

Estudi de la biodiversitat de macroinvertebrats de l'embassament del Foix i avaluació del seu estat ecològic mitjançant l'ús de les exúvies de quironòmids com a bioindicadors

Núria Sánchez-Millarvela, Miguel Cañedo-Argüelles i Maria Rieradevall
Grup de recerca FEM (Freshwater Ecology and Management). Parc Científic. Universitat de Barcelona

Resum

La qualitat de l'aigua a l'embassament del Foix es va estudiar mitjançant l'aplicació del protocol CPET (*Chironomid Pupal Exuvial Technique*) i l'anàlisi de les comunitats de macroinvertebrats al litoral. Els resultats ens mostren una comunitat molt poc diversa, representada majoritàriament per oligoquets i quironòmids, pròpia d'ambients lenítics hipereutròfics. Els resultats de l'índex CPET indiquen que les comunitats de l'embassament es troben sota un «estrès ambiental sever» i que estan caracteritzades per espècies tolerants a la contaminació orgànica.

Paraules clau

Estat ecològic, bioindicadors, quironòmids, macroinvertebrats aquàtics, epifiton

Resumen

Estudio de la biodiversidad de macroinvertebrados del embalse del Foix y evaluación de su estado ecológico mediante el uso de exuvias de quironómidos como bioindicadores

La calidad del agua del embalse del Foix se estudió mediante la aplicación del protocolo CPET (*Chironomid Pupal Exuvial Technique*) y el análisis de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos desarrolladas en el litoral. Los resultados nos muestran una comunidad muy poco diversa, representada mayoritariamente por quironómidos y oligoquetos, propia de ambientes leníticos hipereutróficos. Los resultados del índice CPET indican que las comunidades del embalse se encuentran bajo un «estrés ambiental severo» y que están caracterizadas por especies tolerantes a la contaminación orgánica.

Palabras clave

Eestado ecológico, bioindicadores, quironómidos, macroinvertebrados acuáticos, epifiton

Abstract

Study of the biodiversity of macroinvertebrates in the Foix Reservoir and evaluation of their environmental status using chironomid exuviae as bioindicators

The quality of the water in the Foix Reservoir was studied by means of the use of the CPET protocol (*Chironomid Pupal Exuvial Technique*) and analysis of the colonies of aquatic macroinvertebrates along the shore. The results show there is little diversity in these colonies, which consist in the main of chironomids and oligochaetes, which is typical of hypereutrophic lentic environments. The results of the CPET index indicate that colonies in the reservoir are under "severe environmental stress" and that they are characterised by species that tolerate organic pollution.

Keywords

Ecological state, bioindicators, chironomids, aquatic macroinvertebrates, epiphyte

Introducció i objectius

Segons les directrius proposades en la Directiva marc de l'aigua (Directiva europea 2000/60/CE, d'ara endavant DMA), cal fer una avaluació de l'estat ecològic de les masses d'aigua que es troben al territori dels diferents estats de la UE, de manera que es puguin prendre directrius de gestió adequades a la conservació d'aquests espais. Les masses d'aigua inclouen rius, llacs, embassaments, costes i també zones humides de difícil categorització per la seva gran heterogeneïtat tipològica. D'entre els indicadors de qualitat que es proposen, els macroinvertebrats aquàtics en són un dels principals exponents, atesa la seva gran ubiquïtat i la seva elevada capacitat bioindicadora de l'estat ecològic dels ecosistemes aquàtics.

