

capítol xxx

El funcionament ecològic i el mosaic dels ecosistemes aquàtics del Delta del Llobregat

Maria Rieradevall^{1,2} & Miguel Cañedo-Argüelles¹

¹Grup de recerca F.E.M. (*Freshwater Ecology and Management*), Departament d'Ecologia, Universitat de Barcelona, Diagonal 643. 08028- Barcelona.

²IRBio (Institut de Recerca de Biodiversitat), Universitat de Barcelona.

Introducció

Els deltes són paisatges d'aigua. De les aigües corrents, els aiguamolls, les llacunes, els braços de mar més o menys connectats al mar, la barreja d'aigua dolça i salada..., 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 donen 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, pel que són zones de 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 pels assentaments humans, i actualment són els llocs a on hi destinem creixement urbanístic, turístic, agrícola, nuclis de transport marítim i aeri, etc. El Delta del Llobregat, zona d'alta importància estratègica pel comerç, no s'escapa d'aquesta tendència global. Els deltes són 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 d'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 a nivell de tota la conca hidrogràfica (com

per exemple, la regulació de cabals fluvials o la construcció d'embassaments que impedeixen l'arribada de sediments), i a les pressions sobre el medi que actuen a gran escala, com per exemple tot el 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, molt en concret dels aquàtics, amb la conseqüent disminució de la seva qualitat. Aquests efectes han estat molt importants en el 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 (veure capítol J.Pino). En el cas del Delta del Llobregat, potser el més preocupant és que la major part d'aquestes transformacions, i també les seves mesures pal·liatives, s'han fet amb una base de coneixement massa deficient de com és i com funciona cadascun dels seus elements estructurals i sense un model de funcionament global del Delta. Sorprenentment, tot i el 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 de manera poc sistemàtica, fins un cop començat el gran projecte transformador anomenat Pla Delta. Aquest projecte pretenia impulsar el flux comercial mitjançant l'augment de l'espai ocupat pel Aeroport i el Port de Barcelona, el 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 com a conseqüència de l'execució del Pla Delta (URS Limnos 2000a,b). L'any 2004, mentre es feien les obres d'aquest pla, el departament de Medi Natural de la Generalitat de Catalunya encarregà un estudi per avaluar els seus efectes potencials a un equip multidisciplinari de la Universitat de Barcelona (Llorente et al., 2005). Més tard, l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA, 2008) en va dur a terme un altre per 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 del Delta del Llobregat han anat fent constants intents i contribucions a la millora del coneixement del medi natural del delta

de Llobregat, conscients de què per gestionar bé s'ha de conèixer. 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 de El Prat del 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 ho ha fet la seva periodicitat (mensual, trimestral o anual) i el nombre de localitats incloses en el programa. A més les masses d'aigua del Delta del Llobregat estan incloses en el Programa de Seguiment i Control de l'estat ecològic de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA, Generalitat de Catalunya), que les avalua al menys un cop cada sis anys.

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

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 variats 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 definir les característiques de forma i de funció de cada ambient. Per la combinació d'aspectes com la seva mida, la fondària, i el seu funcionament hidrològic, podríem reconèixer en el Delta del Llobregat cinc tipus d'ambients aquàtics: les llacunes, les basses, els aiguamolls, els canals i el riu, (**Figura 1**) (Taula 1).



Figura 1. Aspecte general dels diferents tipus d'ambients aquàtics al Delta del Llobregat. De dalt a baix i de esquerra a dreta: 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, Remolar-Filipines, i 6) exemple de canal, La Bunyola. (Font: M. Rieradevall i M. Cañedo-Argüelles, excepte (5) Consorci del Delta del Llobregat-Sergi Bosch).

Les llacunes i les basses difereixen en la seva mida, i en la relació superfície/fondària, essent les basses les més petites (1 m^2 – 2 Ha), amb menys d'un metre de fondària (Biggs *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 zones humides de tipus temporal, que s'assequen en moments de poca pluviositat. Les llacunes d'origen natural tenen en el Delta del Llobregat una configuració morfològica que es considera atípica per les llacunes costaneres d'arreu (Comín 1989, Kjerfve 1994). El seu eix principal és perpendicular a la línia de costa, indicant 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 i com passa en altres zones costaneres (Kjerfve, 1994). Solen tenir poca fondària, resultat del rebliment amb sediments transportats i la seva connexió amb el mar sol estar limitada als períodes de tempesta. Pel que fa als aiguamolls, en aquests moments només hi ha actius els de la reserva del Remolar-Filipines i els de Reguerons, els altres o estan molt alterats i pràcticament tot l'any secs o bé han desaparegut completament.

Cal destacar que actualment molts d'aquests ambients aquàtics són artificials o són modificacions importants de zones humides d'origen natural (Taula 1). És el cas dels canals de rec, que en algun cas han suplantat a les rieres que desguassaven de manera natural les aigües d'escolament superficial cap el mar, i que varen suposar un canvi important pel paisatge deltaic a partir del s. XIX (Panareda i Sans, 2002). D'altres, com Ca l'Arana o les basses de Can Dimoni són el resultat d'antigues extraccions d'àrids per a la construcció explotades als anys 70 (Planas, 1984), les quals varen quedar en desús per la davallada de demanda i per la dificultat d'extracció motivada per la intrusió d'aigua en el clot des de l'aquífer, i en el cas de Can 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 l'ampliació del port de Barcelona, i que ha suposat el trasllat 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 i 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, URS Limnos (2000a) varen prospectar 60 localitats corresponents a uns 38 cossos d'aigua i es van definir les espècies i hàbitats prioritari 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 25 localitats o cossos d'aigua, de les quals 15 llacunes i basses, així com alguna zona de jonqueres, són les que consten a l'Inventari de Zones Humides de Catalunya (ACA, 2009). Es constatà que les obres d'infraestructures varen afectar primordialment a les zones humides de menys fondària, com algunes basses i sobretot ambients d'aiguamoll (com el Semàfor, Cal Tet, Cal Beites, Cal Messeguer, les basses del Golf, Can Camins o Can Fargues). Donada la previsió de 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) de El 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 al funcionament hidrològic d'algunes de les llacunes, com ara La Ricarda, que ha experimentat canvis de salinitat importants amb conseqüències directes per la fauna d'invertebrats aquàtics (Cañedo-Argüelles i Rieradevall, 2010).

