presència d'alguns taxons exclusius d'aquest hàbitats indicaria que aquests macrohàbitats funcionen com a illes isolades, però no com a refugis de famílies reòfiles davant d'una sequera. Les zones lèntiques associades als ràpids, apareixen com un hàbitat de transició entre els ràpids i els lents isolats. D'aquesta manera es pot establir un gradient d'estacions i de comunitats entre els ràpids més ben diferenciats cap als lents isolats, el que és congruent amb l'estructura de la comunitat però no amb el número de taxons. Al mateix temps, al llarg d'aquest gradient s'observa un increment en la variabilitat de les comunitats de macroinvertebrats en els punts, el que podria estar relacionat amb el temps en què un hàbitat lent isolat funciona com a tal.

CAPÍTOL 5: Heterogeneïtat espacial i temporal en la riquesa de la comunitat i les estratègies biològiques en un sistema mediterrani temporal: relacions amb el "River Habitat Template".

En el Capítol anterior veiem com la temporalitat comporta una alteració de l'hàbitat que té conseqüències en les comunitats de macroinvertebrats. No obstant, malgrat que el clima mediterrani és, potser, un dels factors més importants a l'hora de determinar si un riu en un any concret serà o no temporal, altres factors poden estar-hi relacionats, com per exemple, les característiques de l'hàbitat. Per tal d'establir aquesta relació, l'heterogeneïtat de l'hàbitat fluvial ha de ser quantificada i comparada amb el grau de temporalitat de les estacions analitzades.

Els ecosistemes són heterogenis en l'espai i el temps. Varis factors han estat relacionats amb aquesta heterogeneïtat, com ara els abiòtics, els biòtics o les pertorbacions humanes i naturals. La teoria de l'"Habitat Template" està basada en la idea de què l'hàbitat és un marc on l'evolució determina estratègies biològiques adaptades. En la seva aplicació en els sistemes aquàtics, l'"Habitat Template" estableix un espai dimensional constituït per l'heterogeneïtat temporal i l'espacial, en el qual diferents estratègies biològiques hi estan associades.

Depenent del grau de temporalitat, els rius es poden classificar en permanents (l'aigua flueix tot l'any), intermitents (l'aigua roman en basses desconnectades a l'estiu) o efimers (el riu flueix uns pocs mesos a l'any només després de pluges importants). Conseqüentment, l'heterogeneïtat temporal augmenta dels rius permanents als efimers.

OBJECTIUS Capítol 5

Determinar l'heterogeneïtat espacial en la composició de l'hàbitat i examinar com aquesta heterogeneïtat espacial afecta a l'heterogeneïtat temporal dels rius permanents, intermitents i efimers. Estudiar quina és la influència d'ambdues heterogeneïtats en la riquesa de macroinvertebrats i les seves estratègies biològiques.

RESULTATS Capítol 5

Per tal de quantificar si l'hàbitat afectava a la temporalitat, es varen formular les següents hipòtesis, segons les quals el riu seria més temporal si: (1) en el substrat dominen els sòcols de roca en lloc de les graves i els còdols, (2) les basses són més dominants que les zones ràpides, (3) si a l'hivern hi ha un elevat cabal i (4) si a l'estiu hi ha flux d'aigua. Aplicant aquests criteris, les localitats mostrejades es varen ordenar de més a menys permanència a menys permanència, i se'n va definir el RPS ("reach permanence score" o grau de permanència del riu) el qual es va comparar amb l'estat del riu observat a l'estiu. Segons els resultats obtinguts el RPS definit a partir del component físic de l'hàbitat està estretament relacionat amb el grau de temporalitat, distingint-se rius permanents, intermitents i efimers. En tots aquests rius existeix un canvi en la comunitat entre l'època humida (hivern) amb la seca (estiu), distingint-se tres grups de famílies: les reòfiles dominants a l'hivern, les lenítiques a l'estiu i les comunes.

No s'han trobat diferències significatives en la riquesa de macroinvertebrats entre els rius permanents i els intermitents, però sí en els efimers. Els resultats de l'anàlisi de les estratègies biològiques indiquen que aquestes eren diferents en els rius permanents, temporals i efimers. Així, en els intermitents les espècies presenten unes estratègies tipus K, associades als ambients de bassa. En canvi, en els permanents no es troba un patró clar de les estratègies dominants indicant l'existència d'una barreja d'estratègies. Finalment, en els rius efimers, les espècies dominants tenien estratègies tipus r, per la poca durada del medi.