Un dels grups més abundants i diversos de macroinvertebrats aquàtics són els quironòmids. S'estima que hi ha entre 10.000 i 15.000 espècies de quironòmids a nivell mundial (Armitage, 1995) i unes 200 espècies als països catalans (Soriano *et al.*, 1997). Aquest grup presenta un ampli espectre ecològic que li proporciona una resolució i una sensibilitat elevades a l'hora d'interpretar el medi ambient (Warwick, 1990), la qual cosa els atorga un valor molt alt com a bioindicadors. La seva tolerància a factors d'estrès fa que moltes vegades siguin pràcticament els únics macroinvertebrats, juntament amb els oligoquets, en ambients molt eutrofitzats. Així doncs, els índexs basats en aquest grup resulten molt útils a l'hora de monitoritzar l'estat ecològic de sistemes que es veuen afectats per diverses fonts d'estrès, com és el cas dels embassaments, que solen suportar càrregues tròfiques molt elevades. Tot i això, la dificultat taxonòmica de les larves de quironòmids ha condicionat la seva identificació a baixa resolució i ha fet que la majoria d'índexs biològics per la determinació de la qualitat de l'aigua basats en macroinvertebrats consideri els quironòmids a nivell de família. Aquesta resolució pot ser suficient en ecosistemes amb gran varietat de grups taxonòmics diferents, com és el cas dels rius, però en els embassaments la importància relativa dels quironòmids pot ser, i sol ser, major (Prat *et al.*, 1992). En el procés d'emergència els individus adults de quironòmids deixen unes restes quitinoses a la superfície de l'aigua anomenada exúvia pupal, la qual presenta característiques morfològiques diferencials que permeten una resolució taxonòmica a nivell d'espècie. Per aquest motiu, s'ha pro-

posat fer la diagnosi de la qualitat de l'aigua a partir de la composició i l'abundància de les espècies de quironòmids identificades mitjançant les exúvies pupals (Wilson & Ruse, 2005).

En el marc del Programa de seguiment dels sistemes aquàtics de l'embassament del Foix de la Diputació de Barcelona (2007-2008) es van caracteritzar i quantificar les comunitats de macroinvertebrats aquàtics d'ambients litorals de l'embassament del Foix, es va determinar la biodiversitat de quironòmids i es va aplicar l'índex CPET (*Chironomid Pupal Exuviae Technique*) de diagnosi de qualitat de l'aigua.

Metodologia

Biodiversitat de macroinvertebrats aquàtics litorals

Ateses les característiques hipereutròfiques de l'embassament del Foix, aquest estudi sobre els macroinvertebrats aquàtics s'ha centrat en els ambients litorals. En efecte, l'elevada anòxia de les seves aigües (amb concentracions màximes en superfície inferiors al 50% d'oxigen dissolt) i la presència de sulfhídric comporta la pràctica desaparició de la fauna bentònica dels sediments profunds de l'embassament.

El litoral s'ha estudiat amb dues metodologies:

1. Una mostra integrada *semiquantitativa* mitjançant escombrats amb una xarxa de mà de 250 µm de llum sota la superfície de l'aigua i entre els substrats del fons i la vegetació (*sweep method*), sempre amb el mateix esforç de mostreig (s'han dut a terme vint passades amb la xarxa). Aquesta mostra recull tots els organismes de l'hàbitat litoral, tant els que naden a l'aigua enmig de la vegetació helofítica o la submergida, com els que es troben de manera perifítica (fixats o no) sobre la vegetació. Es van agafar mostres en tres punts diferents de l'embassament, que coincideixen amb tres tipus d'hàbitat (fig. 1):

Punt A: zona d'acumulació de materials (deixalles, vegetació morta, etc.) on proliferen les algues. Aquest ambient és força present a l'embassament. Són zones recollides de l'embassament que normalment coincideixen amb les zones de pesca i on els materials són portats i acumulats pels corrents superficials d'aigua.

Punt B: zona de *Phragmites australis*. Aquest helòfit és molt comú als ambients lenítics i normalment forma anells de vegetació al litoral de llacs i



Figura 1. Punts de mostreig de mostres semiquantitatives de macroinvertebrats al litoral de l'embassament. Punt A: zona d'acumulació de materials detrítics i de proliferació d'algues a la zona superficial; punt B: zona de *Phragmites australis*; punt C: zona de substrat rocós sense vegetació litoral. Aquest és l'ambient predominant a l'embassament.

llacunes. A l'embassament del Foix els canyissars de *Phragmites australis* no són gaire freqüents ni densos, potser a causa de la forta inclinació del pendent del litoral, que no permet que s'hi establint l'helòfit.

Punt C: zona de substrat rocós sense vegetació litoral. Es tracta de l'ambient predominant a l'embassament.