A nivell administratiu el nombre de masses d'aigua, definides com a “unitats de gestió” a la Directiva Marc de l'Aigua (EC, 2000), que estan reconegudes dins del Delta és menor. L'Agència Catalana de l'Aigua hi ha definit 8 masses d'aigua que es corresponen amb les llacunes més emblemàtiques i les zones d'aiguamolls que es troben dins l'espai PEIN “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.

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. Tipologia de zones humides segons Boix et al. (2004, 2010): TA= Aigües Talassohalines (salinitat d'origen marí); DP= aigües Dolces Permanents. Tipologia segons el Inventari de Zones Humides de Catalunya (ACA, 2009): BA= Basses Artificials; DR= Desembocadures actuals de rius i rieres; GA= Graderes, argilers i similars; ZLDF= Zones litorals lligades a la Dinàmica Fluvial. * En alguns casos, la superfície no es refereix estrictament a la làmina d'aigua, sinó que inclou la zona humida d'influència.

Nom	Municipi	Superfície (Ha)*	Fondària màxima (m)	origen	Tipologia (Boix et al. 2010)	Tipologia ZH (ACA 2009)	Codi massa d'aigua ACA	Codi Inventari ZH de Catalunya
Bassa petita de Can Dimoni	S. Boi de LL.-Viladecans	0,56	3,8	artificial	DP	GA	-	08001110
Bassa gran de Can Dimoni	S. Boi de LL.-Viladecans	1,41	5,9	artificial	TA	GA	-	08001110
Els Reguerons	Viladecans	28,71	0,9	natural	TA	ZLDF	-	08001107
Estany de la Vidala	Viladecans	1,7	1,7	modificat	TA	ZLDF	H1789060	08001104
Aiguamolls de Filipines	Viladecans			natural	-	ZLDF	H1789060	08001104
Estany del Remolar	Viladecans	5,75	2,4	natural	DP	ZLDF	H1789060	08001104
Bassa del Pi	Viladecans	1,40	0,5	natural	DP	-	-	-
Bassa dels Fartets	Viladecans	0,2	0,9	artificial	DP	-	-	-
Bassa dels Pollancrecs	Viladecans	0,5	0,7	artificial	DP	-	-	-
Riera de Sant Climent	Viladecans	7,01	1,1	artificial	TA	DR	H1800010	08001103
Estany de la Murtra	Viladecans-Gavà	22,35	1,9	natural	DP	ZLDF	H1800020	08001102
Estany de Ca l'Arana	El Prat del Llobregat	1	7,6	modificat	TA	GA	H1789010	08001105
Estany de Cal Tet	El Prat del Llobregat	13	1,2	artificial	TA	BA	H1789020	08001105
Llacuna de la Platja Arana	El Prat del Llobregat	1,75	2	artificial	-	BA	-	-
Estany de la Ricarda	El Prat del Llobregat	29	2,0	natural	TA	ZLDF	H1789040	08001111
Estany de la Magarola	El Prat del Llobregat	3,2	1,5	natural	TA	ZLDF	H1789030	08001111
Estany de la Roberta	El Prat del Llobregat	2,61		natural	TA	ZLDF	H1789050	08001117

Bassa del Prat	El Prat del Llobregat	0,65	1,9	artificial	DP	BA	-	08001106
Bassa de Cal Bitxot	El Prat del Llobregat	0,67	1,75	artificial	-	-	-	-
Basses de la platja (7bassetes)	El Prat del Llobregat	0,001-0,004	0,2-0,3	artificial	-	-	-	-
Canal de Gavà	Gavà	-	-	artificial	-	-	-	-
Canal de Can Sabadell	Viladecans	-	-	artificial	-	-	-	-
Canal de Reguerons	Viladecans	-	-	artificial	-	-	-	-
Canal de La Bunyola	El Prat de Llobregat	-	-	artificial	-	-	-	-
Riu Llobregat	El Prat de Llobregat	-	-	Natural- modificat	-	DR	1000950	-

