

### **3. EL FUNCIONAMENT ECOLÒGIC I EL MOSAIC DELS ECOSISTEMES AQUÀTICS**

MARIA RIERADEVALL (†) i MIGUEL CAÑEDO-ARGÜELLES<sup>1</sup>

1. Grup de recerca Freshwater Ecology, Hydrology and Management (FEHM) i Institut de Recerca de l'Aigua (IdRA). Departament d'Ecologia. Universitat de Barcelona.

### 3.1. INTRODUCCIÓ

Els deltes són paisatges d'aigua. De les aigües corrents, els aiguamolls, les llacunes i els braços de mar més o menys connectats al mar, de la barreja d'aigua dolça i salada i de la zona de confluència entre el mar i la terra creada pel camí fet pels rius en tancar el cicle de l'aigua. Aquesta interacció es materialitza en una gran diversitat de sistemes naturals en relativament poc espai que atorguen un aspecte de mosaic al paisatge, fet de peces singulars que donen complexitat al Delta i ofereixen moltes condicions per acollir un gran nombre d'espècies, motiu pel qual constitueixen zones d'una gran biodiversitat.

Però també són zones molt cobejades pels humans, ara que som tan potents en la nostra capacitat transformadora. La fertilitat d'aquestes terres ha fet que siguin un lloc preferent per als assentaments humans i, actualment, són els llocs on té lloc el creixement urbanístic, turístic, agrícola, de nuclis de transport marítim i aeri, etc. El delta del Llobregat, zona d'alta importància estratègica per al comerç, no s'escapa d'aquesta tendència global.

Els deltes són unes de les zones del planeta que es consideren més amenaçades (Newton *et al.*, 2012) i, en especial, ho són els seus ecosistemes aquàtics. Els agents transformadors principals són el desenvolupament de nuclis urbans, l'augment de l'activitat agrícola i industrial i el desenvolupament d'infraestructures, que tenen una acció i uns efectes de tipus local. Però els deltes són també molt sensibles a les alteracions dels processos que es donen en tota la conca hidrogràfica (com, per exemple, la regulació de cabals fluvials o la construcció d'embossaments que impedeixen l'arribada de sediments) i a les pressions sobre el medi que actuen a gran escala, com per exemple tot allò que està relacionat amb el canvi climàtic (com l'increment en la intensitat de les tempestes o les variacions en el nivell del mar) o el canvi global (canvis en els usos del sòl, eutrofització, ús de pesticides i

herbicides, augment d'organismes invasors, etc.).

Les transformacions principals que aquests agents comporten són la pèrdua d'hàbitats naturals, la fragmentació de l'espai i, també, la degradació dels hàbitats, especialment dels aquàtics, cosa que en comporta la disminució de la qualitat. Aquests efectes han estat molt importants al delta del Llobregat en els darrers anys i es fan ben evidents quan s'analitza l'evolució del paisatge amb les eines que proveeix l'ecologia (vegeu el capítol 4 d'aquesta mateixa publicació). En el cas del delta del Llobregat, potser el més preocupant és que la major part d'aquestes transformacions, i també les seves mesures palliatives, s'han fet amb un baix grau de coneixement de com és i com funciona cadascun dels seus elements estructurals i sense un model de funcionament global del Delta. Sorprenentment, tot i l'important ús social i la proximitat d'aquest espai als centres de recerca i a la ciutat de Barcelona, l'ecologia del Delta ha restat poc estudiada, o ho ha estat d'una manera poc sistemàtica, fins que començà el gran projecte transformador anomenat Pla Delta. Aquest projecte pretenia impulsar el flux comercial mitjançant l'augment de l'espai ocupat per l'aeroport i el port de Barcelona, cosa que comportava la desaparició d'algunes masses d'aigua i la modificació del tram final del riu Llobregat.

L'any 2000 es va fer un ampli estudi extensiu, però puntual (basant-se en dades d'un sol mostreig), sobre la biodiversitat aquàtica del delta del Llobregat amb la idea de poder traçar una línia de referència que permetés valorar els possibles canvis produïts a causa de l'execució del Pla Delta (Alonso *et al.*, 2001). L'any 2004, mentre es feien les obres d'aquest pla, el Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya encarregà un estudi per avaluar-ne els efectes potencials a un equip multidisciplinari de la Universitat de Barcelona (Llorente, 2005). Més tard, l'ACA (Agència Catalana de l'Aigua, 2008) en va dur a terme un altre per a conèixer l'impacte

acumulat sobre la xarxa de drenatge per l'execució de les infraestructures del delta del Llobregat a la zona del Remolar-Filipines.

Cal esmentar, a més, que els ajuntaments de la zona, agrupats ara en el Consorci per a la Protecció i la Gestió dels Espais Naturals del Delta del Llobregat, han anat fent constants intents i contribucions a la millora del coneixement del medi natural del delta del Llobregat, conscients que per a gestionar-lo bé s'ha de conèixer bé. D'aquesta manera, trobem encàrrecs puntuals i concrets sobre algun aspecte o indicador fisicoquímic o biològic (per exemple, plantes aquàtiques, amfibis o aus) anteriors a l'any 2000, o fins i tot programes extensius i duradors en el temps. El més important és el PICMA (Pla Integral de Control del Medi Aquàtic), iniciat el 1991 per la Regidoria de Medi Natural i el Laboratori Municipal del Prat de Llobregat, que inclogué les basses i aiguamolls el 1993 i que continua actiu. El programa inclou la mesura de paràmetres fisicoquímics i microbiològics, que han anat variant en el temps, així com també ho ha fet la seva periodicitat (mensual, trimestral o anual) i el nombre de localitats incloses en el programa. A més, l'estat ecològic de les masses d'aigua del delta del Llobregat està inclòs en el Programa de Seguiment i Control de l'Agència Catalana de l'Aigua, que les avalua almenys un cop cada sis anys.

En aquest capítol volem presentar, des de la perspectiva dels ecosistemes aquàtics, les característiques del mosaic del delta del Llobregat. Així, explicarem què sabem de les característiques de les zones humides, del seu estat actual i de l'afectació per pertorbacions lligades a diferents tipus de pressions.

### 3.2. TIPUS DE MASSES D'AIGUA I D'AMBIENTS AQUÀTICS AL DELTA DEL LLOBREGAT

Com ja hem comentat, els deltes proporcionen una gran varietat de condicions que es resol en la provisió d'ambients aquàtics diversos com a resultat dels processos d'erosió, transport i sedimentació. La distància de cada cos d'aigua al mar, la seva connexió amb l'aquífer subjacent i amb el mar i el seu origen seran importants per a definir les característiques de la forma i la funció de cada ambient. Per la combinació d'aspectes com la mida, la fondària i el funcionament hidrològic, podrem reconèixer en el delta del Llobregat cinc tipus d'ambients aquàtics: les llacunes, les basses, els aiguamolls, els canals i el riu (figura 1 i taula 1).

Les llacunes i les basses difereixen en la seva mida i en la relació superfície/fondària, essent les basses les més petites ( $1 \text{ m}^2 - 2 \text{ ha}$ ), amb menys d'un metre de fondària (Biggs



FIGURA 1. Aspecte general dels diferents tipus d'ambients aquàtics al delta del Llobregat: 1. Desembocadura del riu Llobregat, visió del marge dret; 2. Exemple de llacuna amb connexió al mar, riera de Sant Climent; 3. Exemple de llacuna sense connexió al mar, Ca l'Arana; 4. Exemple de bassa, bassa dels Fartets; 5. Exemple d'aiguamoll, el Remolar; 6. Exemple de canal, la Bunyola. Font: M. Rieradevall i M. Cañedo-Argüelles.

*et al.*, 2005). En general, són totes de tipus permanent i només algunes basses molt petites (com les de la platja del Prat) i les zones d'aiguamoll es comporten com a zones humides de tipus temporal, que s'assequen en èpoques de poca pluviositat. Les llacunes d'origen natural tenen en el delta del Llobregat una configuració morfològica que es considera atípica per a les llacunes costaneres d'arreu (Comín, 1989; Kjerfve, 1994). El

TAULA 1. Inventari de llacunes o estanys, basses i aiguamolls al delta del Llobregat, amb indicació de la seva superfície (ha), fondària màxima mesurada (m) i origen.

<i>Nom</i>	<i>Municipi</i>	<i>Superfície (ha)*</i>	<i>Fondària màx. (m)</i>
Bassa petita de Cal Dimoni	Sant Boi de Llobregat - Viladecans	0,56	3,8
Bassa gran de Cal Dimoni	Sant Boi de Llobregat - Viladecans	1,41	5,9
Els Reguerons	Viladecans	28,71	0,9
Estany de la Vidala	Viladecans	1,7	1,7
Aiguamolls de Filipines	Viladecans	—	—
Estany del Remolar	Viladecans	5,75	2,4
Bassa del Pi	Viladecans	1,40	0,5
Bassa dels Fartets	Viladecans	0,2	0,9
Bassa dels Pollancre	Viladecans	0,5	0,7
Riera de Sant Climent	Viladecans	7,01	1,1
Estany de la Murtra	Viladecans-Gavà	22,35	1,9
Estany de Ca l'Arana	El Prat de Llobregat	1	7,6
Estany de Cal Tet	El Prat de Llobregat	13	1,2
Llacuna de la Platja Arana	El Prat de Llobregat	1,75	2
Estany de la Ricarda	El Prat de Llobregat	29	2,0
Estany de la Magarola	El Prat de Llobregat	3,2	1,5
Estany de la Roberta	El Prat de Llobregat	2,61	—
Bassa del Prat	El Prat de Llobregat	0,65	1,9
Bassa de Cal Bitxot	El Prat de Llobregat	0,67	1,75
Basses de la platja (7 bassetes)	El Prat de Llobregat	0,001-0,004	02-0,3
Canal de Gavà	Gavà	—	—
Canal de Can Sabadell	Viladecans	—	—
Canal de Reguerons	Viladecans	—	—
Canal de La Bunyola	El Prat de Llobregat	—	—
Riu Llobregat	El Prat de Llobregat	—	—

Tipologia de zones humides segons Boix *et al.* (2004 i 2010): TA, aigües talassohalines (salinitat d'origen marí); DP, aigües dolces permanents. Tipologia segons l'Inventari de Zones Humides de Catalunya (ACA, 2009): BA, basses artificials; DR, desembocadures actuals de rius i rieres; GA, graveres, argilers i similars; ZLDF, zones litorals lligades a la dinàmica fluvial.

seu eix principal és perpendicular a la línia de costa, fet que indica que provenen d'antigues lleres del riu, i no pas de la formació d'una barra de sorra paral·lela a la costa que aïlla una massa d'aigua, tal com passa en al-

tres zones costaneres (Kjerfve, 1994). Solen tenir poca fondària a causa del rebliment amb sediments, i la seva connexió amb el mar sol estar limitada als períodes de tempesta. Pel que fa als aiguamolls, en aquests

<i>Origen</i>	<i>Tipologia (Boix et al. 2010)</i>	<i>Tipologia IZHC (ACA 2009)</i>	<i>Codi massa d'aigua</i>	<i>Codi IZHC</i>
Artificial	DP	GA	—	08001110
Artificial	TA	GA	—	08001110
Natural	TA	ZLDF	—	08001107
Modificat	TA	ZLDF	H1789060	08001104
Natural	—	ZLDF	H1789060	08001104
Natural	DP	ZLDF	H1789060	08001104
Natural	DP	—	—	—
Artificial	DP	—	—	—
Artificial	DP	—	—	—
Artificial	TA	DR	H1800010	08001103
Natural	DP	ZLDF	H1800020	08001102
Modificat	TA	GA	H1789010	08001105
Artificial	TA	BA	H1789020	08001105
Artificial	—	BA	—	—
Natural	TA	ZLDF	H1789040	08001111
Natural	TA	ZLDF	H1789030	08001111
Natural	TA	ZLDF	H1789050	08001117
Artificial	DP	BA	—	08001106
Artificial	—	—	—	—
Artificial	—	—	—	—
Artificial	—	—	—	—
Artificial	—	—	—	—
Artificial	—	—	—	—
Artificial	—	—	—	—
Nat.-modif.	—	DR	1000950	—

\* En alguns casos, la superfície no es refereix estrictament a la làmina d'aigua, sinó que també inclou la zona humida d'influència.

moments només hi ha actius els de la reserva natural del Remolar-Filipines i els de Reguerons; els altres, o estan molt alterats i pràcticament secs tot l'any o bé han desaparegut completament.