2. Un estudi *quantitatiu* de les comunitats de macroinvertebrats epífittics sobre *Phragmites australis* (canyís). Hem aplicat el mètode Kornijów i Kairesalo (1994), que consisteix a recol·lectar tiges submergides del canyís de manera individual o en grups mitjançant un tub de PVC transparent i resistent de sis centímetres de diàmetre i quaranta centímetres de longitud. Les tiges recollides es renten i se n'extreuen els organismes presents, els quals es filtren i es guarden en pots on són fixats per a la seva conservació en formol al 4%. Les tiges es mesuren en longitud i diàmetre i se'n calcula la seva superfície colonitzable.

Al laboratori s'identifiquen tots els grups de macroinvertebrats al nivell de resolució taxonòmica més alta possible (excepte els oligoquets, que es resol·dran a nivell de família). Amb la informació extreta, es calcula la densitat d'individus per superfície mostrejada (en el cas de les mostres quantitatives) i el percentatge en abundància dels tàxons presents.

Estudi de la biodiversitat de dípters quironòmids

Per tal de descriure l'estat ecològic de l'embassament del Foix, hem aplicat el CPET, que consisteix en una proposta de Wilson & Ruse (2005) en la qual s'estandarditza un protocol de mostreig i es fa una proposta de valor indicador dels gèneres de quironòmids de l'estat tròfic de l'aigua. El mètode de mostreig i preparació del material està reconegut a l'Estat espanyol per la norma AENOR UNE-EN 15196:2007.

es troba recopilat en el document del Comité Europeu de Normalització CEN/TC 230-Standards 00230213 prEN, encara pendent de la seva aprovació (2006-2008) per al seu ús en l'aplicació de la DMA.

Les mostres d'exúvies pupals de quironòmids resulten un material de gran interès perquè presenten una elevada resolució taxonòmica, les mostres són fàcils de separar i els exemplars són fàcils de manipular i muntar, per la qual cosa el mostreig consumeix menys temps i econòmicament implica un cost menor (Ferrington *et al.*, 1991; Kuijpers *et al.*, 1992). A més, integren tots els hàbitats de l'ecosistema estudiat (Wilson & Bright, 1973; Lavi-

Taula 1. Taula d'estats ecològics segons el protocol CPET. (% Ti = percentatge de taxons intolerants; H' = índex de diversitat de Shannon-Wiener)

	<i>H' baix</i>	<i>H' alt</i>
% Ti elevat	Bona qualitat amb restriccions per variables ambientals	Condicions ambientals excel·lents
% Ti baix	Estrès ambiental sever	Estrès ambiental moderat

lle, 1979) i, per tant, aporten informació que altres mètodes, com per exemple la recol·lecció de larves de quironòmids, no permeten perquè són específics de cada hàbitat.

El CPET proposa una única diagnosi de l'aigua a partir de l'inventari d'espècies de quironòmids presents a la localitat d'estudi i identificades a partir de les exúvies pupals recollides com a mínim tres vegades l'any. En el cas de l'embassament del Foix, hem establert quatre mostres que han coincidit amb el període considerat a priori de màxima emergència (octubre de 2007 i maig, juny i setembre de 2008).

Els autors del protocol recomanen recollir i separar uns 200 exemplars per mostra. Les exúvies pupals es recullen amb una xarxa amb porus de malla de 250 micres i 25 centímetres de diàmetre. Durant la recollida, es passa la xarxa per la superfície de l'aigua en diverses zones del litoral, allà on el vent acumula material i restes orgàniques; d'aquesta manera s'obté una única mostra integrada per localitat. El material recollit es conserva en etanol de 70 graus. Al laboratori les exúvies se separen de la matèria orgànica particulada grossa i se'n fa una primera classificació a nivell de subfamília. Un determinat nombre d'exúvies es munten en Euparal com a medi permanent per a la seva observació al microscopi òptic i es porta a terme una identificació taxonòmica a nivell d'espècie.

Diagnosi de la qualitat de l'aigua: aplicació del protocol CPET

El protocol CPET assigna a cada gènere de quironòmid un grau de tolerància a la contaminació orgànica. Hi ha establerts quatre grups de tolerància representats per les categories alfanumèriques A, B, C i D, en què la categoria A és la més intolerant i la D, la més tolerant (Wilson & Ruse, 2005).

Per establir la qualitat de l'aigua es calcula el percentatge de taxons intolerants (% Ti) i el percentatge d'individus intolerants (% Ii), els quals

inclouen les categories A i B. Aquestes dades es contrasten amb l'índex de diversitat de Shannon-Wiener (H') de la mostra i s'obté una taula de doble entrada amb quatre possibles estats ecològics (taula 1).