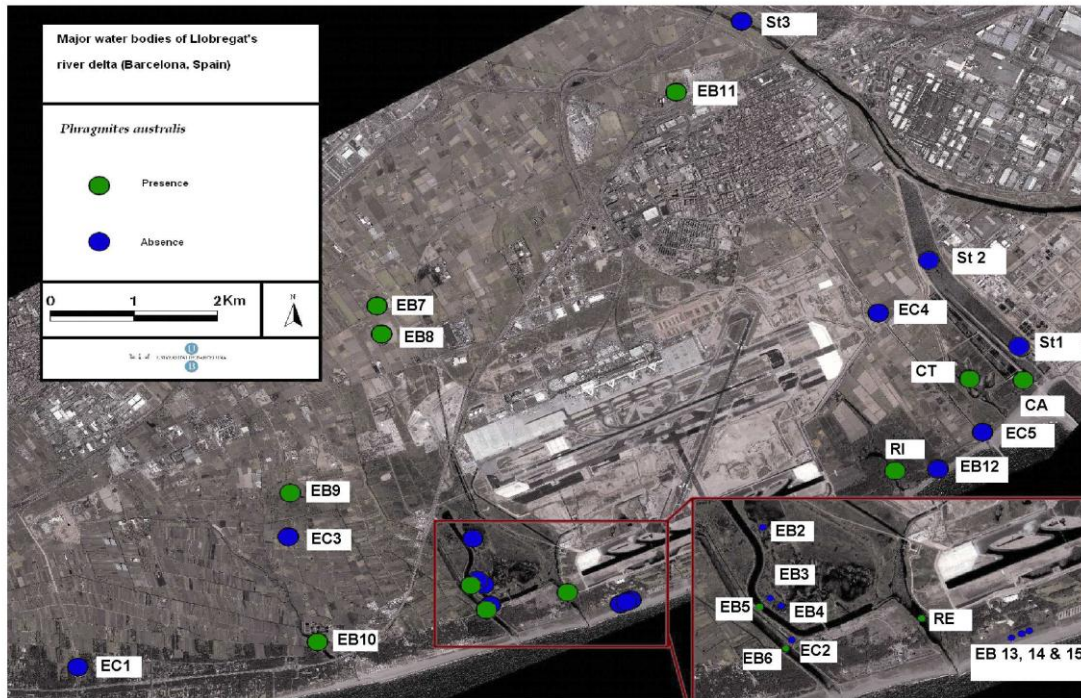


Figura 2: Cossos d'aigua del Delta del Llobregat estudiats el 2004-2005 per Cañedo-Argüelles & Rieradevall (veure diverses publicacions a la bibliografia) (n = 26). Les localitats marcades en verd presenten un cinzell de vegetació helofítica densa de *Phragmites australis*; els marcats en blau no en tenen o bé hi era de manera residual en aquell moment.

Característiques fisicoquímiques: 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 amples que en altres ecosistemes aquàtics. En general, se'ls considera com a sistemes oberts (amb gran intercanvi amb els ecosistemes adjacents), d'alta productivitat, acumuladors o exportadors de matèria orgànica, amb una baixa diversitat local però alta diversitat a nivell 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 les tasses de renovació d'aigua) (Cañedo-Argüelles et al., 2012; Roselli et al., en premsa). Al Delta del Llobregat el rang de conductivitats (mesura de la salinitat de l'aigua) és molt ampli, des de 2 fins a 55 mS cm⁻¹ (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 uns 3 km terra endins (Cañedo-Argüelles i Rieradevall, 2009b, 2012) (Figura 3). Per tant, en el Delta del Llobregat trobem una combinació d'ambients mesohalins talassohalins (amb salinitat de més de 5 mS cm⁻¹ 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 aiguamolls més propers a la costa cap a l'interior, però les alteracions hidrològiques a les que estan sotmeses les zones humides del Delta fan que no sempre sigui així.

Pel fet que al mar Mediterrani les mareas són de poca amplitud, la variabilitat de salinitat associada a la influència de les mareas característica d'altres deltes aquí no és tan important. La sal prové de la intrusió marina subterrània, o bé, a les localitats adjacents a la costa, per 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, i 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 a les llacunes de Ca l'Arana i el Remolar (Figura 3).

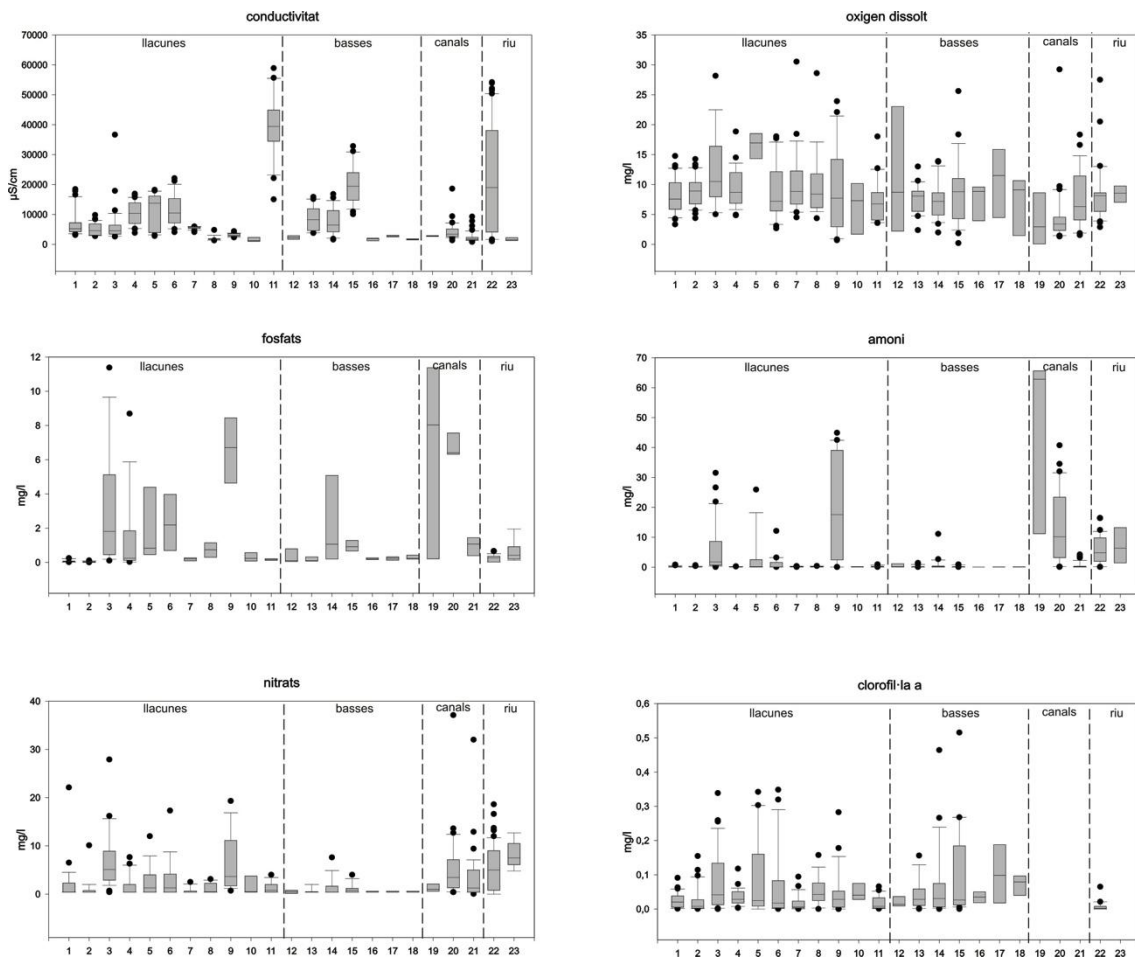


Figura 3. Valors de salinitat (conductivitat en $\mu\text{S}/\text{cm}$), oxigen dissolt (mg/l), nutrients (mg/l de nitrats, amoni, i fosfats) i producció (mg/l de clorofil·la a fitoplànctonica) de les localitats del Delta del Llobregat ordenades i agrupades per tipus: llacunes, basses, canals i riu..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

1= Ca l'Arana; 2= Cal Tet; 3= Remolar; 4= Ricarda; 5= Braç Vidala; 6= Sant Climent; 7= Can Dimoni Gran; 8= Can 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.