Cal destacar que, actualment, molts d'aquests ambients aquàtics són artificials o són modificacions importants d'antigues zones humides d'origen natural (taula 1). És el cas dels canals de reg, que poden haver suplantat les rieres que desguassaven d'una manera natural les aigües d'escolament superficial cap al mar i que varen comportar un canvi important del paisatge deltaic a partir del segle XIX (Panareda i Sans, 2002). D'altres, com la llacuna de Ca l'Arana o les basses de Cal Dimoni, són el resultat d'antigues extraccions d'àrids per a la construcció que van estar en explotació als anys setanta del segle passat (Planas, 1984). Aquestes extraccions varen quedar en desús per la davallada de la demanda i per la dificultat d'extracció motivada per la intrusió d'aigua de l'aquífer en el clot on s'extreien els àrids; en el cas de Cal Dimoni, varen ser parcialment reomplertes amb materials de rebuig (escombraries, runes i enderroc).

Més recent és la modificació de la part baixa del riu Llobregat, motivada per la demanda de terrenys per a l'ampliació del port de Barcelona, fet que ha comportat el desvia-

ment més al sud de la gola del riu (Estivill *et al.*, 1998). La construcció d'una nova llera artificial de gran magnitud impedeix del tot possibles canvis naturals de la posició de la gola. Per tant, la generació d'ambients aquàtics en aquesta zona litoral, antigament lligada a l'activitat del riu, ha quedat del tot aturada. Tal com s'explica més endavant, la nova llera s'ha convertit en un braç de mar on dominen les espècies marines (Cañedo-Argüelles i Rieradevall, 2012).

L'any 2000, Alonso *et al.* (2001) varen prospectar seixanta localitats corresponents a uns trenta-vuit cossos d'aigua i es van definir les espècies i els hàbitats prioritarijs des del punt de vista de la conservació. En la prospecció realitzada l'any 2004 (Cañedo-Argüelles *et al.*, 2005), un cop iniciades les obres del Pla Delta, es va fer un estudi anual (amb periodicitat mensual o estacional) de vint-i-sis localitats o cossos d'aigua (figura 2), quinze de les quals eren llacunes i basses, i alguna zona de jonqueres, i que són les que consten a l'Inventari de Zones Humides de Catalunya (Agència Catalana de l'Aigua, 2009). Es constatà que les obres d'infraestructures varen afectar primordialment les zones humides de menor fondària, com algunes basses, i sobretot ambients d'aiguamoll (com el Semàfor, Cal Tet, Cal Beites, Cal Messeguer, les basses del Golf, Can Ca-



FIGURA 2. Cossos d'aigua del delta del Llobregat estudiats el 2004-2005 per Cañedo-Argüelles i Rieradevall (vegeu-ne diverses publicacions a la bibliografia) (n = 26). Les localitats es troben marcades en blanc.



mins o Can Fargues). Veient que això passaria, com a compensació ambiental es va programar la creació de nous ambients aquàtics, com per exemple la llacuna de Cal Tet i els aiguamolls o basses de tractament terciari de l'EDAR (estació depuradora d'aigües residuals) del Prat de Llobregat, que, a més, han de funcionar com a zona d'inundació en moments d'aigües molt altes del riu Llobregat (Peñuelas i Loran, 2004; Sánchez-Juny i Dolz, 2004). Les obres també van afectar el funcionament hidrològic d'algunes llacunes, com ara la Ricarda, que ha experimentat canvis de salinitat importants amb conseqüències directes per a la fauna d'invertebrats aquàtics (Cañedo-Argüelles i Rieradevall, 2012).

Pel que fa a l'Administració, el nombre de masses d'aigua definides com a «unitats de gestió» en el context de la Directiva marc de l'aigua (Comissió Europea, 2000) dins el Delta és menor. L'Agència Catalana de l'Aigua hi ha definit vuit masses d'aigua que es corresponen amb les llacunes més emblemàtiques i les zones d'aiguamolls que es troben dins l'espai d'interès natural Delta del Llobregat i dins l'espai de la xarxa Natura 2000 ES0000146 Delta del Llobregat (taula 1), a més de la zona de desembocadura del riu Llobregat.

### 3.3. CARACTERÍSTIQUES FÍSICOQUÍMIQUES: ELS GRADIENTS AMBIENTALS MÉS IMPORTANTS AL DELTA DEL LLOBREGAT

Els ecosistemes aquàtics costaners es caracteritzen per un gran dinamisme; per això, els paràmetres ecològics que els defineixen poden fluctuar molt i experimentar variacions molt més àmplies que en altres ecosistemes aquàtics. En general, se'ls considera sistemes oberts (amb un considerable intercanvi amb els ecosistemes adjacents), d'alta productivitat, acumuladors o exportadors de matèria orgànica, amb una baixa diversitat local, però una alta diversitat regional i, en molts

casos, àrees de cria de moltes espècies (Comín, 1989; Levin *et al.*, 2001).

En les zones deltaïques, el factor ambiental més important és la hidrologia, que determina la salinitat de l'aigua i la capacitat d'autodepuració del sistema, determinada en gran mesura per la taxa de renovació de l'aigua (Cañedo-Argüelles *et al.*, 2012; Roselli *et al.*, 2013). Al delta del Llobregat, el rang de conductivitat (mesura de la salinitat de l'aigua) és molt ampli, des de 2 fins a 55  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (que és més que l'aigua de mar) (Cañedo-Argüelles *et al.*, 2012) (figura 3). Els ambients menys salats són els canals i, en principi, el riu, tot i que, després de les darreres transformacions, actualment l'aigua de mar domina la part de la desembocadura fins a uns tres quilòmetres terra endins (Cañedo-Argüelles i Rieradevall, 2009*b* i 2012) (figura 3). Per tant, en el delta del Llobregat trobem una combinació d'ambients mesohalins talassohalins (amb salinitat de més de 5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  d'origen marí) amb ambients oligohalins (amb salinitats inferiors a aquell valor i d'influència continental). En condicions naturals, hom espera trobar un gradient decreixent de salinitat des de les llacunes i els aiguamolls més propers a la costa cap als de l'interior, però les alteracions hidrològiques a les quals estan sotmeses les zones humides del Delta fan que no sempre sigui així.

Al delta del Llobregat, la sal prové de la intrusió marina subterrània, o bé, en les localitats adjacents a la costa, d'entrades superficials d'aigua de mar en situacions de temporal. Quan les llacunes tenen el canal de connexió amb el mar tancat, per exemple, per acumulació de sediments, es pot produir un fenomen d'estratificació química de l'aigua. En aquest cas, l'aigua salada, tant o més que la del mar, queda aïllada en el fons de la llacuna, mentre que per damunt se situa l'aigua dolça provinent de les entrades de canals o rieres. Aquesta situació té conseqüències molt importants per a la biota aquàtica que es comentaran més endavant, especialment en les llacunes de Ca l'Arana i el Remolar (figura 3).

El segon gradient ambiental que determina les característiques fisicoquímiques de l'aigua dels sistemes aquàtics deltaics són els nutrients. Les zones deltaïques són força riques en nutrients d'una manera natural, però les activitats agrícoles i urbanes n'incrementen molt la càrrega, fins a extrems

que dificulten la vida dels organismes. Està ben descrit que l'excés de nutrients comporta un gran creixement d'organismes i que aquests, en morir, provoquen un gran augment de l'activitat dels descomponedors, els quals consumeixen bona part de l'oxigen dissolt a l'aigua. En aquestes condicions, els

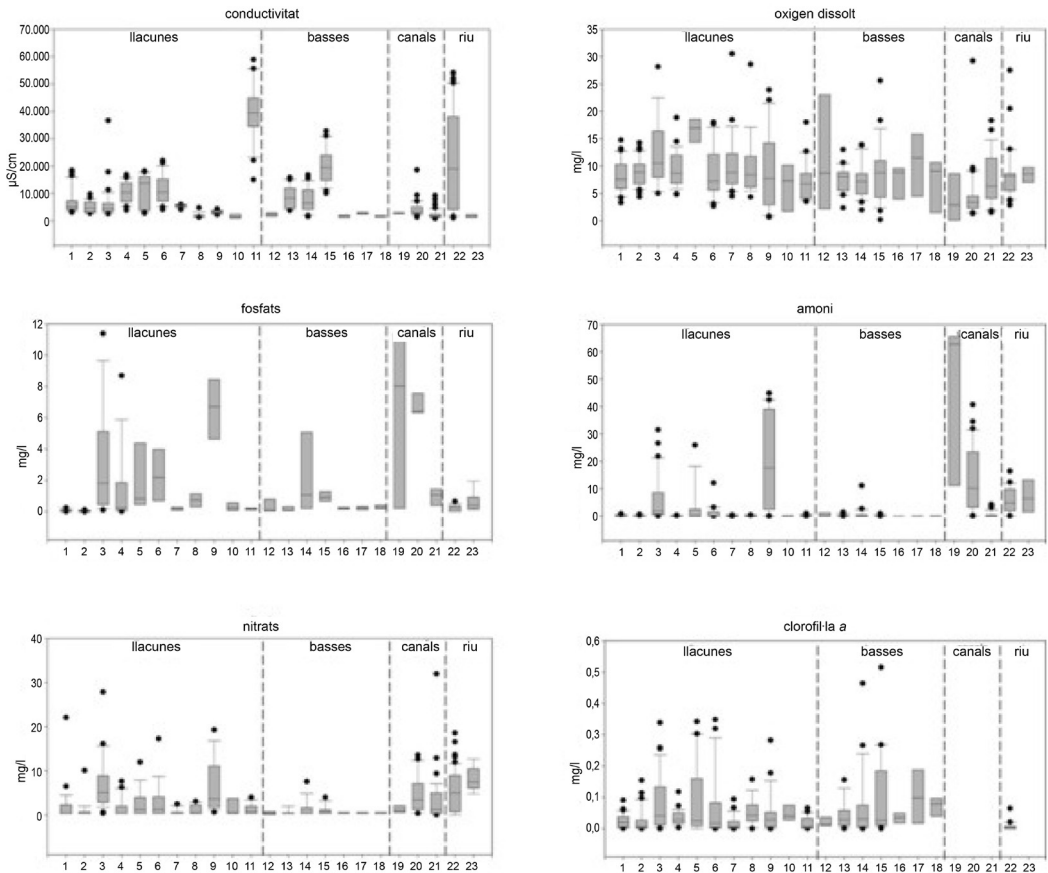


FIGURA 3. Valors de salinitat (conductivitat en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), oxigen dissolt ( $\text{mg}/\text{l}$ ), nutrients ( $\text{mg}/\text{l}$  de nitrats, amoni i fosfats) i producció ( $\text{mg}/\text{l}$  de clorofil·la fitoplànctònica) de les localitats del delta del Llobregat ordenades i agrupades per tipus: llacunes, basses, canals i riu. Els diagrames de caixa mostren el valor mitjà, la variabilitat i els valors extrems dels diferents paràmetres mesurats. Font: Dades no publicades de Rieradevall i Cañedo-Argüelles (Cañedo-Argüelles, 2009) per al període 2004-2005 i del Consorci per a la Protecció i la Gestió dels Espais Naturals del Delta del Llobregat per al període 2006-2011.