CONCLUSIONS Capítol 5

L'hàbitat i la temporalitat poden ser interdependents. L'hàbitat pot canviar la temporalitat i la temporalitat fa canviar l'hàbitat. Els rius permanents posseeixen una elevada heterogeneïtat espacial fruit d'un hàbitat complex i una baixa heterogeneïtat temporal, atesa la seva poca variabilitat en el temps. Els rius intermitents tenen una heterogeneïtat espacial i temporal intermedia. Els cursos efimers tenen una elevada heterogeneïtat temporal però no espacial, la qual es manifesta en una riquesa de macroinvertebrats diferenciada de la dels trams permanents o intermitents. En tots els casos existeixen diferències entre les comunitats presents en l'època humida i la seca.

En l'aplicació del marc conceptual establert en el "River Habitat Template" als rius mediterranis s'aprecien diferències en les estratègies biològiques en el gradient permanent-efímer.

COMUNITATS DE TRICÒPTERS — ESCALA LOCAL

Tot i que nombrosos autors assenyalen que els patrons ecològics observats a nivell de família (tractat en els capítols anteriors) es corresponen bé amb els mostrats pels gèneres i les espècies, d'altres incideixen en el fet que sovint les espècies donen informació més precisa de la resposta de les comunitats davant factors externs. Aquest tema ha estat àmpliament debatut en el camp del biomonitoratge, i malgrat que no existeix un consens clar, en general s'entén que l'ús d'un o altre nivell taxonòmic dependrà dels objectius fixats en l'estudi.

Per determinar l'estructura i les respostes d'un nivell taxonòmic inferior al de família en els sistemes mediterranis s'ha utilitzat l'ordre dels tricòpters, atès que aquests organismes són un grup ideal degut a la seva diversificada adaptació als ecosistemes aquàtics

CAPÍTOL 6: Trichoptera (Insecta) de les conques Mediterrànies Ibèriques: notes taxonòmiques i requeriments ecològics.

És ben conegut que la fauna de la conca Mediterrània presenta una elevada diversitat i alt nombre d'espècies endèmiques, com a resultat de la interacció de complexos factors històrics i ecològics. En aquest sentit, a la Península Ibèrica, l'ordre dels tricòpters comprèn nombroses espècies (331), comparat amb zones més temperades. Els primers estudis de tricòpters a la Península Ibèrica daten de mitjans del segle XIX, malgrat que la major part dels treballs han estat fets més recentment. No obstant, existeix un coneixement diferencial de la fauna dels tricòpters, atès que la majoria d'estudis s'han dut a terme a la meitat nord de la Península. Els tricòpters de les conques Mediterrànies han estat poc estudiats, malgrat que es coneixia la presència de varies espècies, gràcies a estudis ecològics realitzats en algunes conques, o a captures disperses realitzades per diversos autors.

Les larves de tricòpters recol·lectats en 11 conques Mediterrànies, incloses en el projecte GUADALMED, així com d'altres estudis realitzats principalment a la regió nord-est Peninsular, varen ser identificades al nivell taxonòmic més fiable. Atès que les dificultats per identificar larves són nombroses, sobretot per algunes famílies, el mostreig de les larves va estar acompanyat, quan va ser possible, tant per la recol·lecció d'adults, com de pupes. Les identificacions fetes a partir d'aquests estadis més tardans, són molt més fiables i ens ajuden a confirmar la presència de certes espècies, que a nivell larvari són dificultoses.

OBJECTIUS Capítol 6

Presentar un llistat faunístic de les espècies de tricòpters recol·lectades en el llevant Mediterrani peninsular, amb indicacions sobre la distribució i l'ecologia de les larves i dels adults. A més a més, mostrar les peculiaritats taxonòmiques d'algunes espècies. Finalment, determinar el percentatge d'espècies amb distribució europea, nord ibèrica-africana i endèmica pel conjunt de conques agrupades segons estiguin ubicades al nord, centre o sud de la Península Ibèrica.

RESULTATS Capítol 6

De les 12499 larves 177 pupes i 261 adults recol·lectats en 169 estacions de mostreig, 91 espècies han estat identificades. D'aquestes espècies cal destacar que es confirma la presència a la Península Ibèrica de *Glyphotaelius pellucidulus*, fins ara només coneguda a partir d'estadis larvaris. A més a més, es fan observacions taxonòmiques sobre espècies de larves que romanen sense descriure i s'aporten algunes evidències d'una possible espècie nova. Finalment, s'inclouen dades sobre els requeriments de les espècies que ajuden a afinar els rangs de tolerància i de distribució coneguts fins ara.