Resultats

Comunitat de macroinvertebrats aquàtics litorals

La comunitat de macroinvertebrats aquàtics litorals va estar representada exclusivament per quatre taxons: *Oligochaeta* (cucs), *Pleidae* (heteròpter), *Coenagrionidae* (odonats zigòpters o espiadimonis) i dípters quironòmids. Els quironòmids van ser els més abundants, seguits dels oligoquets. La comunitat de la zona d'acumulació de detritus va enregistrar les majors abundàncies i la zona sense vegetació aquàtica va registrar les abundàncies més baixes (fig. 2).

Respecte de la comunitat de macroinvertebrats epifítics associats al canyís *Phragmites australis*, els resultats revelen que es tracta d'una comunitat pobra en grups de macroinvertebrats, en la qual trobem exclusivament densitats elevades d'oligoquets (1.991 individus/m²) i dípters quironòmids (376 individus/m²), i alguns odonats *Coenagrionidae* del gènere *Ischnura* (16 individus/m²).

Biodiversitat de quironòmids

En les mostres d'exúvies pupals s'han recollit un total de 776 exemplars i se n'han identificat dotze espècies diferents. En la taula 2 s'indica la llista d'espècies de quironòmids presents a l'embassament del Foix, el nombre total d'exemplars acumulats durant els quatre mostres i les seves abundàncies relatives. La comunitat de quironòmids està representada per espècies de dues subfamílies, els *Orthocladinae* (31,3%) i els *Chironominae*, i d'aquesta última dominen els gèneres de