1. Ca l'Arana; 2. Cal Tet; 3. Remolar; 4. Ricarda; 5. Braç Vidala; 6. Sant Climent; 7. Cal Dimoni gran; 8. Cal Dimoni petita; 9. Murtra; 10. Bassa Prat; 11. Magarola; 12. Bassa del Pi; 13. Bassa Fartets; 14. Bassa Pollancre; 15. Bassa Reguerons; 16. Bassa platja 1; 17. Bassa platja 2; 18. Bassa platja 3; 19. Canal de Gavà; 20. Canal de Can Sabadell; 21. Canal de la Bunyola; 22. Desembocadura del riu Llobregat; 23. Riu Llobregat - Sant Boi de Llobregat.



compostos nitrogenats hi són en forma reduïda (amoni) i poden resultar tòxics per als organismes (per exemple, per als peixos; figura 3).

Es pot considerar que, en general, les aigües del delta del Llobregat es troben en un mal estat de qualitat segons els estàndards europeus (Agència Europea del Medi Ambient, 2009), amb alguna llacuna amb característiques mesotròfiques (Cal Tet), però majorment són eutròfiques o hipereutròfiques (Lucena *et al.*, 2002; Cañedo-Argüelles *et al.*, 2005 i 2012; Boix *et al.*, 2010).

En comparació amb altres sistemes de llacunes costaneres a la zona mediterrània, els sistemes aquàtics del delta del Llobregat presenten concentracions de compostos nitrogenats molt més elevades, amb diferències de més d'un ordre de magnitud (Lucena *et al.*, 2002; Roselli *et al.*, 2013). I a més, per les seves condicions de confinament, són més susceptibles de patir altres efectes de l'eutrofització que no pas els sistemes de llacunes litorals com Ria Formosa a Portugal o alguns de la costa est d'Itàlia (Roselli *et al.*, 2013). Per tant, considerant que les llacunes situades al sud d'Europa estan entre les més amenaçades per les pressions humanes (Viarioli *et al.*, 2005; Zaldívar *et al.*, 2008), els ecosistemes aquàtics del delta del Llobregat estan en un estadi d'una gran vulnerabilitat. Els canals són amb diferència els ambients amb una major càrrega de nutrients (figura 3), i entre les llacunes cal destacar la Murtra i el Remolar (Lucena *et al.*, 2002; Cañedo-Argüelles *et al.*, 2005; Cañedo-Argüelles, 2009). Les conseqüències més immediates i evidents d'aquesta situació d'eutròfia elevada són, d'una banda, l'aparició de zones anòxiques més o menys extenses, que poden perdurar tot l'any en les parts properes al fons, i de l'altra, la floració massiva d'algues fitoplanctòniques (cianofícies), que poden ser tòxiques per a alguns organismes aquàtics i, també, per als humans si les haguessin de consumir.

### 3.4. L'HETEROGENEÏTAT D'HÀBITATS AQUÀTICS I LA BIODIVERSITAT

Tots els organismes tenen unes preferències o unes altres per determinats ambients i per determinades condicions o factors ecològics, i que n'hi hagi moltes combinacions possibles afavoreix valors alts de biodiversitat (Stendera *et al.*, 2012). Des d'aquest punt de vista, els deltes dels rius són ambients potencialment molt rics en espècies, no solament per la gran heterogeneïtat del mosaic en l'espai, sinó perquè, a més, aquesta heterogeneïtat varia al llarg de l'any i, per tant, pot afegir un component temporal en la generació de la biodiversitat. Aquesta variabilitat temporal és ben coneguda per l'avifauna lligada als ecosistemes aquàtics deltaics atès que els sistemes d'aiguamolls són un espai d'aturada important en les vies migratòries de caire estacional. Així, en l'àmbit regional (és a dir, si considerem el Delta en la seva totalitat), l'elevada heterogeneïtat d'ambients aquàtics fa que la diversitat també sigui elevada (Basset *et al.*, 2006).

Cada llacuna representa un ecosistema únic, amb una comunitat d'organismes adaptats a les condicions i les fluctuacions ambientals locals i, en el cas de les llacunes costaneres, es considera que en l'àmbit local (és a dir, a cada llacuna, com per exemple a la Ricarda) la diversitat és baixa respecte a altres tipus d'ecosistemes (Remane i Schlieper, 1971; Cognetti i Maltagliati, 2000). La raó està en què els organismes es troben sotmesos a dos tipus de pressions que comporten la disminució de la riquesa d'espècies. D'una banda, la salinitat, que demana adaptacions fisiològiques importants per tal de tolerar-la, i de l'altra, l'alt grau d'eutròfia que hi és comú. En aquestes condicions, a escala local, un bon generador de biodiversitat és l'heterogeneïtat d'hàbitats. Per exemple, una llacuna que tingui un mosaic d'hàbitats que inclogui plantes aquàtiques amb zones de diferents substrats (pedres, sediments, restes orgàniques) podrà mantenir més espècies

que una altra que tingui un substrat homogeni.

Al delta del Llobregat, la majoria de les llacunes presenten un cinyell de vegetació helofítica de canyís i de boga, el qual sol ser més ample en les llacunes naturals que en les artificials, ja que acostumen a tenir vores d'un pendent força acusat (és el cas de les llacunes originades per extracció d'àrids), cosa que no permet la progressió de les plantes. A les llacunes menys fondes, com la de Cal Tet, s'hi poden trobar macròfits (caràcies, o bé potamogètons, per exemple) que aporten amagatalls i més «arquitectura» i, en conseqüència, més oportunitats de nínxols espacials per als organismes (Jeppesen *et al.*, 1998; Cañedo-Argüelles i Rieradevall, 2011). Però la presència d'organismes dependrà molt de la transparència de l'aigua, ja que permet que la llum arribi al fons, però aquesta transparència es pot veure atenuada d'una manera important per la presència de partícules a l'aigua, primordialment d'algues fitoplanctòniques que te-

nen una elevada biomassa i que hi apareixen com a resultat de l'alta concentració de nutrients ja comentada, o bé de sediments més o menys orgànics que circulen pels canals. La desaparició dels macròfits pot comportar canvis importants en la comunitat d'organismes aquàtics (figura 4), cosa que comporta una pèrdua de la capacitat del sistema per a regular el creixement d'algues fitoplanctòniques (hi ha una presència menor d'organismes que s'alimenten de les algues). Al mateix temps, amb la desaparició dels macròfits, que estableixen el sediment i regulen la concentració de nutrients, es potencia la floració de fitoplàncton. Tots aquests mecanismes es retroalimenten, de manera que el restabliment de les condicions inicials d'aigües transparents amb alta diversitat de microhàbitats, i per tant amb una major biodiversitat, no és gaire senzill (Scheffer i Jeppesen, 2007).

En altres capítols ja es presentaran amb més detall les característiques dels grups d'organismes aquàtics d'aquestes llacunes i,

### Macroinvertebrats associats al sediment

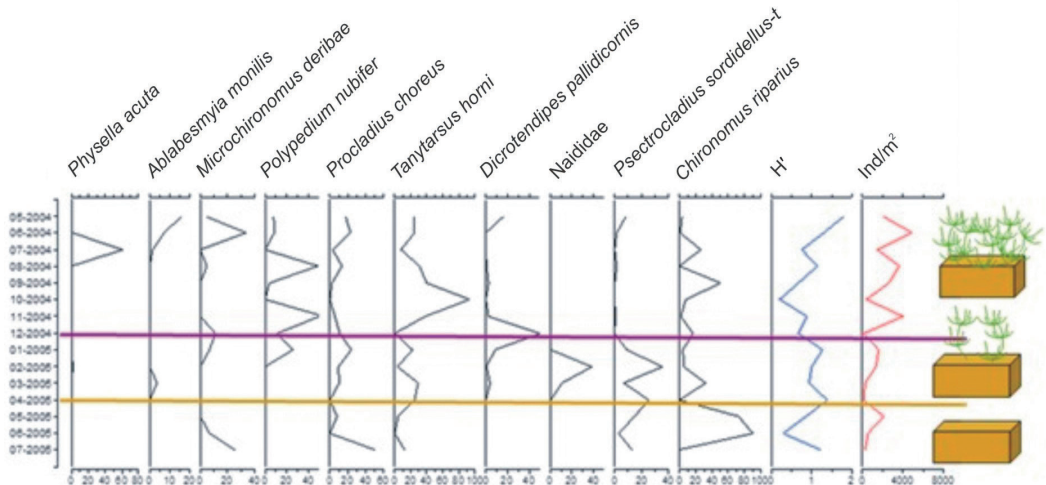


FIGURA 4. Canvis en la densitat (individus/m<sup>2</sup>), en la diversitat (H', índex de Shannon-Wiener) i en la composició (expressada com a abundància relativa (%)) dels taxons més comuns de la comunitat de macroinvertebrats que viuen als sediments de la llacuna de Cal Tet com a conseqüència d'una simplificació de l'hàbitat en desaparèixer els macròfits aquàtics (caràcies i potamogètons) entre el maig de 2004 i el juliol de 2005. Adaptat de Cañedo-Argüelles i Rieradevall (2011).

per tant, ara només esmentem que la major part són de tipus generalista, molt tolerants a la fluctuació dels paràmetres i les condicions ambientals. Així la fauna i la flora deltaica són d'òptims mesohalins i resistents, a les variacions de salinitat i, també, tolerants a l'eutrofia (Llorente, 2005).

A la taula 2 es mostra la variació en el nombre de tàxons de diversos grups que han estat estudiats en detall en les principals llacunes i basses del delta del Llobregat i, per a fer les dades comparables, es presenten els resultats de mostres singulars (és a dir, d'un sol cop). Per exemple, s'han descrit no-

ranta-tres tàxons de diatomees perifítiques (que creixen sobre pedres i/o sobre helòfits, com *Phragmites* o *Typha*), amb comunitats que varien entre set i vint tàxons per localitat. Els gèneres més freqüents i abundants són *Nitzschia* i *Navicula* (Farrés-Corell, Cambra i Rieradevall, dades inèdites). Així mateix, els dinou tàxons d'algues filamentoses perifítiques trobats es reparteixen en deu cianòfits, vuit cloròfits i un rodòfit. Les més abundants i disperses foren *Oedogonium* i diverses espècies de *Lyngbya*, amb agrupacions d'entre un i cinc tàxons per localitat (Farrés-Corell, Cambra i Rieradevall, dades

TAULA 2. Riquesa específica (S) de les comunitats de diversos grups d'organismes aquàtics (diatomees i algues filamentoses epifítiques, macròfits, macroinvertebrats litorals i peixos) de les llacunes i basses més importants del delta de Llobregat. Les dades corresponen a mostres únics.