La majoria d'espècies presents en les conques del nord, centre i sud del Mediterrani Peninsular, presenten un distribució europea. S'observa, de nord a sud, una davallada en la proporció d'espècies europees i un increment en les endèmiques i les compartides amb nord Àfrica.

CONCLUSIONS Capítol 6

S'amplien les àrees de distribució d'algunes espècies, es confirma la presència d'altres i s'indiquen rellevants informacions taxonòmiques i ecològiques per a futurs estudis.

CAPÍTOL 7: Patrons de distribució dels tricòpters en els rius Mediterranis de la Península Ibèrica.

L'ecologia de les comunitats, i sovint també la biogeografia, estan interessades en detectar els patrons en les comunitats i en determinar-ne els factors responsables. Els ecòlegs, tradicionalment, s'han centrat en l'estudi de les forces abiòtiques i biòtiques, mentre que els

biogeògrafs inclouen també els factors històrics, malgrat que sovint aquesta diferenciació no és fàcil. L'estudi dels patrons és altament depenent de l'escala, i s'entén, que els factors que controlen les distribucions dels organismes també ho són.

OBJECTIUS Capítol 7

Determinar els patrons de distribució i els factors ecològics implicats en la distribució dels tricòpters del llevant Peninsular.

RESULTATS Capítol 7

En el camp de la biogeografia, s'accepta que les àrees de distribució són heterogènies en l'espai i el temps. En els sistemes mediterranis, on els rius són molt variables en el temps i en l'espai, els patrons de les comunitats haurien de ser entesos en ambdós sentits. Així, en aquest Capítol s'han utilitzat les dades del projecte GUADALMED corresponents a quatre èpoques de l'any. Els resultats previs del capítol mostren que l'estacionalitat és rellevant per la comunitat de tricòpters diferenciant-se unes comunitats concretes en cada estació, malgrat que un conjunt d'espècies es trobin representades durant tot l'any. Els patrons espacials doncs, han estat analitzats extraient la variabilitat estacional.

La riquesa taxonòmica ha estat variable al llarg del Mediterrani, amb un màxim localitzat a la conca del Segura. D'entre els taxons representats, alguns s'ubiquen en totes les conques com ara *Hydroptila* sp. o *Hydropsyche* gr. *pellucidula*, però altres han estat recol·lectats, majoritàriament, a les conques del nord o del sud, sent el Segura la zona de transició. A més a més, també s'observen connexions entre les conques més ubicades al nord (Pirineus) i al sud (Sierra Nevada).

Quan la distribució dels tricòpters s'intenta explicar amb les variables ambientals mesurades, s'obtenen cinc grups de taxons associats a cinc tipus de rius: capçaleres calcàries, capçaleres silíciques, trams mitjos de rius sedimentaris i margosos, trams mitjos de rius calcaris i trams baixos de rius calcaris i sedimentaris. Aquests grups estan definits per una sèrie de factors ambientals: conductivitat, àrea de la conca, índex biològic, ordre del riu, característiques de l'hàbitat fluvial i del bosc de ribera, altitud, amplada del canal, i geologia, que actuen a diferents escales. Existeixen diferències significatives entre els tricòpters associats a cadascun d'aquests grups. Les

comunitats de tricòpters trobades en les capçaleres calcàries i silíciques mostren una elevada convergència, malgrat que cada grup presenta vàries espècies exclusives.

Les variables ambientals més importants per explicar la distribució dels tricòpters són la geomorfologia seguides dels paràmetres físico-químics. Malgrat que la temporalitat és un factor clau en els rius mediterranis, sembla poc important en la distribució dels tricòpters, encara que algunes espècies semblen estar-hi associades.

CONCLUSIONS Capítol 7

Els patrons observats en la distribució dels tricòpters són heterogenis en l'espai i en el temps, i els factors implicats són una barreja de variables que afecten a escala gran (de conca) i petita (de tram o de punt de mostreig). Les variables relacionades amb la zonació longitudinal i la geologia són les més significatives per explicar la distribució dels tricòpters. L'elevada riquesa observada a la conca del Segura, amb una barreja d'espècies de conques àmpliament distribuïdes al nord amb d'altres del sud, podria estar relacionada amb factors històrics. Tot això, indicaria que una barreja de factors locals i històrics podria explicar la distribució dels tricòpters.