El segon gradient ambiental de les característiques fisicoquímiques de l'aigua dels sistemes aquàtics deltaics són els nutrients. Les zones deltaiques són força riques en nutrients de manera natural, però les activitats agrícoles i les urbanes n'incrementen

molt la càrrega, fins a extrems que dificulten la vida dels organismes. Està ben descrit que l'excés de nutrients comporta gran creixement d'organismes que en morir i descomposar-se respiren bona part de l'oxigen dissolt a l'aigua, en aquestes condicions els compostos nitrogenats estan en forma reduïda (amoni) i poden resultar tòxics als organismes (per exemple, 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 (EEA, 2009), amb alguna llacuna amb característiques mesotròfiques (Cal Tet), però majorment eutròfiques o hipereutròfiques (Lucena et al. 2002; Cañedo-Argüelles et al., 2005; Cañedo-Argüelles, 2009; Boix et al., 2010; Cañedo-Argüelles et al., 2012). 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., en premsa). I a més, per les seves condicions de confinament, són més susceptibles a patir els efectes de l'eutrofització, que no pas sistemes de llacunes litorals com Ria Formosa a Portugal o algunes de la costa est d'Itàlia (Roselli et al., en premsa). Per tant, considerant que les llacunes situades al Sud d'Europa estan entre les més amenaçades per les pressions humanes (Viaroli et al., 2007, Zaldívar et al. 2008), els ecosistemes aquàtics del Delta del Llobregat estan en un estadi de gran vulnerabilitat. Els canals són amb diferència els ambients amb 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 i que poden perdurar tot l'any en les parts properes al fons, i de l'altra, la floració massiva d'algues fitoplanctòniques (cianofícees) que poden ser tòxiques per alguns organismes aquàtics, i també per l'home si hagués de consumir aquestes aigües.

La heterogeneïtat d'hàbitats aquàtics i la biodiversitat

Tots els organismes tenen unes preferències o altres per determinats ambients i per determinades condicions o factors ecològics, i que hi hagi moltes combinacions possibles d'aquests 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 només per la gran heterogeneïtat del mosaic en l'espai, sinó perquè a més aquesta varia al llarg de l'any, i per tant poden afegir un component d'heterogeneïtat temporal en la generació de la biodiversitat. Aquesta variabilitat temporal és ben coneguda per l'avifauna lligada als ecosistemes aquàtics deltaics donat que els sistemes d'aiguamolls són parada important en les vies migratòries de caire estacional. Així, a nivell regional (és a dir, si considerem el delta en la seva totalitat) la elevada heterogeneïtat d'ambients aquàtics fa que la diversitat sigui elevada (Basset et al., 2006).

Cada llacuna representa un ecosistema únic, amb una comunitat d'organismes adaptats a les condicions i fluctuacions ambientals locals, i en el cas de les llacunes costaneres es considera que a nivell local (és a dir, a cada llacuna, com per exemple la Ricarda) la diversitat és baixa respecte a altres tipus d'ecosistemes (Remane i Schlieper, 1971; Cognetti i Maltagliati, 2000). La raó està en que els organismes estan sotmesos a dos tipus de pressions que afecten disminuint la riquesa d'espècies. Per una banda la salinitat, que demana adaptacions fisiològiques importants per tolerar-la, i de l'altra l'eutròfia elevada que hi és comuna. En aquestes condicions, a nivell 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 llacuna que tingui un substrat homogeni. Al Delta del Llobregat la major part de les llacunes presenten un cinyell de vegetació helofítica de canyís i de boga, que sol ser més ample en les llacunes naturals que en les artificials, perquè aquestes acostumen a tenir vores de pendent força acusat (és el cas de les llacunes originades per extracció d'àrids) que no permet la progressió de les plantes. A les llacunes menys fondes, com Cal Tet, s'hi poden trobar plantes macròfites (caràcies, o bé potamogètons, per exemple), que aporten amagatalls i més 'arquitectura' i en conseqüència més oportunitats de nínxols espacials pels organismes (Jeppesen et al., 1998; Cañedo-Argüelles & Rieradevall, 2011). Però la seva presència dependrà molt de la transparència de l'aigua, que permet que la llum arribi al fons, la qual pot estar atenuada de manera important per causa de la presència de partícules a l'aigua, primordialment d'algues fitoplanctòniques que tenen biomasses elevades com a resultat de l'elevada concentració de nutrients ja comentada, o bé de sediments més o menys orgànics que circulen pels canals. La desaparició de les

macròfites pot comportar canvis importants en la comunitat d'organismes aquàtics (Figura 4), que desemboquen en la pèrdua de capacitat del sistema per regular el creixement d'algues fitoplànctòniques (hi ha una presència menor d'organismes que s'alimenten de les algues). Al mateix temps amb la desaparició de les plantes macròfites, que estableixen el sediment i regulen la concentració de nutrients, es potencia la floració de fitoplàncton. Tots aquests mecanismes es retro-alimenten, de manera que el restabliment de les condicions inicials d'aigües transparents amb alta diversitat de microhàbitats, i per tant major biodiversitat, no es gaire senzill (Scheffer & Jeppesen, 2007).