	S <i>Diatomees epifítiques</i>	S <i>Algues filamentoses epifítiques</i>	S <i>Macròfits</i>	S <i>Macro- invertebrats litorals</i>	S <i>Peixos</i>
	(1)	(1)	(2)	(3)	(4)
Bassa petita de Cal Dimoni	11	3	—	13	—
Bassa gran de Cal Dimoni	13	4	—	19	2
Estany de Ca l'Arana	9	4	—	14	—
Estany de Cal Tet	12	—	3	7	—
Estany de la Ricarda	13	4	—	6	8
Estany de la Magarola	—	—	1	8	—
Els Reguerons	17	2	0	10	1
Estany de la Vidala	7	2	0	10	—
Estany del Remolar	12	5	0	11	4
Bassa del Pi	20	1	0	9	—
Estany de la Roberta	—	—	3	13	—
Riera de Sant Climent	19	3	1	9	3
Estany de la Murtra	9	3	—	10	—
Riquesa taxonòmica global	93	19	5	60	10

(1) Dades inèdites de Farrés-Corell, Cambra i Rieradevall de setembre de 2004; (2) Seguí i Flor (2011); (3) dades inèdites de Rieradevall, Cañedo-Argüelles i Sánchez-Millaruelo de juny de 2007 amb la metodologia ECOZO (Agència Catalana de l'Aigua, 2006); (4), Alonso *et al.* (2001).

S= Riquesa específica (identificacions a nivell de gènere i/o espècie, menys els oligoquets, àcars, planàries, i dípters no Chironomidae que estan a nivell de família). El símbol — indica que no hi ha dades disponibles en les referències citades.

inèdites). Les plantes macròfites presenten en general poblacions poc denses i poc diverses, excepte a les llacunes de Cal Tet i la Roberta (Seguí i Flor, 2011). Les cinc espècies presents actualment són *Potamogeton pectinatus*, *Ruppia maritima*, *Ruppia cirrhosa* i, en algun cas, diferents espècies de *Chara* (*Chara aspera*, *Chara globularis*). Aquesta baixa riquesa es fa més palesa si comparem les dades del 2011 (Seguí i Flor, 2011) amb una prospecció feta el 1994 pel mateix equip en només quatre llacunes, en la qual se censaren fins a vint-i-dues espècies (Seguí, 1996). Aquesta davallada ha d'estar lligada a un increment en les condicions d'eutròfia i potser també a la presència d'herbívors introduïts, com la carpa (*Cyprinus carpio*) i molt especialment el cranc americà (*Procambarus clarkii*).

Pel que fa als macroinvertebrats aquàtics del litoral, en un sol mostreig realitzat en les llacunes més rellevants del delta del Llobregat es varen citar seixanta tàxons, agrupats fent associacions formades per entre sis i dinou tàxons diferents a cada llacuna. Destaquen per la seva freqüència i abundància els cucs oligoquets i els dípters quironòmids *Chironomus gr. thummi*, *Cricotopus ornatus*, *Cricotopus sylvestris* i *Psectrocladius sordidellus*, entre d'altres, seguits d'altres insectes com l'espiadimonis *Ischnura elegans*, l'efemeròpter *Cloeon* o els heteròpters *Micronecta* i *Sigara*, el crustaci *Gammarus* i el cargol *Physa* (Rieradevall, Cañedo-Argüelles i Sánchez-Millaruelo, dades inèdites de 2007).

La fauna piscícola es caracteritza per la freqüència i abundància de tàxons allòctons, entre els quals destaquen la gambúsia (*Gambusia holbrooki*) i la carpa. Les localitats amb més espècies són aquelles que tenen una connexió potencial amb el mar i que, per tant, sumen les espècies marines que hi fan estades estacionals (les llises, per exemple) o les migratòries com l'anguila (Llorente, 2005; vegeu el capítol 16).

### 3.5. TIPUS I EFECTES DE LES PERTORBACIONS SOBRE ELS ECOSISTEMES AQUÀTICS DEL DELTA DEL LLOBREGAT

Atesa la seva situació entre el mar i la terra, els deltes dels rius estan sotmesos d'una manera natural a nombroses pertorbacions que tant poden venir de la conca hidrogràfica com del mar (avingudes amb aportament de materials, entrades d'aigua salada, etc.). Aquest estrès natural s'ha incrementat per la pressió i l'impacte de les accions humanes. En el cas del delta del Llobregat podríem considerar que hi ha tres grans tipus de pertorbacions que n'estan alterant el funcionament: les alteracions hidrològiques, l'eutrofització i la modificació dels hàbitats. Totes tres interaccionen, es reforcen entre elles i causen impactes importants.

No disposem de dades per poder fer una crònica de detall de la variabilitat i els canvis que han afectat l'estructura i la dinàmica dels ecosistemes aquàtics del delta del Llobregat durant un període suficient de temps per a permetre'ns saber com era el delta abans de la seva transformació i, especialment, com han estat els ecosistemes aquàtics al llarg de tota la seva història (per a això caldria disposar de dades paleolimnològiques). D'altra banda, les dades de seguiment d'alguns paràmetres ecològics són relativament recents (tenen majoritàriament uns deu o quinze anys, alguns vint anys) i, en general, fan referència només a les condicions fisicoquímiques de les aigües superficials amb periodicitat variable (anual, bianual o estacional, segons els anys i les localitats). Aquestes dades coincideixen amb el darrer període de grans canvis en el Delta i, per tant, mostren alteracions i un estat de degradació importants i poca tendència a la millora. Alguns grups d'organismes (odonats, papallones, amfibis, mamífers, vegetació terrestre i aquàtica, etc.) han estat objecte de programes de seguiment de periodicitat variable i els resultats es tracten en els capítols respectius d'aquest llibre.

La major part d'aquestes dades es troba en el que s'anomena literatura grisa, és a dir, informes i bases de dades no publicades, o en estudis publicats en revistes de caràcter més local, com el butlletí naturalista del delta del Llobregat (*Spartina*), publicat per l'Ajuntament del Prat de Llobregat. El primer estudi publicat amb dades d'un seguiment mensual de característiques fisicoquímiques i de les comunitats d'algues d'algunes llacunes artificials del delta del Llobregat fou el de Salvat (1996), que es referia a les llacunes del Reial Club de Golf El Prat (ara ja desaparegudes) i a l'estany de la Roberta, i el de Seguí (1996) centrat en algunes altres llacunes per a explicar la biodiversitat de macròfits. Després, Lucena *et al.* (2002) descrigueren, amb periodicitat estacional, el comportament limnològic de les llacunes de Viladecans. Posteriorment, la tesi doctoral de Cañedo-Argüelles (Cañedo-Argüelles, 2009; Cañedo-Argüelles *et al.*, 2012) recollí, amb periodicitat mensual, la variabilitat dels paràmetres fisicoquímics i biològics al llarg de l'any hidrològic 2004-2005 en les quatre llacunes més rellevants (el Remolar, la Ricarda, Cal Tet i Ca l'Arana) i també n'estudià la distribució en fondària, cosa que va permetre descriure per primera vegada el règim d'estratificació química d'aquestes llacunes i la seva importància per al funcionament ecològic (figura 5). Al delta del Llobregat, a causa de la seva relativa poca fondària, l'estratificació tèrmica està lligada i depèn de la presència d'una quimioclina, com és el cas del Remolar i de Ca l'Arana. En aquestes dues llacunes, a l'hivern es produeix una estratificació tèrmica inversa, en què les capes superficials més fredes (uns 5 °C) no s'enfonsen perquè són menys salades. Aquest efecte ja va ser descrit a la llacuna de la Massona (aiguamolls de l'Empordà) (Comín *et al.*, 1994).

Als sistemes deltaics de la Mediterrània, la dinàmica hidrològica estacional està força alterada, especialment per les activitats agrícoles (Comín, 1984; Newton *et al.*, 2012). Les aportacions d'aigua dolça provenen primordialment de la que porten els canals, de la pluja o bé del riu si hi ha connexió, mentre

que en èpoques de tempestes fortes, especialment a la tardor i a l'hivern, s'esperaria una entrada important d'aigua de mar, com és el cas d'algunes llacunes dels aiguamolls de l'Empordà com la Massona (Comín *et al.*, 1994). En alguns casos, la variació anual de la salinitat és inversa a l'esperada. Per exemple, al delta de l'Ebre, el règim hidrològic està totalment supeditat a la gestió de la quantitat de l'aigua per al conreu de l'arròs, amb canals oberts des d'abril fins a desembre, fet que provoca que l'aigua dolça de la llacuna sigui totalment renovada per aigua de mar de gener a abril (Comín, 1984). Al delta del Llobregat, actualment no hi ha un règim hidrològic natural a les llacunes. D'una banda, l'increment de la urbanització ha disminuït d'una manera notable l'entrada per escolament superficial cap a les rieres i els canals de reg (vegeu el capítol 4). A més, la gestió de la quantitat de l'aigua que entra a les llacunes està molt controlada (excepte en moments de pluges molt fortes) i depèn de les necessitats de reg de la zona agrícola i de les necessitats d'aigua a les zones protegides. D'altra banda, algunes de les llacunes més properes a la costa del sector més occidental (el Remolar, la Ricarda) cada cop estan més desconnectades del mar, ja sigui per les obres de canalització de la seva desembocadura, l'increment de sorra a la platja o per manca d'un flux d'aigua dolça prou important per a tenir la força suficient per obrir la connexió amb el mar. Aquesta situació comporta el confinament progressiu de les llacunes, cosa que té conseqüències molt importants per al seu funcionament. Aquest confinament disminueix la seva capacitat d'autodepuració, ja que reben una quantitat molt important de nutrients, cosa que facilita l'aparició de símptomes d'eutròfia.