CAPÍTOL 8: Òptims i perfils ecològics dels tricòpters en els rius Mediterranis.

En el capítol anterior s'ha demostrat que la distribució dels tricòpters en els rius Mediterranis està altament influenciada per variables morfològiques i poc per variables de qualitat. No obstant, això no significa que aquests organismes no estiguin afectats per la contaminació. De fet, per la seva elevada sensibilitat a la contaminació, els tricòpters han estat utilitzats en nombroses ocasions com a marcadors de la qualitat de l'aigua. Així, han estat inclosos a nivell d'ordre en alguns protocols multimètrics o utilitzats en els índexs biològics a nivell de família o d'espècie. Sovint molts d'aquests índexs s'han desenvolupat tenint en compte les toleràncies ambientals de les famílies i les espècies. No obstant, però, els valors de tolerància de les espècies s'han obtingut mitjançant observacions al camp, sense estudis específics que avaluessin la seva validesa.

Si bé fins ara els factors de temporalitat i hàbitat han estat clau per explicar alguns els patrons de les comunitats de macroinvertebrats, en el present capítol ens centrarem en l'efecte de la contaminació sobre les comunitats de tricòpters.

OBJECTIUS Capítol 8

Determinar els efectes de la contaminació en la comunitat de tricòpters a nivell de família i espècie (o gènere en alguns casos), establint toleràncies ambientals a una sèrie de variables químiques i biològiques mesurades.

RESULTATS Capítol 8

Els òptims i la tolerància de les famílies i espècies de tricòpters han estat establerts per les següents variables: IBMWP, QBR, oxigen, amoni, nitrats, fosfats, sulfats, clorurs, sòlids en suspensió i conductivitat. Els valors d'òptims i toleràncies obtinguts mostren que diferents taxons estan afectats de diferent manera per cadascuna de les variables utilitzades. No obstant, en general s'observa que a nivell de família els Glossosomatidae (considerats comunament com a indicadors de bona qualitat), els Hydroptilidae i Hydropsychidae presenten òptims a valors baixos dels índexs biològics i de ribera i a elevades concentracions dels paràmetres químics. En canvi, famílies com Brachycentridae, Sericostomatidae, Lepidostomatidae o Odontoceridae apareixen molt sensibles a la contaminació. A nivell d'espècie s'observen toleràncies ecològiques similars a les observades amb les famílies, quan la família conté poques espècies o és molt sensible a la contaminació. En canvi, en altres casos (com per exemple succeeix amb els Hydropsychidae), les toleràncies observades a nivell de família són molt diferents de les que obtingudes de les espècies.

Quan totes les variables ambientals es representen per cadascun dels taxons, s'obtenen els perfils ecològics. Atès que les variables ambientals mesurades afecten de manera diferent a cada família o espècie, aquests perfils ens ajuden a entendre, d'una manera global, la tolerància o la sensibilitat de cada taxó a la contaminació. Dels resultats d'aquests perfils ecològics hem establert un índex que indica el grau d'intolerància d'un taxó a la contaminació, anomenat DIS ("Degree of Intolerance Score"), el que podria ser la base d'un índex biològic a nivell d'espècie similars als utilitzats en altres països. Quan el DIS, a nivell de família, es compara amb els valors d'intolerància establerts en el IBMWP, s'observa que en general hi ha un bon ajust. No obstant, en alguns casos com en els Glossosomatidae, el valor obtingut a nivell de família amb el DIS és molt menor al nivell de tolerància indicat en el IBMWP, el que està relacionat amb que algunes espècies d'aquesta família són capaces de tolerar

elevades salinitats (probablement d'origen natural) i certa contaminació per amoni, però d'altres no.

CONCLUSIONS Capítol 8

Diferents variables indicadores de contaminació afecten, de manera diferent, a les famílies i espècies de tricòpters. Els patrons observats per les famílies i les espècies són similars en alguns casos però diferents en altres, el que està relacionat amb la diversitat específica i el grau d'intolerància. L'obtenció d'un índex que mesuri el grau d'intolerància de les famílies i espècies podria ser la base per l'establiment d'un índex biològic basat en tricòpters. Les toleràncies de les famílies expressades a l'índex IBMWP en general s'ajusten bé a les toleràncies ambientals trobades.