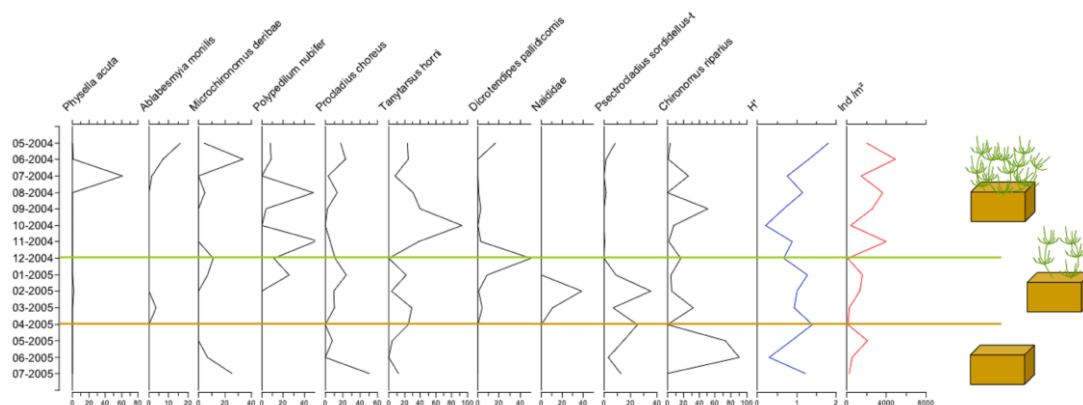


Figura 4. Canvis en la densitat ($\text{individus}/\text{m}^2$), la diversitat (H' (índex de Shannon-Wiener)) i la composició (expressada com a abundància relativa (%)) dels taxons més comuns de la comunitat de macroinvertebrats que viuen als sediments de la Llacuna de Cal Tet com a conseqüència d'una simplificació de l'hàbitat en desaparèixer les macròfites aquàtiques (caràcies i potamogètons) entre el Maig de 2004 i el Juliol de 2005. Adaptat de Cañedo-Argüelles & Rieradevall (2011).

En altres capítols ja es presentaran amb detall les característiques dels grups d'organismes aquàtics que habiten aquestes llacunes, i per tant ara només esmentem que la major part d'aquests són de característiques generalistes, molt tolerants a la fluctuació dels paràmetres i les condicions ambientals. Així la fauna i la flora deltaica és d'òptims

mesohalins i resistent a les variacions de salinitat, i també tolerant a l'eutròfia (Llorente et al., 2005).

A la taula 2 es mostra la variació en el nombre de taxons de diversos grups que han estat estudiats amb detall en les principals llacunes i basses del Delta del Llobregat, i per fer les dades comparables s'ha considerat els resultats de mostrejos singulars (és a dir, d'un sol cop). Per exemple, s'han descrit 93 taxons de diatomees perifítiques (que creixen sobre pedres i/o sobre helòfits, com *Phragmites* o *Typha*), amb comunitats que varien entre 7-20 taxons per localitat. Els gèneres més freqüents i abundants són *Nitzschia*, i *Navicula* (Farrés-Corell, Cambra i Rieradevall, dades inèdites). Així mateix, els 19 taxons d'algues filamentoses perifítiques trobades es reparteixen en 10 Cianòfites, 8 Cloròfites, i 1 Rodòfita. Les més abundants i disperses foren *Oedogonium* i diverses espècies de *Lyngbya*, amb agrupacions d'entre 1 i 5 tàxons per localitat (Farrés-Corell, Cambra i Rieradevall, dades inèdites). Les plantes macròfites presenten en general poblacions poc denses i poc diverses, excepte a les llacunes de Cal Tet i la Roberta (Seguí & Flor, 2011). Les cinc espècies presents actualment són *Potamogeton pectinatus*, i *Ruppia maritima* i *R. cirrhosa*, i en algun cas de diferents espècies de *Chara* (*Ch. aspera*, *Ch. globularis*). Aquesta baixa riquesa es fa més palesa si comparem les dades de 2011 (Seguí & Flor, 2011) amb una prospecció feta el 1994 pel mateix equip en només 4 llacunes, en la que es censaren fins a 22 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 60 tàxons, agrupats fent associacions formades per entre 6 i 19 taxons diferents a cada llacuna. Destaquen per la seva freqüència i abundància els cucs oligoquets i els dípters quironòmids *Chironomus* gr. *thummi*, *Cricotopus* (*C. ornatus* i *C. 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 al·lòctons, entre els que 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 fan estades estacionals (les llises, per exemple) o les migratòries com l'anguila. (De Sostoa et al., 2005; veure capítol peixos aquest volum).

Taula 2. Riquesa específica (S) de les comunitats de diversos grups d'organismes aquàtics (diatomees i algues filamentoses epifítiques, macròfites, macroinvertebrats litorals i peixos) de les llacunes i basses més importants del Delta de Llobregat. Les dades corresponen a mostres únics. (1) Dades inèdites de Farrés-Corell, Cambra i Rieradevall de Setembre de 2004. (2) Seguí & Flor (2011). (3) Dades inèdites de Rieradevall, Cañedo-Argüelles i Sánchez-Millaruelo de Juny de 2007 amb la metodologia ECOZO (ACA, 2006). (4) URS Limnos (2000a). 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.

	S	S	S	S	S
	diatomees epifítiques	algues filamentoses epifítiques	macròfites	Macroinvertebrats litorals	peixos
referència	(1)	(1)	(2)	(3)	(4)
Bassa petita de Can Dimoni	11	3	-	13	-
Bassa gran de Can 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

Tipus i efectes de les pertorbacions sobre els ecosistemes aquàtics del delta del Llobregat