En el període 2004-2005 vàrem tenir l'oportunitat de comprovar els efectes de l'entrada sobtada d'aigua dolça a dues llacunes situades a primera línia de costa (Cañedo-Argüelles i Rieradevall, 2010). Aquest és un tipus d'alteració cada cop més comú, però que ha rebut poca atenció, ja que la salinitza-



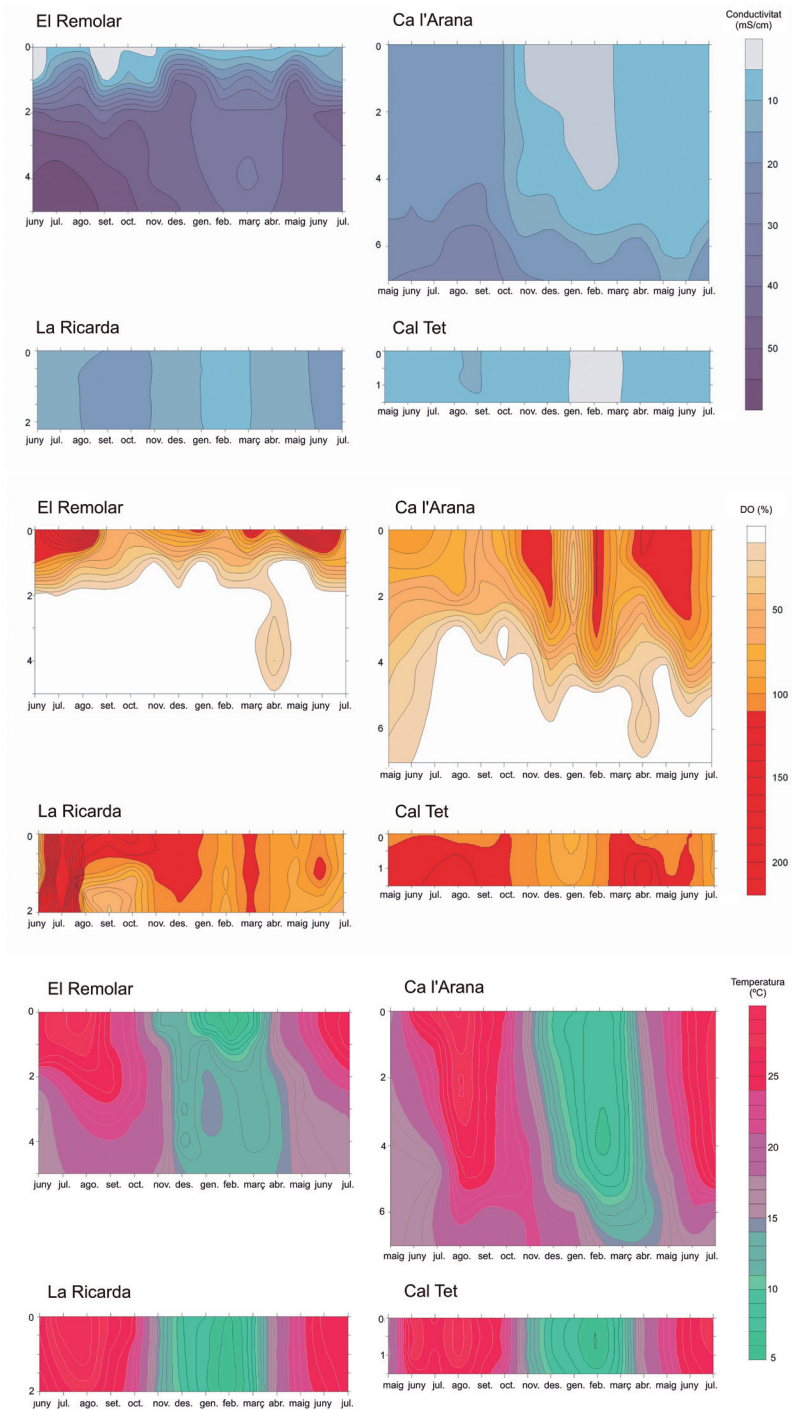


FIGURA 5. Perfils de distribució en fondària de la salinitat (expressada com a conductivitat mS/cm), l'oxigen dissolt a l'aigua (% de saturació) i la temperatura (°C) entre el juny de 2004 i el juliol de 2005 a les llacunes del Remolar, Ca l'Arana, la Ricarda i Cal Tet. Font: Cañedo-Argüelles *et al.*, 2012.



ció dels aquífers i, consegüentment, de les llacunes ha centrat majoritàriament l'interès. La proximitat dels nuclis urbans i de les terres de cultiu al Delta fa que els aportaments d'aigua dolça carregada de nutrients puguin arribar a ser d'una gran magnitud, i la majoria de les vegades no es gestionen tenint en compte les conseqüències que poden tenir per als ecosistemes aquàtics. Aquesta alteració és important perquè els organismes aquàtics

de les zones deltaïques solen ser majoritàriament tolerants a la salinitat i de preferències mesohalines i, atès el grau d'alteració generalitzat dels ambients costaners d'arreu, són espècies que hauríem de conservar.

Com es pot observar a la taula 3, els canvis en la composició de la comunitat de macroinvertebrats foren diferents en cada llacuna. A la Ricarda, tot i que hi va haver canvis, no foren significatius. Els poliquets (*Hediste*

TAULA 3. Canvis en la composició de la comunitat de macroinvertebrats a les llacunes de Ca l'Arana i de la Ricarda per efecte d'un canvi sobtat de salinitat motivat per una entrada puntual d'aigua més dolça al sistema.

Variació de salinitat (mS/cm)	Ca l'Arana		La Ricarda	
	Inicial 9,1	Mínim 2,8	Inicial 12,2	Mínim 8,4
Mes d'injecció del flux d'aigua dolça		Novembre	Gener	
Temps de recuperació de la salinitat inicial		Es manté per sota de 5 mS/cm fins a final de l'estudi (juliol)	4 mesos	

Substrat	Phragmites		Phragmites		Sediment	
	Abans	Després	Abans	Després	Abans	Després
C <i>Corophium insidiosum</i>	**					
C <i>Gammarus aequicauda</i>			*			
C <i>Mesopodopsis slabberi</i>	*		*		*	
C <i>Palaemon elegans</i>	*					
P <i>Hediste diversicolor</i>			*			***
Q <i>Chironomus riparius</i>	**		*			**
Q <i>Cricotopus (I.) ornatus</i>		***		*	*	
Q <i>Dicretendipes pallidicornis</i>		**		*		*
Q <i>Psectrocladius sordidellus</i>		***				
O Naídids		**		*		*
E <i>Caenis gr. macrura</i>		*				
E <i>Cloeon cognatum</i>		*				
M <i>Hydrobia acuta</i>		*		*		
Od <i>Ishnura elegans</i>		*				

S'especifica el valor de salinitat inicial (expressat com a conductivitat, mS/cm) i el mínim assolit, així com el temps de recuperació de la salinitat original i el mes de l'any hidrològic 2004-2005 en què es produí la pertorbació.

C, crustacis; P, poliquets; Q, quironòmids; O, oligoquets; E, efemeròpters; M, molluscs; Od, odonats.

Els asteriscs indiquen la importància en abundància de cada tàxon per a la comunitat: \*\*\*, molt important; \*\*, important; \*, presència significativa. Adaptat de Cañedo-Argüelles i Rieradevall, 2010.

*diversicolor*) canviaren d'hàbitat i varen deixar la vegetació litoral per instal·lar-se en els sediments, on molt probablement la salinitat es conservà en els intersticis. A Ca l'Arana, els canvis foren molt més importants, evidents i persistents, amb la pràctica desaparició dels crustacis, que foren reemplaçats per insectes (primordialment espècies de dípters quironòmids), i l'aparició d'oligoquets (més propis d'aigües dolces).

Aquests resultats mostren que la intensitat de la pertorbació i la seva durada són les causes que modulen els efectes sobre les comunitats. En el cas de la salinitat, passar o no el llindar de 5 mS/cm és la clau per a entendre si els canvis són d'una gran magnitud o no, ja que aquest és el valor que s'ha descrit com a límit de tolerància a la salinitat per a alguns insectes aquàtics (Williams i Williams, 1998; Cañedo-Argüelles i Rieradevall, 2009a) i també per les espècies pròpies d'aigües salabroses (Cognetti i Maltagliati, 2000), atesa la capacitat osmoreguladora dels organismes aquàtics.

Totes aquestes alteracions hidrològiques també tenen els seus efectes en el procés d'eutrofització dels ecosistemes aquàtics del delta del Llobregat, ja que la principal via d'entrada de nutrients són els canals. Si hi afegim la baixa taxa de renovació de l'aigua, motivada pel seu confinament com a conseqüència de la pèrdua o disminució de la connexió amb el mar, el resultat és l'acumulació de nutrients en els sediments i l'anòxia en les aigües (Cañedo-Argüelles *et al.*, 2012). Els organismes hi responen amb un increment de l'abundància d'alguns tàxons tolerants a la contaminació al litoral de la llacuna, amb l'absència de macroinvertebrats a les zones profundes i amb una pèrdua de biodiversitat global del sistema. Els casos més extrems al delta del Llobregat són el de la llacuna del Remolar, i molt especialment el de la Murtra (Cañedo-Argüelles i Rieradevall, 2009a).

Un cas també molt interessant és el de la llacuna de la Ricarda. Coneguda i considerada durant molt de temps la més ben conservada del delta del Llobregat, amb una alta biodiversitat piscícola i ornitològica gràcies a

la cura dels seus propietaris, darrerament mostra forts indicis de deficiències en el seu estat ecològic i de conservació. La sèrie de dades fisicoquímiques recollides amb freqüència estacional pel PICMA des de l'any 1995 fins a l'actualitat, junt amb les dades de Cañedo-Argüelles i Rieradevall (2010), permet constatar un augment important del fòsfor total a l'aigua des de 2008, que supera la variabilitat del període anterior (figura 7). Valors superiors a 0,1 mg/l de fòsfor total són indicadors d'eutrofia, i les darreres dades en mostren concentracions de tres a cinc vegades superiors. Aquest increment ha d'estar relacionat amb els canvis hidrològics que han afectat la llacuna des de l'ampliació de l'aeroport. Les obres varen afectar l'escorrentia superficial que arribava a l'estany a través de dues filloles i una pluvial del canal de la dreta



FIGURA 6. Llacuna del Remolar. Font: Elaboració pròpia a partir de la imatge de Google Earth.

del Llobregat, cosa que ha comportat una reducció del 40% de l'entrada d'aigua a la llacuna. L'efecte d'aquesta reducció comporta canvis en el balanç hidrològic de la llacuna, cosa que es tradueix en un major confinament (o menor renovació) de l'aigua, atès que la menor entrada d'aigua no afavoreix l'obertura del canal de comunicació amb el mar.

La Declaració d'Impacte Ambiental de les obres d'ampliació de l'aeroport obliga els gestors de la infraestructura aeroportuària a restablir els cabals que alimenten la llacuna de la Ricarda i demana que siguin de qualitat. La solució aplicada va ser la d'aportar aigua d'un pou de l'aquífer profund situat a les instal·lacions de l'aeroport, fet que es va produir durant el període que va del 2003 al 2007 i després de constatar el benefici que representava per a la llacuna la bona qualitat de l'aigua del freàtic. Com es pot veure a la figura 7, el 2003, la concentració de fòsfor a l'aigua disminuí notablement i això es traduí en un increment de la transparència de l'aigua i en la reaparició del macròfit *Ruppia* a prop del punt d'abocament (segons dades i observacions dels tècnics del Consorci per a la Protecció i la Gestió dels Espais Naturals del Delta del

Llobregat). Des del 2008, el cabal restituit es fa amb aigua tractada per l'EDAR del Baix Llobregat, el que coincideix amb l'augment important de l'eutrofització de la llacuna. Les dificultats econòmiques han comportat que, en aquests moments, aquesta aportació s'hagi reduït considerablement i, per tant, és un bon moment per a decidir entre les administracions, afectats i implicats, quina seria la millor alternativa per tal de dotar la llacuna d'unes aportacions d'aigües dolces suficients i de qualitat d'una manera definitiva. De ben segur que la solució passa per una bona visió global del funcionament del Delta i per una acció decidida per a la conservació de la llacuna amb l'objectiu de revertir les condicions d'aigua tèrbola i elevada eutròfia en la qual es troba en aquests moments.