POBLACIONS DE TRICÒPTERS — ESCALA LOCAL

CAPÍTOL 9: Relació entre la contaminació i l'asimetria fluctuant de les larves del tricòpter tolerant *H. exocellata* (Trichoptera, Insecta)

En el capítol anterior, la relació entre els tricòpters i la contaminació s'ha tractat des del punt de vista de la família i de l'espècie. Malgrat que nombrosos estudis han mostrat que els tricòpters són uns bons indicadors de la qualitat de l'aigua a nivell d'espècie i família, utilitzant tan larves com adults, menys freqüent han estat l'ús de paràmetres poblacionals dels tricòpters per expressar la contaminació de l'aigua. D'aquests, cal destacar els estudis de deformitats morfològiques, canvis en patrons de coloració, testos de toxicitat i, més recentment, asimetries en paràmetres morfològics. Els estudis que analitzen els efectes de la contaminació sobre els individus són interessants atès que aporten informació sobre el grau d'afecció de la contaminació sobre l'espècie estudiada, i per tant poden ser vitals per prevenir la seva desaparició en condicions més desfavorables.

Nombrosos estudis reforcen la idea que l'estrès ambiental que una espècie pateix durant el desenvolupament, es tradueix en asimetries morfològiques que poden afectar a varis paràmetres. De les tres asimetries que es coneixen, la fluctuant sembla ser la que està més relacionada directament amb l'estrès (encara que no és l'única), i per tant ha estat considerada com a una indicadora de la qualitat ambiental. Així, els estudis que relacionen la qualitat de l'aigua amb els nivells d'asimetria dels macroinvertebrats estan augmentant darrerament. No obstant, la majoria d'aquests treballs estan basats en l'anàlisi de pocs paràmetres morfològics que, a l'hora, es relacionen amb poques variables indicadores d'estrès ambiental.

OBJECTIUS Capítol 9

Determinar els nivells d'asimetria en les larves d'*Hydropsyche exocellata*, en diversos punts del tram mig i baix del riu Llobregat. Relacionar aquests nivells d'asimetria amb la qualitat química de l'aigua mesurada al Llobregat.

RESULTATS Capítol 9

Es varen mesurar 20 caràcters morfològics de les larves d'*H. exocellata*, dels quals només dos varen ser eliminats degut a l'elevat error de mesura que mostraven. Dels restants, tots, excepte la longitud de la mandíbula, varen mostrar la presència

d'asimetria fluctuant i, per tant, varen ser relacionats amb la qualitat ambiental. Els nivells d'asimetria augmenten riu avall del Llobregat, però amb intensitat del caràcter utilitzat. A més a més, l'efecte de la contaminació és també diferent en funció del caràcter analitzat. En general però, la salinitat (clorurs i conductivitat) i, en alguns casos els fosfats han estat les variables més correlacionades amb l'asimetria.

CONCLUSIONS Capítol 9

Hi ha una estreta relació entre els nivells de contaminació del riu Llobregat i l'augment de l'asimetria fluctuant per a tots els paràmetres mesurats. No totes les variables químiques utilitzades es relacionen amb l'asimetria fluctuant. Així, la contaminació per sals i fosfats semblen ser les variables més implicades, encara que la seva influència no és equivalent en totes les variables morfològiques.

Brief introduction and objectives

INTRODUCTION

In all ecosystems, patterns and processes are highly influenced by spatial and temporal scales, and the organization level used. The scale effect over communities has been widely discussed either, in terrestrial and aquatic ecosystems. Very often, the choice of the correct scale has been considered the main problem in ecology. This phenomenon is based on the idea that the factors affecting communities can vary depending on the observation scale, and therefore, patterns and processes do as well. Similarly, although several controversies can be found in literature, patterns and processes can also be influenced by the organization and taxonomical level used. The work we present here try to study macroinvertebrates from mediterranean aquatic ecosystems at different scales, organization and taxonomical levels.

The mediterranean climate

Mediterranean climate is characterized by a high seasonality with wet and cold winters and dry and hot summers. Overall, two factors can be used to define mediterranean climate: over 65% of the annual precipitation falling in winter (although in some areas the wet period goes from autumn to spring), and the presence of a summer drought with length and intensity variables. The mean annual precipitation varies between 275-900 mm/a, although sometimes this is not as fixed, and some definitions exclude the maximum level of annual precipitation.