Donada la seva situació entre el mar i la terra, els deltes dels rius estan sotmesos de forma natural a nombroses pertorbacions que tant poden venir de la conca hidrogràfica com del mar (avingudes amb aportament de materials, entrades d'aigua salada,...). Aquest estrès natural s'ha vist incrementat de enormement per la pressió i el impacte de les accions humanes. En el cas del Delta del Llobregat podríem considerar que hi ha tres grans tipus de pertorbacions que estan alterant el seu funcionament: les alteracions hidrològiques, l'eutrofització i la modificació dels hàbitats. Totes tres interaccionen i es reforcen entre elles causant 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 dinàmica dels ecosistemes aquàtics del Delta del Llobregat en un període suficient de temps que ens permeti saber com era el Delta abans de la seva transformació i especialment com han estat els ecosistemes aquàtics al llarg de tota la història del Delta, (per això caldria disposar de dades paleolimnològiques). D'altra banda, les dades de seguiment d'alguns paràmetres ecològics són relativament recents (majorment tenen uns 10-15 anys, alguns 20 anys), i en general fan referència només a les condicions fisicoquímiques de les aigües superficials amb periodicitat variable (anual, bianual o estacional depenent dels anys i de 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,...) han estat objecte de programes de seguiment de periodicitat variable i els resultats es tracten en els diferents 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 estudis publicats a revistes de caràcter més local, com el butlletí naturalista del delta del Llobregat (*Spartina*), publicat pel departament de Medi Ambient de 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), referint-se a les llacunes del Golf (ara ja desaparegudes) i a l'estany de la

Roberta; i el de Seguí (1996) amb algunes altres llacunes per explicar la biodiversitat de macròfites. Després, Lucena et al. (2002) descriueren el comportament limnològic amb periodicitat estacional per les llacunes de Viladecans. Posteriorment, la tesi doctoral de Cañedo-Argüelles (Cañedo-Argüelles 2009; Cañedo-Argüelles et al., 2012) recollí la variabilitat dels paràmetres fisicoquímics i biològics al llarg de l'any hidrològic 2004-2005 amb periodicitat mensual a quatre llacunes més rellevants (Remolar, Ricarda, Cal Tet i Ca l'Arana), així com n'estudià la seva distribució en fondària, pel que es pogué descriure per primera vegada el règim d'estratificació química d'aquestes llacunes i la seva importància per al funcionament ecològic (Fig. 5). Al Delta del Llobregat, per 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 es dona al hivern una estratificació tèrmica inversa, en la que 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).

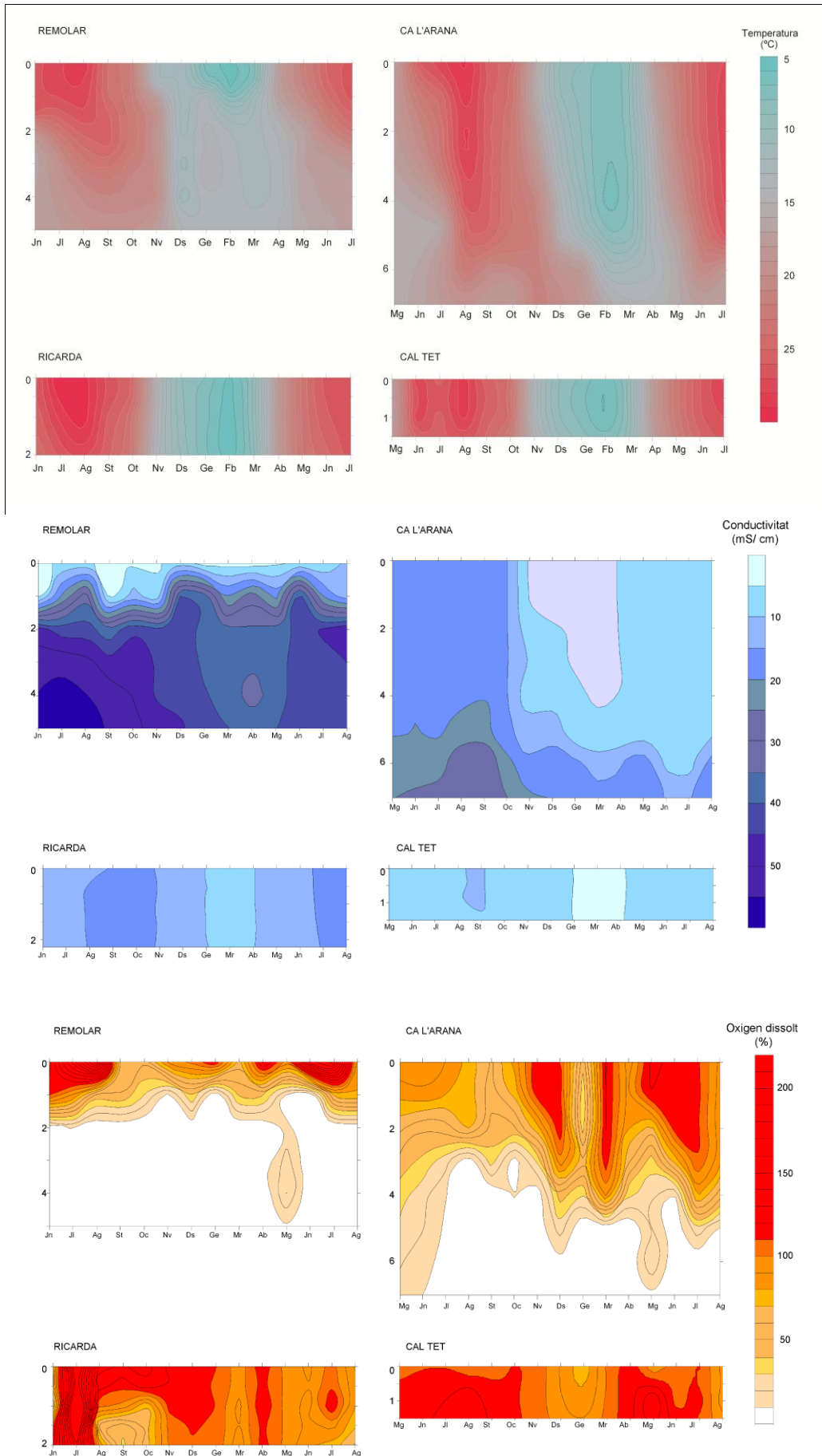


Figura 5. Perfils de distribució en fondària de la temperatura (°C), la salinitat (expressada com a conductivitat mS cm^{-1}), i l'oxigen dissolt a l'aigua (% de saturació) entre el Juny de 2004 al Juliol de 2005 a les llacunes de Remolar, Ca l'Arana, Ricarda i Cal Tet.