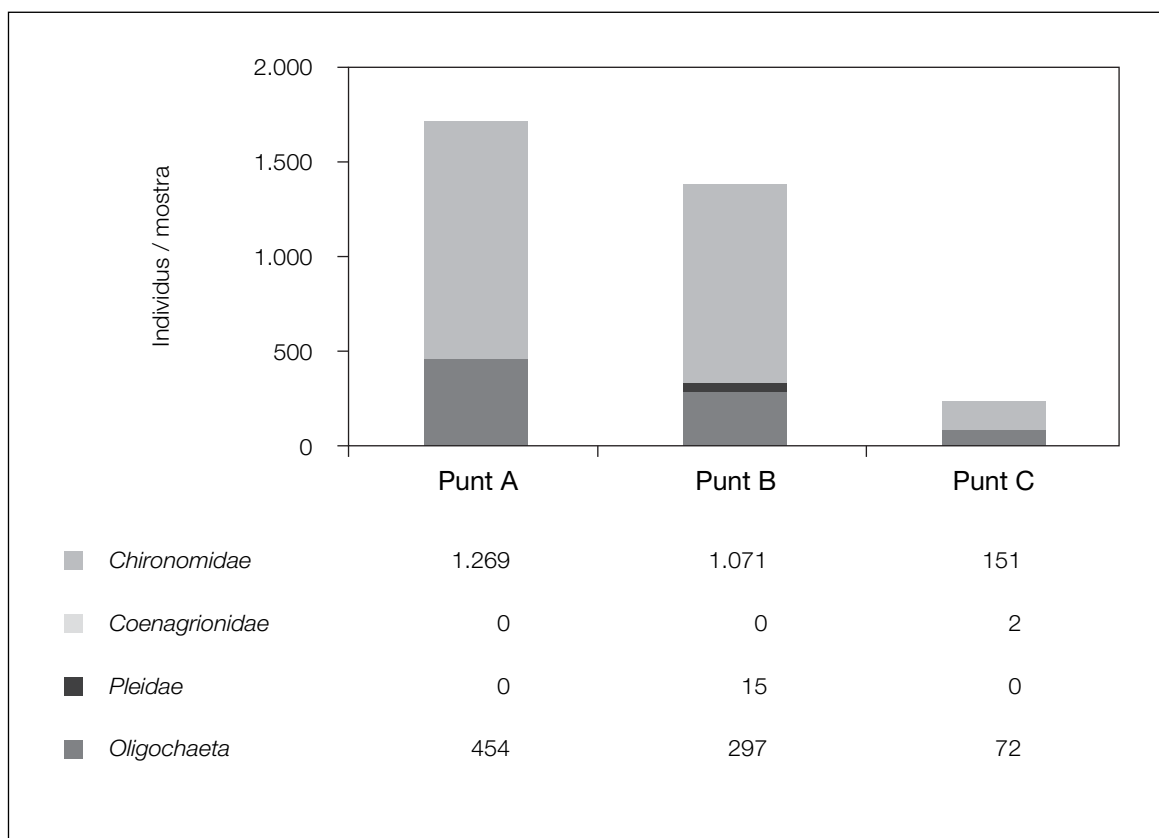


Figura 2. Abundàncies (individus / mostra) de tàxons de macroinvertebrats enregistrades en les mostres semi-quantitatives de macroinvertebrats als diferents hàbitats del litoral de l'embassament.

Taula 2. Llista d'espècies de quironòmids a l'embassament del Foix, amb indicació de les abundàncies absolutes d'exúvies acumulades durant els quatre mostrejos i de les seves abundàncies relatives (%)

	Abundància	%
Subfamília Orthocladiinae		
<i>Cricotopus (l.) sylvestris</i>	5	0,6
<i>Cricotopus (l.) intersectus</i>	238	30,7
Subfamília Chironominae		
Tribu Tanytarsini		
<i>Paratanytarsus grimmii</i>	6	0,8
<i>Tanytarsus horni</i>	1	0,1
Tribu Chironomini		
<i>Chironomus cf bernensis</i>	1	0,1
<i>Chironomus cf luridus</i>	6	0,8
<i>Chironomus cf aprilinus</i>	4	0,5
<i>Chironomus cf nuditarsis</i>	26	3,4
<i>Dicrotendipes pallidicornis</i>	38	4,9
<i>Dicrotendipes cf fusconotatus</i>	108	13,9
<i>Glyptotendipes pallens</i>	77	9,9
<i>Parachironomus arcuatus</i>	266	34,3

la tribu *Chironomini* (67,5%). Les espècies dominants foren *Parachironomus arcuatus* (Goetghebuer, 1919) i *Cricotopus (Isocladius) intersectus* (Staeger, 1839), seguides de les espècies dels gèneres *Dicrotendipes* i *Glyptotendipes*.

Diagnosi de la qualitat de l'aigua

En l'aplicació del protocol CPET, només un 0,1% dels individus i un 16,7% dels tàxons recol·lectats es consideren intolerants a la contaminació orgànica. En la figura 3 es mostren les abundàncies absolutes d'exúvies de quironòmids corresponents a cada categoria del protocol CPET que s'expliquen en la taula 1.

Atès que els autors del protocol (Wilson & Ruse, 2005) no indiquen els nivells de tall per a cadascun dels quatre estats ecològics que es podrien discernir amb el mètode, hem considerat que la disjuntiva entre les diferents qualitats es faria tenint en compte el valor del 50% d'espècies intolerants i a nivells mitjans de l'índex de diversitat de Shannon-Wiener (valors de 2,5, Margalef [1980]). A