There are five regions in the world that present a typical mediterranean climate, called mediterranean regions¹: Mediterranean Basin, California, Chile, South Africa and south and southwestern Australia. They are located in the west side of the continents between 32° and 40° N and S. The extension of the mediterranean area is between 1-4 % of the earth surface according to different authors, what demonstrates the numerous discrepancies in its delimitation because several subclimates can be established. However, numerous studies agree with the presence of several convergences in biota between mediterranean regions, as a consequence of the seasonality of the climate. Although most of these studies are focused in plant communities, nowadays the comparisons between invertebrates and vertebrates are increasing. Most of these convergences have been related with a high seasonal water stress enhancing the presence of several specific physiological, morphological and behavioral adaptations. In that sense, resilience and resistance are common attributes in mediterranean biota. Moreover, mediterranean regions are characterized by a high biological diversity, what has been related with the high temporal (dependent on the climate) and spatial (independent on the climate) heterogeneity.

Mediterranean rivers

We have considered mediterranean rivers as those influenced by mediterranean climate (i.e., affected by a seasonal heterogeneity in the precipitation and temperature regimes). As several subclimates can be distinguished in the mediterranean climate, according to the orography, altitude, oceanic influences... several river typologies can be distinguish in mediterranean rivers. Thus, mediterranean rivers could include from permanent rivers with snowy influence until “ramblas” in arider areas. Overall, mediterranean rivers are characterized by an annual and interannual discharge regime with annual floods and droughts. In that sense, mediterranean rivers are subjected to two annual predictable perturbations (but with intensity and frequency unpredictable) implying the presence of permanent and temporary rivers (including intermittent and ephemeral ones). Several studies have demonstrated the numerous adaptations of aquatic organisms to floods and droughts, what would imply several convergences in patterns and responses of organisms in mediterranean rivers around the world. However, temporality is a most dramatic factor to the community than floods, and thereby it is much more interesting to study convergences and divergences between regions,

¹ Mediterranean is written with “M” when is referred to the Mediterranean Basin, and with “m” when it speaks about the climate.

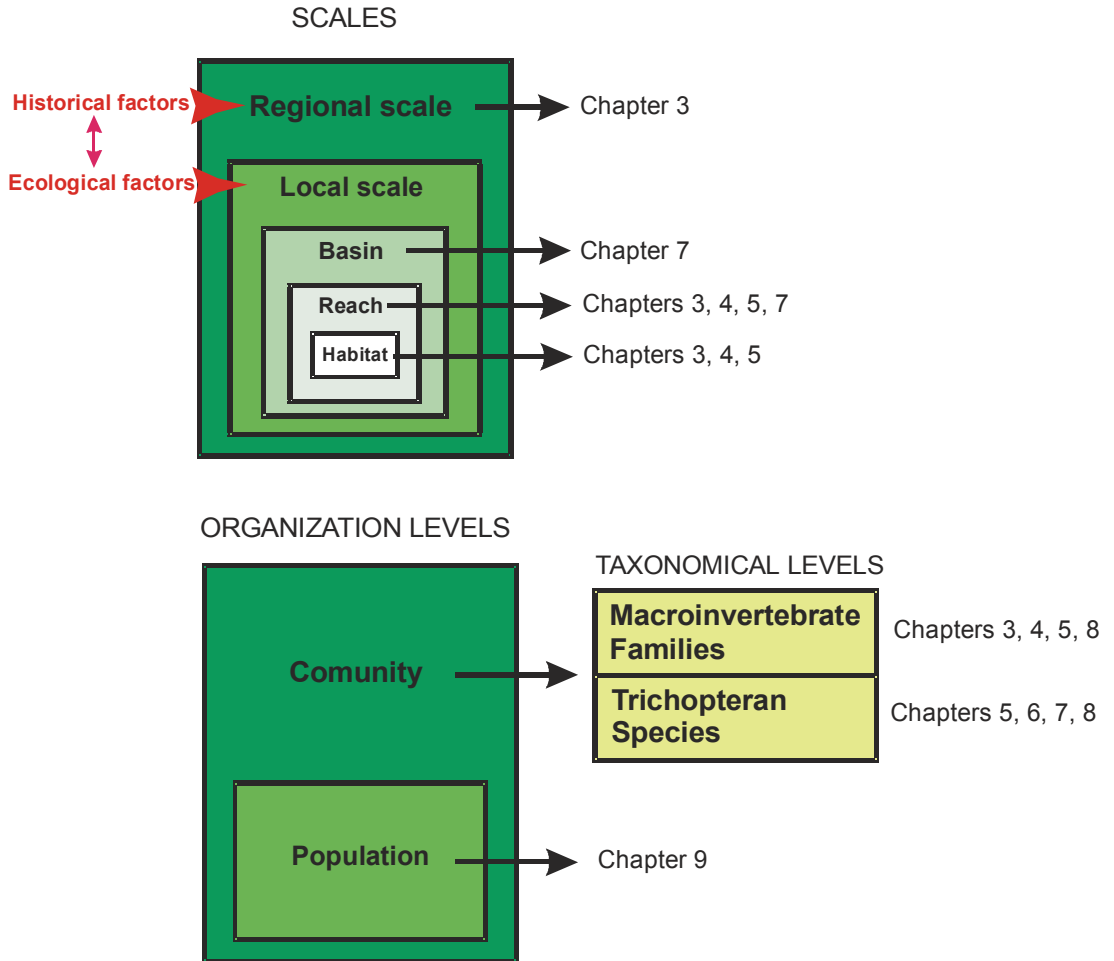
The drought effects on the mediterranean river imply a community reorganization of macroinvertebrate communities, as the habitat is highly modified firstly by the lost of riffles and finally by the lost of pools.