En els 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 l'aigua que porten els canals, per la pluja o bé pel riu si hi ha connexió, mentre que en èpoques de turmentes fortes, especialment a la tardor i al hivern s'esperaria una entrada important d'aigua de mar, com és el cas d'algunes llacunes dels Aiguamolls de l'Empordà (La Massona, Comín et al., 1994). En alguns casos la variació anual de la salinitat es 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 pels conreus de l'arròs, amb canals oberts des d'abril a desembre, el 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 com es pot veure en els mapes (Fig XXX- evolució coberta de sòls i connectivitat, capítol J. Pino, aquest volum), l'increment de la urbanització ha disminuït de forma notable l'entrada per escolament superficial cap a les rieres i els canals de reg. 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, les llacunes més properes a la costa cada cop estan més desconnectades del mar, amb motiu de l'increment de sorra a la platja i per la disminució d'un flux important d'aigua dolça que pugui tenir la força suficient per obrir la connexió amb el mar. Aquesta situació comporta el confinament progressiu de les llacunes, que té conseqüències molt importants pel seu funcionament. Aquest confinament disminueix la capacitat d'autodepuració de les llacunes, que reben quantitats molt importants de nutrients, donant com a resultat l'aparició de símptomes d'eutròfia.

En el període 2004-2005 varem tenir la oportunitat de comprovar els efectes de l'entrada sobtada d'aigua dolça a dues llacunes situades a primera línia de costa (Cañedo-Argüelles & Rieradevall, 2010). Aquest és un tipus d'alteració cada cop més comú, però que ha rebut poca atenció, mentre que la salinització dels aqüífers i conseqüentment de les llacunes ha centrat majoritàriament l'interès. La proximitat al Delta de nuclis urbans i de terres de cultiu fa que els aportaments d'aigua dolça carregada de nutrients siguin de gran magnitud, i la major part de les vegades no es

gestionen tenint en compte les conseqüències que poden tenir pels 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 (salinitats mitjanes), i donades les circumstàncies d'alteració generalitzada 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 fou diferent a cada llacuna. A la Ricarda, tot i que hi va haver canvis, aquests no foren significatius. Els poliquets (*Hediste diversicolor*) canviaren d'hàbitat i varen deixar la vegetació litoral per instal·lar-se en els sediments, a 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 del crustaci, que foren reemplaçats per insectes (primordialment espècies de dípters quironòmids), i l'aparició d'oligoquets (més propis d'aigües dolces).

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. 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 que es produí la pertorbació. C=Crustacis; P=Poliquets; Q= Quironòmids; O= Oligoquets; E= Efemeròpters; M= Mol·luscs; Od= Odonats. Els asteriscs indiquen la importància en abundància de cada taxó per a la comunitat (***=molt important; **=important; *=presència significativa). (Adaptat de Cañedo-Argüelles & Rieradevall, 2010).

	Ca L'Arana		Ricarda			
	Inicial	Mínim	Inicial		Mínim	
Variació de salinitat (mS/cm)	9,1	2,8	12,2	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	<i>Phragmites</i>		<i>Phragmites</i>		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>Dicrotendipes pallidicornis</i>		**		*		*
Q <i>Psectrocladius sordidellus</i>		***				
O Naidids		**		*		*
E <i>Caenis gr. macrura</i>		*				
E <i>Cloeon cognatum</i>		*				
M <i>Hydrobia acuta</i>		*		*		
Od <i>Ishnura elegans</i>		*				

Aquests resultats mostren que la intensitat de la pertorbació i la seva durada són les 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 entendre si els canvis són de gran magnitud o no, ja que aquest és el valor que s'ha descrit com a límit de tolerància a la salinitat per alguns insectes aquàtics (Williams & Williams, 1998; Cañedo-Argüelles & Rieradevall, 2009a)

i també per les espècies pròpies d'aigües salobreses (Cognetti & Maltagliati, 2000), per la capacitat osmoregulatoria dels organismes aquàtics.

Totes aquestes alteracions hidrològiques tenen també 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 d'abundància d'alguns taxons tolerants a la contaminació al litoral de la llacuna, amb 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 la llacuna de El Remolar, i molt especialment la Murtra (Cañedo-Argüelles & Rieradevall, 2009a).

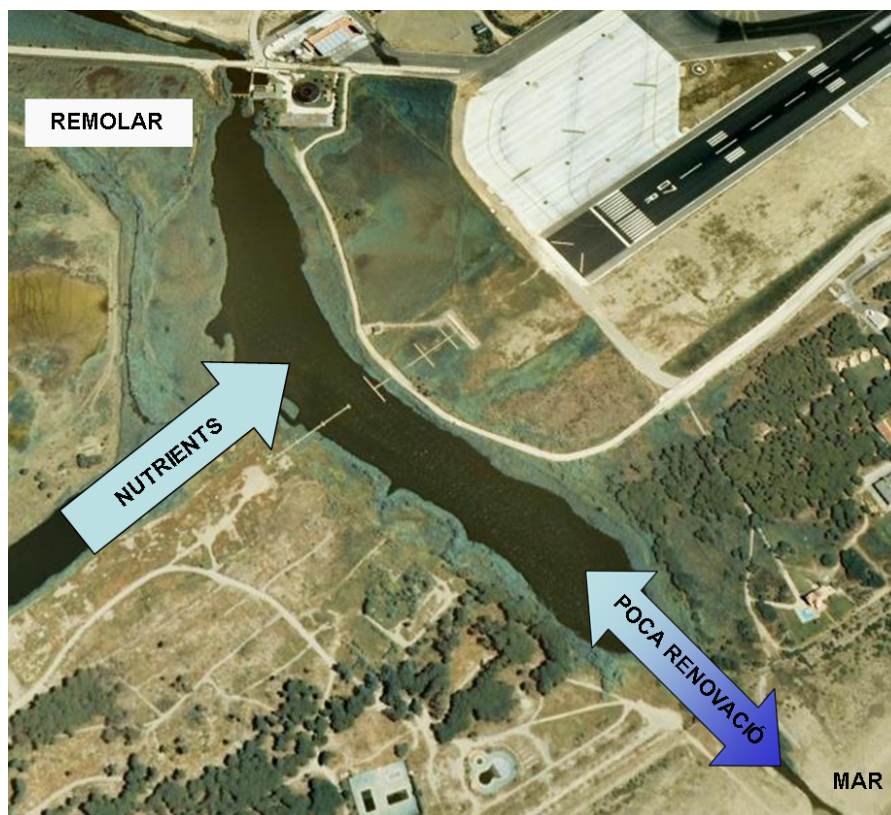


Fig. 6. Funcionament i problemàtica ambiental de la llacuna de El Remolar.