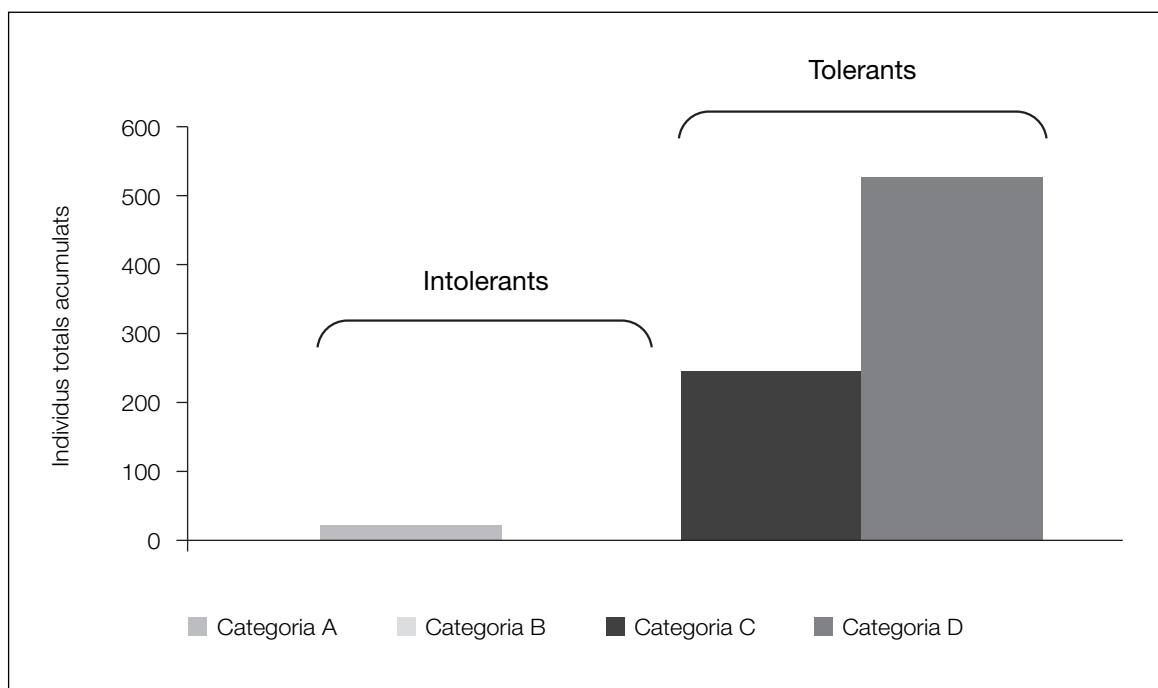


Figura 3. Abundàncies absolutes d'exúvies de quironòmids corresponent a cada categoria del protocol CPET. A i B = intolerants a la contaminació orgànica; C i D = tolerants a la contaminació orgànica.

l'embassament del Foix, tenint en compte el seu baix índex de diversitat (1,65) i el molt baix percentatge de tàxons intolerants, se li assigna un nivell de qualitat de l'aigua en la categoria d'«estrès ambiental sever».

Discussió

Les comunitats de macroinvertebrats aquàtics dels ambients litorals de l'embassament del Foix són molt poc diverses i es troben majoritàriament representades per quironòmids i oligoquets. La baixa diversitat en aquests ambients s'ha relacionat amb la simplicitat de l'hàbitat, les fluctuacions del nivell de l'aigua, l'alteració del règim tèrmic i l'alteració de les entrades d'aliment (Munn & Brusven, 1990). A l'embassament del Foix, l'estabilitat del nivell de l'aigua podria afavorir comunitats més ben estructurades i riques que no s'hi estableixen a causa dels alts nivells de contaminació orgànica aportats pel riu Foix (Prat *et al.*, 2006). D'aquesta manera, les baixes concentracions d'oxigen dissolt i les elevades i tòxiques concentracions d'amoni impedeixen unes bones condicions per als organismes aquàtics.

La biodiversitat de quironòmids és relativament baixa i les abundàncies d'exúvies per mostra indi-

quen que les seves poblacions no són gaire abundants. La comunitat de quironòmids està dominada per espècies tolerants a la pol·lució orgànica, tot i que destaca la baixa representació de les espècies del gènere *Chironomus*, considerat un dels màxims exponents de la resistència dels quironòmids a l'anòxia. L'extrema anòxia dels sediments de l'embassament del Foix no afavoreix que cap organisme macroinvertebrat s'hi estableixi. Així, la major part dels quironòmids són habitants del litoral, on les condicions d'estrès no són tan importants. Per aquest motiu, les espècies dominants són característiques d'ambients epifítics (*Dicrotendipes*, *Glyptotendipes*) i d'altres substrats del litoral (Cañedo-Argüelles & Rieradevall, 2005). La composició de quironòmids de l'embassament de Foix és semblant a la que es poden trobar a les llacunes oligohalines i eutròfiques o hipereutròfiques del delta del Llobregat, on s'han fet estudis d'aquestes comunitats amb la mateixa metodologia (Sánchez-Millaruelo *et al.*, en premsa).

Es pot concloure que l'assignació de l'estat d'estrès ambiental sever seguint el protocol CPET concorda amb la informació proporcionada per les diferents mostres, i que l'elevada càrrega tròfica de l'embassament és la causa principal de l'empobriment de les comunitats de macroinvertebrats aquàtics.