### 3.6. AVALUACIÓ DE L'ESTAT ECOLÒGIC DE LES LLACUNES DEL DELTA DEL LLOBREGAT

D'acord amb la Directiva marc de l'aigua 2000/60/CE (Comissió Europea, 2000) de la Unió Europea, s'ha d'avaluar l'estat ecològic

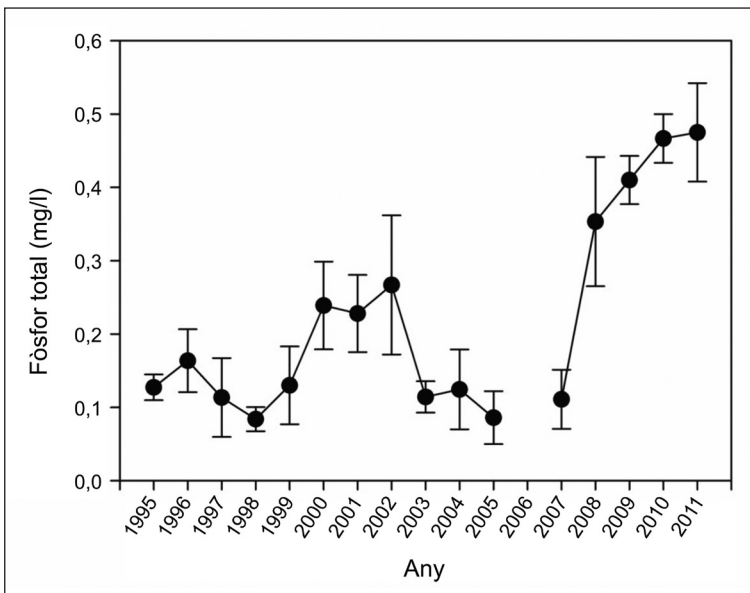


FIGURA 7. Variació estacional de la concentració de fòsfor total (mg/l) a la llacuna de la Ricarda en el període 1995-2012. Dades de PICMA (Consorci per a la Protecció i la Gestió dels Espais Naturals del Delta del Llobregat) i de Cañedo-Argüelles i Rieradevall (2010).

de les masses d'aigua de Catalunya i determinar si acompleixen els seus objectius o, en cas contrari, si cal implementar o no mesures de gestió. D'acord amb la DMA, l'avaluació ha de permetre classificar les masses d'aigua en cinc nivells de qualitat (molt bo, bo, mediocre, deficient i dolent) i la seva assignació a un nivell o un altre determinarà la gestió a realitzar en cadascuna d'elles. En el cas de les llacunes costaneres, el fet que siguin naturalment riques en nutrients (Elliott i Quintino, 2007) i que presentin una biodiversitat local baixa (Remane i Schlieper, 1971) complica el desenvolupament d'eines fiables per a l'avaluació del seu estat ecològic. A més, s'ha de tenir en compte que la majoria de les llacunes estan sotmeses a fortes pressions antròpiques i que, per tant, hi ha poques llacunes que es puguin considerar llocs de referència. Això és un gran impediment per al desenvolupament d'indicadors, ja que es basen en la comparació de les comunitats trobades en una determinada llacuna amb les comunitats trobades en llacunes de referència (llocs on suposadament l'acció de l'home ha estat gairebé inexistent).

Hi ha indicadors basats en les característiques fisicoquímiques de l'aigua que s'han fet servir per a avaluar la qualitat de les aigües costaneres (incloent-hi les llacunes) en diferents països d'Europa. Un dels més usats ha estat l'índex TRIX (Vollenweider *et al.*, 1998), que combina informació sobre els nutrients (fòsfor i nitrogen), l'oxigen dissolt en l'aigua (com a indicador de la producció primària i dels processos de descomposició de la matèria orgànica) i la clorofil·la *a* (com a indicadora de la biomassa d'algues fitoplànctòniques). La limitació en l'ús d'aquest índex és donada per la gran variabilitat espacial (Guelorget i Perthuisot, 1992) i temporal (Pérez-Ruzafa *et al.*, 2005) de les característiques fisicoquímiques d'aquests ambients. Es poden obtenir resultats molt diferents segons el lloc de la llacuna on es fa la mesura i el moment de l'any (fins i tot del dia). És per això que les comunitats d'organismes aquàtics (especialment aquelles amb una riquesa

elevada d'espècies i cicles de vida curts que permeten detectar canvis en el medi amb rapidesa, com les algues i els invertebrats) són una eina d'avaluació més adequada en aquest tipus d'ambients, ja que integren informació de rangs espacials i temporals més amples.

Atesa la urgència de les exigències de la DMA i la manca d'eines d'avaluació fiables, l'any 2007 el Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya finançà un conveni de col·laboració entre l'Agència Catalana de l'Aigua, les universitats de Barcelona i Girona i l'Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries per a avaluar l'estat ecològic de les zones humides de Catalunya, incloent-hi les llacunes costaneres del delta del Llobregat. Durant aquest projecte es varen aplicar i ajustar els índexs QAELS i ECELS (Boix *et al.*, 2004 i 2005; Sala *et al.* 2004). L'índex QAELS es basa principalment en la composició de comunitats de microcrustacis, de manera que la dominància d'espècies tolerants a la contaminació és indicadora d'una mala qualitat de l'aigua i d'una possible degradació dels hàbitats aquàtics. Aquest índex es complementa amb l'ECELS, que mesura la pressió antròpica sobre la llacuna i la degradació de l'hàbitat a partir de l'anàlisi de variables com el cinzell de vegetació o la presència d'infraestructures al voltant de la llacuna. Dins del projecte també es va desenvolupar un nou índex basat en la composició de la comunitat de quironòmids, l'índex EQAT (Cañedo-Argüelles *et al.*, 2012) (vegeu el capítol 12). L'elecció d'aquest grup d'organismes es basà en el fet que els dípters quironòmids són, entre tots els grups de macroinvertebrats aquàtics, un dels més abundants i amb més espècies.

Els resultats de l'aplicació del diferents índexs en les llacunes del Delta es mostren a la taula 4. La majoria de les llacunes presenten un estat ecològic deficient o dolent d'acord amb la combinació dels índexs QAELS i ECELS. Hi ha llacunes (com Ca l'Arana o la Ricarda) que presenten una comunitat de microcrustacis amb presència

d'espècies indicadores de bona qualitat, però que, pel fet d'estar sotmeses a una forta pressió antròpica, no es pot considerar que tinguin un bon estat ecològic. D'altra banda, hi ha llacunes (com Sant Climent o la Vidala) que sembla que no estiguin gaire afectades per l'acció de l'home, però la seva comunitat de microcrustacis es troba dominada per espècies tolerants a la contaminació. Això és degut al fet que el punt de mostreig se situa en una zona poc afectada per l'acció humana, però que aigües amunt hi ha fonts de contaminació molt importants relacionades amb els conreus i els nuclis urbans. L'única llacuna que va presentar un bon estat ecològic és la Magarola, una llacuna petita situada

en una zona de reserva natural a la platja, a prop de la Ricarda, i alimentada exclusivament d'aigua de mar superficial i subsuperficial. Curiosament l'índex TRIX, basat en paràmetres fisicoquímics, classificà aquesta llacuna amb una qualitat deficient. Això posa de rellevància la ineficàcia d'aquest índex en ambients com les llacunes del delta del Llobregat si no es combina amb indicadors biològics, atès que el confinament de les aigües d'aquestes llacunes pot comportar una acumulació natural de nutrients i una elevada producció primària. L'índex EQAT va confirmar els resultats de l'índex QAELS, essent una eina complementària especialment adequada per al control i el seguiment de l'estat

TAULA 4. Resultats de l'aplicació dels índexs TRIX (Vollenweider *et al.*, 1998), EQAT (Cañedo-Argüelles *et al.*, 2012), QAELS i ECELS (Boix *et al.*, 2004, 2005) en les llacunes del delta del Llobregat. L'estat ecològic resulta de la combinació del QAELS i l'ECELS, tal com s'estableix en Boix *et al.* (2004 i 2005). Els colors de les categories es corresponen amb els colors establerts en la directiva Marc de l'Aigua 2000/60/CE (Comissió Europea, 2000).

Localitat	TRIX	Categoria TRIX	EQAT	Categoria EQAT	QAELS	Categoria QAELS	ECELS	Categoria ECELS	Estat ecològic
Bassa petita de Cal Dimoni	7	Deficient	4	Dolent	0,51	Mediocre	42	Deficient	Deficient
Bassa gran de Cal Dimoni	6	Deficient	34	Deficient	0,51	Deficient	32	Deficient	Deficient
Estany de Ca l'Arana	6	Deficient	35	Deficient	0,69	Bo	58	Mediocre	Mediocre
Estany de Cal Tet	6	Deficient	51	Mediocre	0,55	Bo	85	Mediocre	Mediocre
Estany de la Ricarda	7	Deficient	40	Deficient	0,64	Bo	56	Mediocre	Mediocre
Els Reguerons	8	Dolent	17	Dolent	0,46	Deficient	49	Deficient	Deficient
Estany de la Vidala	7	Deficient	25	Dolent	0,44	Dolent	73	Bo	Deficient
Estany del Remolar	9	Dolent	26	Dolent	0,50	Deficient	25	Dolent	Dolent
Bassa del Pi	7	Deficient	41	Deficient	0,34	Dolent	83	Bo	Deficient
Estany de la Roberta	5	Mediocre	66	Bo	0,55	Mediocre	42	Deficient	Deficient
Riera de Sant Climent	7	Deficient	55	Deficient	0,21	Dolent	73	Bo	Deficient
Estany de la Murtra	9	Dolent	0	Dolent	0,21	Dolent	5	Dolent	Dolent
Bassa del Prat	7	Deficient	40	Deficient	—	—	—	—	—
Bassa dels Fartets	6	Deficient	28	Dolent	—	—	—	—	—
Bassa dels Pollancrecs	6	Deficient	23	Dolent	—	—	—	—	—
La Magarola	6	Deficient	—	—	0,71	Bo	100	Molt bo	Bo



ecològic d'aquestes llacunes atès el seu baix cost econòmic i esforç de mostreig requerit i perquè integra tots els hàbitats de la llacuna en una sola mostra.

Es pot concloure que les llacunes del delta del Llobregat es troben en un estat de conservació deficient, cosa que complica l'assoliment dels objectius establerts per la Unió Europea a través de la DMA. És urgent posar en pràctica mesures de gestió i restauració adequades per a recuperar la biodiversitat i la funcionalitat del sistema deltaic i garantir que les generacions futures gaudeixin del ric mosaic d'ecosistemes aquàtics que componen el delta del Llobregat.

### 3.7. EL RIU LLOBREGAT

Hem deixat per al final parlar de l'agent que ha format el Delta. Del riu, se n'ha parlat abastament i emplace el lector a l'excel·lent monografia coordinada per Prat i Tello (2004) per a tenir una visió de la importància natural i socioeconòmica d'aquest riu vertebrador i fonamental per a entendre el que avui és Catalunya. Com ja remarquen aquests autors, el riu no es troba precisament en gaire bon estat ecològic quan arriba a la seva zona baixa. Així ho indiquen, any rere any, tant els paràmetres fisicoquímics com les algues, els macroinvertebrats o els peixos, que s'analitzen amb periodicitat anual o cada tres anys segons l'indicador. Els resultats es poden consultar al web <http://www.ub.edu/barcelonarius/web/index.php>, i són el reflex de l'impacte que tenen les activitats humanes sobre els ecosistemes fluvials. I és que el riu Llobregat flueix per una de les conques hidrogràfiques més industrialitzades i poblades de Catalunya, i això li aporta nutrients, sal i una gran varietat de substàncies químiques que resulten en una baixa qualitat de l'aigua (Munné *et al.*, 2012).