Despite of these natural perturbations, mediterranean rivers are subjected to numerous human alterations, affecting aquatic communities. In that sense, some authors have been considered that nowhere else in the world aquatic fauna is declining as rapidly than in mediterranean regions because of non-native introductions, high population density, limited availability of water and unsatisfactory management.

STRUCTURE AND OBJECTIVES

The general objective of this work is to determine patterns and responses of macroinvertebrates in mediterranean rivers at different scales, grouped in regional and local ones (see attached figure). Regional scale is understood here, as the one related to historical factors occurring in large regions, allowing the presence of several taxa but no others. On the other hand, local scale is referred to the one mainly determined by ecological factors allowing the presence of organisms in specific environmental conditions inside a region. As the rivers are organized hierarchically there are several scales included in the local one. From those, we have focused our work in three: basin, reach (differences between headwaters, midstreams and lowland reaches; differences between permanent and temporary reaches) and habitat. Jointly with the study of the macroinvertebrate communities at different spatial scales, temporal scale has been also included in some cases, but less frequently.

Moreover, the present work is focused in the study of the macroinvertebrates at different organization levels (community and population) including different taxonomical levels (family and species). For analysis populations and species, Trichoptera has been selected because its relatively poorly known groups in the studied areas, what at the same time will provided faunistic and ecological information outstanding for future studies.



The present study comprises 9 chapters. Each one included an introduction, methodology, results, discussion and references. The chapters can be grouped in three groups: 2 methodological, 3 of macroinvertebrate communities at family level, and 4 of caddisfly communities at family, species and population levels.

The specific objectives of the study are:

Methodological

- To establish a methodology for sampling macroinvertebrate communities in mediterranean rivers (Chapter 1).
- To evaluate the applicability of this methodology in other mediterranean regions in the world (Chapter 2).

Regional scale

- To study the macroinvertebrate structure in the mediterranean regions of the world (Chapter 3).
- To establish convergences and divergences between mediterranean regions according to its structure (Chapter 3).

Local scale

- To determine the effects of temporality and habitat over the macroinvertebrate community in mediterranean regions of the world in reference conditions (Chapter 3).
- To establish convergences and divergences between mediterranean regions according to their responses to temporality and habitat (Chapter 3).
- To study the effect of the temporality over the habitat reduction and its influence on macroinvertebrate communities in reference conditions (Chapter 4).
- To study how a specific habitat determines temporality or permanency of a reach and its effects on macroinvertebrate communities in reference conditions (Chapter 5).
- To study the caddisfly communities in Spanish mediterranean rivers (Chapter 6).
- To determine the spatial and seasonal distribution patterns of caddisfly communities and the ecological factors implied in reference and non-reference conditions (Chapter 7).
- To determine the response of caddisfly communities to pollution at different taxonomical levels (families and species) (Chapter 8).
- To analyze the fluctuating asymmetry of some morphological traits in several larval populations of *Hydropsyche exocellata*, and relate it with environmental variables (Chapter 9).