Agraïments

El finançament d'aquest estudi prové del Programa de seguiment dels sistemes aquàtics de l'embassament del Foix de la Diputació de Barcelona (2007-2008). En concret volem agrair a Pau Mundó i a Josep Torrentó el seu interès perquè aquest estudi es portés a terme i les facilitats donades per al treball de camp. Altres membres del grup de recerca F.E.M. (C. Villamarín) i estudiants col·laboradors (M. Talavera) van participar en la recollida de mostres i en el treball de rutina del laboratori respectivament.

Bibliografia

- ARMITAGE, P.; CRANSTON, P.S.; PINDER, L.C.V. (1995): *The chironomidae: the biology and ecology of non-biting midges*. Chapman & Hall, Londres. 572 pàgines.
- CAÑEDO-ARGÜELLES, M.; RIERADEVALL, M. (2005): *Seguiment ambiental del Pla delta sobre els sistemes naturals del delta del Llobregat*. Informe final del subprojecte 2: Seguiment de la biodiversitat de macroinvertebrats aquàtics al delta del Llobregat. 25 pàgines (manuscrit).
- FERRINGTON, L.; BLACKWOOD, M.A.; WRIGHT, C.; CRISP, N.; KAVANAUGH, J.; SCHMIDT, F.J. (1991): «A protocol for using surface floating pupal exuviae of chironomidae for rapid bioassessment changing water quality». *Sediment and Stream Quality in a Changing Environment: Trends and Explanation, Viena Symposium*, p. 181-190.
- KORNIJOW, R.; KAIRESAALO, T. (1994): «A simple apparatus for sampling epiphytic communities associated with emergent macrophytes». *Hydrobiologia*. Núm. 294, p. 141-143.
- KUIJPERS, A.; KETELAARS, H.; VAN BREEMEN, L. (1992): «Chironomid pupal exuviae and larvae of two storage reservoirs in the Netherlands». *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*. Núm. 26 (2-4), p. 379-383.
- LAVILLE, H. (1979): «Étude de la derive des exuvies nymphales de Chironomides au niveau du confluent Lot-Truyère». *Annales de Limnologie*. Núm. 15 (2), p. 155-180.
- MUNN, M.; BRUSVEN, M. (1990): «Benthic macroinvertebrate communities in nonregulated and regulated waters of the clearwater river, Idaho, U.S.A». *Regulated Rivers: Research & Management*. Núm. 6 (1), p. 1-11.
- PRAT, N.; RÍOS, B.; FORTUÑO, P.; *et al.* (2006): *La qualitat ecològica del Llobregat, el Besòs, el Foix, la Tordera i el Ter. Informe 2005*. Estudis de la qualitat ecològica dels rius, 15. CD. Servei de Medi Ambient, Diputació de Barcelona.
- PRAT, N.; REAL, M.; RIERADEVALL, M. (1992): «Benthos of Spanish lakes and reservoirs». *Limnetica*. Núm. 8, p. 221-229.
- SÁNCHEZ-MILLARUELO, N.; CAÑEDO-ARGÜELLES, M.; RIERADEVALL, M. (en premsa): *Avaluació de la biodiversitat i l'estat ecològic de les llacunes i canals del delta del Llobregat mitjançant l'ús de les exuvies de quironòmids com a bioindicadors*. V Jornades del Patrimoni del Baix Llobregat.
- SORIANO, O.; COBO, F.; RIERADEVALL, M.; PRAT, N. (1997): *Lista faunística y bibliográfica de los quironómidos (Diptera, Chironomidae) de la Península Ibérica e Islas Baleares*. Col·lecció Listas de la flora y fauna de las aguas continentales de la península ibérica, 13. Asociación Española de Limnología. 210 pàgines.
- WARWICK, W.F. (1990): *The use of morphological deformities in chironomid larvae for biological effects monitoring*. Environmental Canada, Inland Waters Directorate Sci. Ser. Núm., 173, p. 1-34.
- WILSON, R.S.; BRIGHT, P.L. (1973): «The use of chironomid pupal exuviae for characterizing streams». *Freshwater Biology*. Núm. 3, p. 283-302.
- WILSON, R.S.; RUSE, L. (2005): *A guide to the identification of genera of chironomid pupal exuviae occurring in Britain and Ireland*. Freshwater Biological Association Special Publication. 176 pàgines.