És evident que els esforços fets els darrers trenta anys per disminuir l'impacte dels abocaments d'aigües residuals, ara majorment tractades a les EDAR, no han estat suficients

per a aconseguir una bona qualitat de les aigües en el tram baix del Llobregat (Prat i Rieradevall, 2006). De fet, els efluents de les estacions depuradores no són del tot aigua neta, i els cal una certa dilució per a no afectar el medi aquàtic receptor (Perreé *et al.*, 2010). Però als rius mediterranis el cabal circulat sol ser escàs al llarg de l'any, i per això és del tot aconsellable la millora del tractament i l'aplicació d'un tractament terciari (amb reducció de nutrients) a les plantes depuradores.

Durant les obres de transformació del delta del Llobregat es va construir una gran depuradora al Prat de Llobregat per a tractar les aigües residuals de la ciutat de Barcelona i la seva àrea metropolitana (amb capacitat de tractament de fins a 3,8 m<sup>3</sup>/s). La qualitat de l'aigua que en surt ha de permetre reutilitzar-la per a incrementar els recursos d'aigua potable i aportar aigua al riu per al manteniment de cabals ecològics, entre d'altres usos de reutilització. D'aquesta manera, a partir de 2009, i en els moments que interessa, una part de l'aigua és bombejada riu amunt fins a la potabilitzadora de Sant Joan Despí. Des del punt de vista de la qualitat de l'aigua del riu, mesurada amb indicadors d'estructura de les comunitats d'organismes, els efectes ambientals d'aquesta acció no l'empitjoren. Però sí que hi ha una certa afectació de l'estat de salut de les poblacions d'alguns insectes, com el tricòpter *Hydropsyche exocellata*, que presenta alteracions fisiològiques lligades a l'estrès oxidatiu (Prat *et al.*, 2013).

Malgrat tot, el darrer cens de macroinvertebrats aquàtics al riu a l'altura del Prat de Llobregat (figura 2) revela que hi habiten uns disset tàxons (taula 5), tots tolerants a nivells alts de contaminació, entre els quals destaquen els oligoquets tubíficids, els quironòmids (*Cricotopus bicinctus* i *Eukiefferiella aclaripennis*) i els efemeròpters bètids (*Baetis pavidus* i *Baetis rhodani*) (Cañedo-Argüelles i Rieradevall, 2009b).

La malfiança envers el riu, la desatenció al funcionament dels rius mediterranis, que necessiten crescudes i sequeres, i les necessitats dites d'interès general, han desnaturalit-



zat la desembocadura, que s'hauria de caracteritzar per la presència d'un gradient suau de salinitat i una comunitat aquàtica distintiva amb espècies estuàriques. Aquesta zona de la desembocadura s'ha trobat en un estat

deplorable des dels anys setanta del segle passat, sense fauna per la mala qualitat de les aigües (Prat *et al.*, 1983; Millet i Prat, 1984) (taula 4). La reubicació de la llera i la seva transformació en un canal ample i fondo ha

TAULA 5. Comparació d'alguns paràmetres fisicoquímics de l'aigua i de la composició de la comunitat de macroinvertebrats entre la llera del riu Llobregat abans i després de les obres de relocació de la desembocadura, i en referència a la situació uns quilòmetres riu amunt. Dades de (1) Prat *et al.* (1983), (2) Alonso *et al.* (2001), (3) Cañedo-Argüelles i Rieradevall (2012) i (4) Prat *et al.* (2013).

	<i>Llera vella riu amunt</i>	<i>Llera vella desembocadura</i>	<i>Llera nova desembocadura</i>
Referències	(3, 4)	(1, 2)	(3)
km de la desembocadura	5,7	1	1 i 3
Conductivitat (mS/cm)	1,7	3,5	30,2
Amoni (mg/l)	12,1	27,0	7,1
Fòsfor total (mg/l)	0,78	—	0,37
Macroinvertebrats	presentes	absents	presentes
Tàxons oligohalins/halins	17/0	0/0	0/7
F. Enchytraeidae	+	—	+
F. Naididae	+	—	+
F. Tubificidae	+	—	—
<i>Hediste diversicolor</i>	—	—	+
<i>Physella acuta</i>	+	—	—
<i>Acanthocardia tuberculata</i>	—	—	+
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	—	—	+
<i>Orchestia gammarellus</i>	—	—	+
<i>Ischnura elegans</i>	+	—	—
<i>Baetis pavidus</i>	+	—	—
<i>Baetis rhodani</i>	+	—	—
<i>Naucoris maculatus</i>	+	—	—
F. Ephydriidae	+	—	—
F. Limonidae	+	—	—
F. Tabanidae	+	—	—
F. Tipulidae	+	—	—
<i>Cricotopus bicinctus</i>	+	—	—
<i>Cricotopus sylvestris</i>	+	—	—
<i>Eukiefferiella claripennis</i>	+	—	—
<i>Chironomus salinarius</i>	—	—	+
<i>Chironomus</i> sp.	+	—	—
<i>Paratanytarsus grimmi</i>	+	—	—

fet que el mar ocupés aquest espai (Cañedo-Argüelles i Rieradevall, 2009b; Cañedo-Argüelles i Rieradevall, 2012). Ara els insectes han estat substituïts per cucs poliquets (*Hediste diversicolor*), escopinyes (*Acanthocardia tuberculata*) i musclos (*Mytilus galloprovincialis*) (taula 5). Les raons perquè es dissenyés d'aquesta manera van ser, entre d'altres, el control de les inundacions i la deposició dels sediments que tot riu transporta aigües avall. Però el riu ja no porta tants sediments com abans per efecte dels embassaments aigües amunt i, a més, el cabal que arriba al Delta ho fa clarament minvat, per l'ús, per canvis en els usos del territori i per la pluviometria. De moment, l'aigua de mar penetra uns 3,9 km terra endins, fins al punt d'unió de la nova i l'antiga llera, i s'ha perdut la zona de transició pròpia d'aquests tipus d'ambients on l'aigua dolça del riu i l'aigua salada del mar interactuen. S'haurà d'esperar a veure quin és l'efecte de les crescudes del riu, que són una font important de sediments i tenen una alta capacitat transformadora. En aquest marc no hem d'oblidar que les previsions de canvi climàtic i la subsidència pròpia dels deltes que no reben nous materials fan esperar una pujada del nivell del mar que afectarà d'una manera important el delta del Llobregat i, en especial, el seu aqüífer.

La recuperació ambiental del riu i del delta passa per un canvi en les polítiques i la gestió ambientals i en la consciència ciutadana, que reclami més la qualitat ambiental que una immediatesa a qualsevol preu.

## AGRAÏMENTS

Els autors agraeixen la col·laboració del Consorci per a la Protecció i la Gestió dels Espais Naturals del Delta del Llobregat.

## BIBLIOGRAFIA

AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA (2006). *ECOZO: Protocol d'avaluació de l'estat eco-*

*lògic de les zones humides*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Agència Catalana de l'Aigua (ACA). 40 p.

- (2008). *Estudi d'impacte acumulat i d'avaluació d'alternatives sobre la xarxa de drenatge i les zones humides generats per l'execució de les infraestructures del delta del Llobregat*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Agència Catalana de l'Aigua (ACA). 348 p.
- (2009). *Inventari de Zones Humides de Catalunya* [en línia]. <<http://www20.gencat.cat/portal/site/mediambient/menuitem.718bbc75771059204e9cac3bb0c0e1a0/?vgnnextoid=468b8879583d7210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnnextchannel=468b8879583d7210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD>>.

AGÈNCIA EUROPEA DEL MEDI AMBIENT (2009). *Nutrients in transitional, coastal and marine waters*. Copenhaguen: European Environmental Agency.

ALONSO, M.; CAMBRA, J.; GIL, M. J.; GONZÁLEZ, G.; JAUME, D.; PINO, J.; REAL, M.; RICO, E.; SALÓ, E.; VILASECA, J. M. (2001). *Estudio del impacto sobre los organismos acuáticos de las obras de ampliación del aeropuerto de Barcelona*. Barcelona: AENA. [Informe inèdit]

BASSET, A.; GALUPPO, N.; SABETTA, L. (2006). «Environmental heterogeneity and benthic macroinvertebrate guilds in italian lagoons». *Transitional Waters Bulletin*, vol. 1, núm. 1, p. 48-63.

BIGGS, J.; WILLIAMS, P.; WHITFIELD, M.; NICOLET, P.; WEATHERBY, A. (2005). «15 years of pond assessment in Britain: results and lessons learned from the work of Pond Conservation». *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, vol. 15, núm. 6, p. 693-714.

BOIX, D.; CAIOLA, N.; CAÑEDO-ARGÜELLES, M.; GASCÓN, S.; IBÀÑEZ, C.; NEBRA, A.; QUINTANA, X. D.; RIERADEVALL, M.; SALA, J.; SÁNCHEZ-MILLARUELO, N.; SOLÀ, C.; MUNNÉ, A. (2010). *Avaluació de l'estat ecològic de les zones humides i ajust dels indicadors de qualitat*. Índexs

- QAELSe2010, ECELS i EQAT. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Agència Catalana de l'Aigua. 209 p.
- BOIX, D.; GASCÓN, S.; GIFRE, J.; MORENO-AMICH, R.; MARTINOY, M.; QUINTANA, X.; SALA, J.; GODÉ, L. X.; MUNNÉ, A. (2004). *Caracterització, regionalització i elaboració d'eines d'establiment de l'estat ecològic de les zones humides de Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Agència Catalana de l'Aigua. 89 p.
- BOIX, D.; GASCÓN, S.; SALA, J.; MARTINOY, M.; GIFRE, J.; QUINTANA, X. D. (2005). «A new index of water quality assessment in Mediterranean wetlands based on crustacean and insect assemblages: the case of Catalunya (NE Iberian peninsula)». *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, vol. 15, núm. 6, p. 635-651.
- CAÑEDO-ARGÜELLES, M. (2009). *Ecology of macroinvertebrate communities in transitional waters: Influence of the environment, response to disturbance and successional processes*. Tesi doctoral europea. Barcelona: Universitat de Barcelona. 226 p.
- CAÑEDO-ARGÜELLES, M.; FARRÉS, R.; RIERADEVALL, M.; PRAT, N. (2005). «Seguiment de la qualitat fisicoquímica dels sistemes aquàtics del delta del Llobregat». A: LLORENTE, G. (coord.). *Seguiment de paràmetres biològics i detecció de bioindicadors de l'estat del sistema al llarg del període de creació de noves infraestructures. Memòria 2005*. Barcelona: Universitat de Barcelona: Generalitat de Catalunya, p. 4-19.
- CAÑEDO-ARGÜELLES, M.; RIERADEVALL, M. (2009a). «Quantification of environment-driven changes in epiphytic macroinvertebrate communities associated to *Phragmites australis*». *Journal of Limnology*, vol. 68, núm. 2, p. 229-241.
- (2009b). «Les comunitats de macroinvertebrats aquàtics a la nova llera del riu Llobregat». A: *5enes Jornades d'Estudi del Patrimoni del Baix Llobregat: Patrimoni en un entorn metropolità*, p. 79-82.
- (2010). «Disturbance caused by freshwater releases of different magnitude on the aquatic macroinvertebrate communities of two coastal lagoons». *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 88, núm. 2, p. 190-198.
- (2011). «Early succession of the macroinvertebrate community in a shallow lake: response to changes in the habitat condition». *Limnologia*, vol. 41, núm. 4, p. 363-370.
- (2012). «An assessment of the changes in water chemistry and in the macroinvertebrate community produced during the creation of the new Llobregat river mouth (Barcelona, NE Spain)». *Limnetica*, vol. 31, núm. 2, p. 255-266.
- CAÑEDO-ARGÜELLES, M.; RIERADEVALL, M.; BOIX, D.; SALA, J.; CAIOLA, N.; NEBRA, A. (2012). «A rapid bioassessment tool for the evaluation of the water quality of transitional waters». *Estuarine Coastal and Shelf Science*, vol. 111, p. 129-138.
- CAÑEDO-ARGÜELLES, M.; RIERADEVALL, M.; FARRÉS-CORELL, R.; NEWTON, A. (2012). «Annual characterisation of four Mediterranean coastal lagoons subjected to intense human activity». *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 114, p. 59-69.
- COGNETTI, G.; MALTAGLIATI, F. (2000). «Biodiversity and adaptive mechanisms in brackish water fauna». *Marine Pollution Bulletin*, vol. 40, núm. 1, p. 7-14.
- COMÍN, F. (1984). «Características físicas y químicas y fitoplancton de las lagunas costeras: Buda, Encañizada y Tancada (Delta del Ebro)». *Oecologia Aquatica*, vol. 7, p. 79-160.
- (1989). «Els sistemes aquàtics costaners». A: TERRADAS, J.; PRAT, N.; ESCARRÉ, A.; MARGALEF, R. *Història natural dels Països Catalans*. Vol. 14: *Sistemes naturals*. Barcelona: Enciclopèdia Catalana, p. 442-464.
- COMÍN, F.; ARMENGOL, J.; LÓPEZ, P.; BALLE-

- TEROS, E.; ROMERO, J. (1994). «Introducció a l'estudi limnològic dels aiguamolls de l'Empordà». A: GOSÁLBIZ, J.; SERRA, J.; VELASCO, E. (coord.). *Els sistemes naturals dels aiguamolls de l'Empordà*. Barcelona: Institució Catalana d'Història Natural. (Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural; 13), p. 249-272.
- COMISSIÓ EUROPEA (2000). «Directive 2000/60/EC of the European Parliament of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy». *Official Journal of the European Communities*, L 327, p. 1-72.
- ELLIOTT, M.; QUINTINO, V. (2007). «The Estuarine Quality Paradox, Environmental Homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas». *Marine Pollution Bulletin*, vol. 54, núm. 6, p. 640-645.
- ESTIVILL, X.; JANSANA, I.; CAÑAS, J.; ESTEBAN, P. (1998). «Memòria justificativa de la proposta d'ordenació de la nova llera del riu Llobregat (tram inferior)». *Spartina: Butlletí Naturalista del Delta del Llobregat*, núm. 3, p. 217-226.
- GUELORGET, O.; PERTHUISOT, J. P. (1992). «Paralicesystems: biological organization and functioning». *Vie et Milieu*, vol. 42, p. 215-251.
- JEPPESEN, E.; SØNDERGAARD, M.; SØNDERGAARD, M.; CHRISTOFFERSEN, K. (ed.). (1998). *The structuring role of submerged macrophytes in lakes*. Nova York: Springer.
- KJERFVE, B. (1994). «Coastal lagoons». A: KJERFVE, B. (ed.). *Coastal lagoon processes*. Elsevier Science Publishers, cap. 1, p. 1-8.
- LEVIN, L. A.; BOESCH, D. F.; COVICH, A.; DAHM, C.; ERSÉUS, C.; EWEL, K. C.; KNEIB, R. T.; MOLDENKE, A.; PALMER, M. A.; SNELGROVE, P.; STRAYER, D.; WESLAWSKI, J. M. (2001). «The function of marine critical transition zones and the importance of sediment biodiversity». *Ecosystems*, vol. 4, núm. 5, p. 430-451.
- LLORENTE, G. (coord.) (2005). *Seguiment de paràmetres biològics i detecció de bioindicadors de l'estat del sistema al llarg del període de creació de noves infraestructures al delta del Llobregat. Memòria 2005*. Barcelona: Universitat de Barcelona: Generalitat de Catalunya. 548 p.
- LUCENA, J. R.; HURTADO, J.; COMÍN, F. A. (2002). «Nutrients related to the hydrologic regime in the coastal lagoons of Viladecans (NE Spain)». *Hydrobiologia*, vol. 475, núm. 1, p. 413-422.
- MILLET, X.; PRAT, N. (1984). «Las comunidades de macroinvertebrados a lo largo del río Llobregat». *Limnetica*, vol. 1, p. 222-223.
- MUNNÉ, A.; SOLÀ, C.; TIRAPU, L.; BARATA, C.; RIERADEVALL, M.; PRAT, N. (2012). «Human pressure and its effects on water quality and biota in the Llobregat river». A: SABATER, S.; GINEBREDÀ, A.; BARCELÓ, D. (ed.). *The Llobregat: The story of a polluted Mediterranean river*. Springer. (The Handbook of Environmental Chemistry; 21), p. 297-326.
- NEWTON, A.; CARRUTHERS, T. J. B.; ICELY, J. (2012). «The coastal syndromes and hotspots on the coast». *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 96, p. 39-47.
- PANAREDA, J. M.; SANS, J. (2002). *Les basses de Can Dimoni. Sant Boi de Llobregat, delta del Llobregat*. Sant Boi de Llobregat: Ajuntament de Sant Boi de Llobregat. 96 p.
- PEÑUELAS, G.; LORAN, G. (2004). *El desvío del cauce del río Llobregat: Una obra de ingeniería medioambiental*. Barcelona: Taller de Ingeniería Ambiental. 17 p.
- PÉREZ-RUZAFÀ, A.; FERNÁNDEZ, A. I.; MARCOS, C.; GILABERT, J.; QUISPE, J. I.; GARCÍA-CHARTON, J. A. (2005). «Spatial and temporal variations of hydrological conditions, nutrients and chlorophyll  $\alpha$  in a Mediterranean coastal lagoon (Mar Menor, Spain)». *Hydrobiologia*, vol. 550, núm. 1, p. 11-27.
- PERREÉ, I.; RIERADEVALL, M.; PRAT, N.; MARTÍN, J.; CÉSPEDES, R. (2010). «Cambios en el estado ecológico de tres ríos producidos por el vertido de depurado-

- ras». *Tecnología del Agua*, núm. 320, p. 21-29.
- PLANAS, R. (1984). *Braços de riu, estanys i maresmes del delta del Llobregat*. Barcelona: Caixa d'Estalvis de Catalunya.
- PRAT, N.; PUIG, M. A.; GONZÁLEZ, G. (1983). *Predicció i control de la qualitat de les aigües dels rius Besòs i Llobregat*. II. *El poblament faunístic i la seva relació qualitat-aigües*. Barcelona: Diputació de Barcelona. (Monografies; 9), 164 p.
- PRAT, N.; RIERADEVALL, M. (2006). «25-years of biomonitoring in two mediterranean streams (Llobregat and Besòs basins, NE Spain)». *Limnetica*, vol. 25, p. 541-550.
- PRAT, N.; RIERADEVALL, M.; BARATA, C.; MUNNÉ, A. (2013). «The combined use of metrics of biological quality and biomarkers to detect the effects of reclaimed water on macroinvertebrate assemblages in the lower part of a polluted Mediterranean river (Llobregat River, NE Spain)». *Ecological Indicators*, vol. 24, p. 167-176.
- PRAT, N.; TELLO, E. (ed.). (2004). *El Baix Llobregat. Història i actualitat ambiental d'un riu*. Sant Feliu de Llobregat: Centre d'Estudis Comarcals del Baix Llobregat. 282 p.
- REMANE, A.; SCHLIEPER, C. (1971). *Biology of brackish water*. Nova York: Wiley Interscience.
- ROSELLI, L.; CAÑEDO-ARGÜELLES, M.; COSTA GOELA, P.; VITORINO CRISTINA, S.; RIERADEVALL, M.; D'ADAMO, R.; NEWTON, A. (2013). «Do physiography and hydrology determine the physico-chemical properties and trophic status of coastal lagoons? A comparative approach». *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 117, p. 29-36.
- SALA, J.; GASCÓN, S.; BOIX, D.; GESTI, J.; QUINTANA, X. (2004). «Proposal of a rapid methodology to assess the conservation status of Mediterranean wetlands and its application in Catalunya (NE Iberian peninsula)». *Archives des Sciences*, vol. 57, núm. 2-3, p. 141-152.
- SALVAT, A. (1996). «Algues i paràmetres ambientals en estanys artificials del delta del Llobregat». *Spartina: Butlletí Naturalista del Delta del Llobregat*, núm. 2, p. 3-18.
- SÁNCHEZ-JUNY, M.; DOLZ, J. (2004). «El riu, un camí d'aigua». A: PRAT, N.; TELLO, E. (ed.). *El Baix Llobregat. Història i actualitat ambiental d'un riu*. Sant Feliu de Llobregat: Centre d'Estudis Comarcals del Baix Llobregat, p. 32-47.
- SCHEFFER, M.; JEPPESEN, E. (2007). «Regime shifts in shallow lakes». *Ecosystems*, vol. 10, núm. 1, p. 1-3.
- SEGUÍ, J. M. (1996). «Les plantes aquàtiques del delta del Llobregat, un paràmetre per avaluar l'estat de conservació del medi». *Spartina: Butlletí Naturalista del Delta del Llobregat*, núm. 2, p. 19-32.
- SEGUÍ, J. M.; FLOR, N. (2011). *Estat de la població de macròfits al Delta i la seva relació amb la terbolesa de l'aigua i l'absència d'organismes aliens a la biocenosi original*. El Prat de Llobregat: Consorci per a la Protecció i la Gestió dels Espais Naturals del Delta del Llobregat. 53 p. [Informe inèdit]
- STENDERA, S.; BONADA, N.; CAÑEDO-ARGÜELLES, M.; HUGUENY, B.; JANUSCHKE, K.; PLETTERBAUER, F.; ADRIAN, R.; HERING, D. (2012). «Drivers and stressors of freshwater biodiversity patterns across different ecosystems and scales: a review». *Hydrobiologia*, vol. 696, núm. 1, p. 1-28.
- VIAROLI, P.; MISTRI, M.; TROUSSELLIER, M.; GUERZONI, S.; CARDOSO, A. C. (2005). «Structure, functions and ecosystem alterations in Southern European coastal lagoons. Preface». *Hydrobiologia*, vol. 550, p. 7-9.
- VOLLENWEIDER, R. A.; GIOVANARDI, F.; MONTANARI, G.; RINALDI, A. (1998). «Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index». *Environmental Metrics*, vol. 9, núm. 3, p. 329-357.

- WILLIAMS, D. D.; WILLIAMS, N. E. (1998). «Aquatic insects in an estuarine environment: densities, distribution and salinity tolerance». *Freshwater Biology*, vol. 39, núm. 3, p. 411-421.
- ZALDÍVAR, J. M.; CARDOSO, A. C.; VIAROLI, P.; NEWTON, A.; WIT, R. de; IBÁÑEZ, C.; REIZOPOULOU, S.; SOMMA, F.; RAZINKOVAS, A.; BASSET, A.; HOLMER, M.; MURRAY N. (2008). «Eutrophication in transitional waters: an overview». *Transitional Waters Monographs*, vol. 2, núm. 1, p. 1-78.