Un cas molt interessant és el de la llacuna de la Ricarda. Coneguda i considerada durant molt temps com la millor conservada del Delta del Llobregat, amb 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 amb freqüència estacional recollides pel PICMA des de l'any 95 fins l'actualitat, junt amb les de Cañedo-Argüelles & Rieradevall (2010), permet constatar l'augment important de fòsfor total a l'aigua des de 2008 per sobre de la variabilitat del període anterior (Figura 7). Valors superiors a 0,1 mg/l de fòsfor total són indicadors d'eutròfia, i les darreres dades indiquen concentracions 3 a 5 vegades superiors. Aquest increment ha d'estar relacionat amb els canvis hidrològics que han afectat a la llacuna des de l'ampliació de l'aeroport. Les obres varen afectar l'escorrentia superficial que arribava a l'estany a través de 2 filloles i una pluvial del canal de la dreta del Llobregat, i això ha significat una reducció del 40% de l'entrada d'aigua a la llacuna (Figura 8). L'efecte d'aquesta reducció implica canvis en el balanç hidrològic de la llacuna que comporten un major confinament (o menor renovació) de l'aigua, donat que la menor entrada d'aigua no afavoreix l'obertura del canal de comunicació amb el mar. La Declaració d'Impacte Ambiental (DIA) de les obres obliga als gestors de la infraestructura aeroportuària a restablir els cabals a la llacuna i demana que siguin de qualitat. La solució aplicada va estar la d'aportar aigua d'un pou de l'aqüífer profund situat a les instal·lacions de l'aeroport, durant el període 2003 a 2007 i després de constatar el benefici a la llacuna per 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 disminuï 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). Des de 2008 el cabal restituït 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 fet que aquesta aportació estigui en aquests moments molt reduïda, i per tant és un bon moment per pensar entre totes les administracions i els afectats i implicats quina seria la millor alternativa per tal de finalment dotar a la llacuna d'unes aportacions d'aigües dolces suficients i de qualitat. De ben segur que la solució passa per una bona visió global del funcionament del Delta

i en una acció decidida per la conservació de la llacuna amb l'objectiu de revertir les condicions d'aigua tèrbola i elevada eutròfia en la que es troba en aquests moments.

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 (Consorti del Delta del Llobregat) i de Cañedo-Argüelles & Rieradevall (2010).

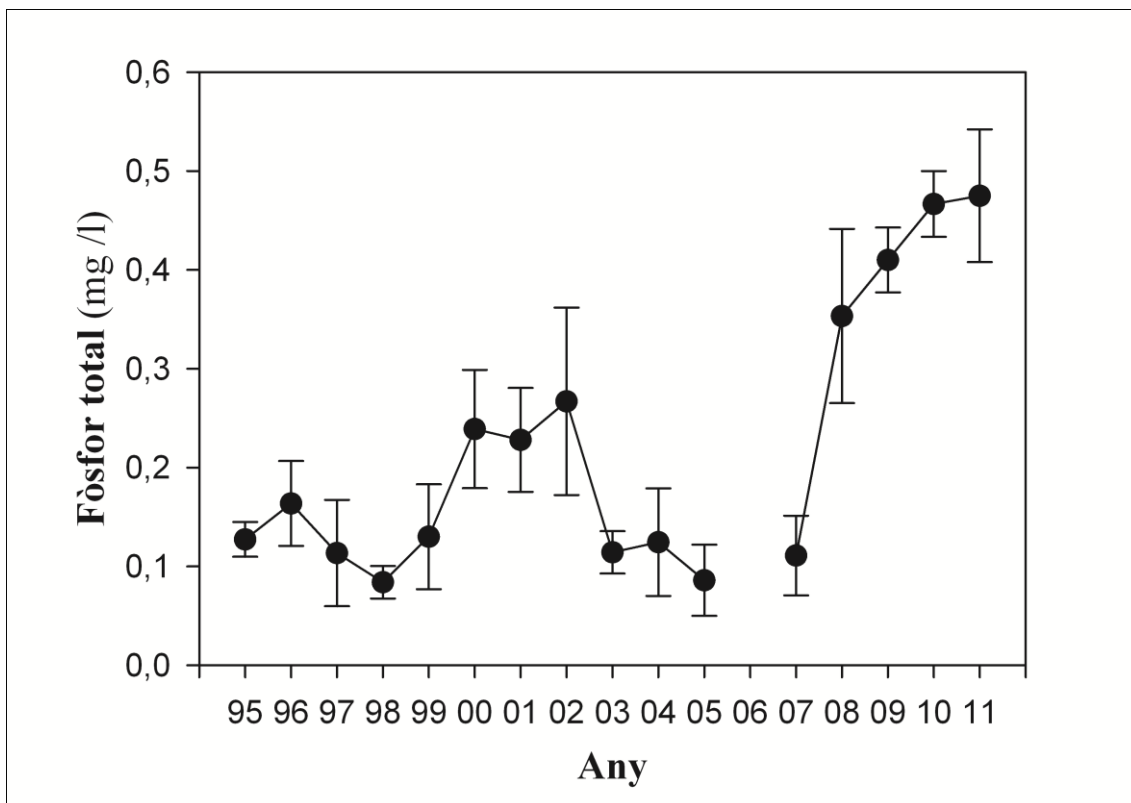
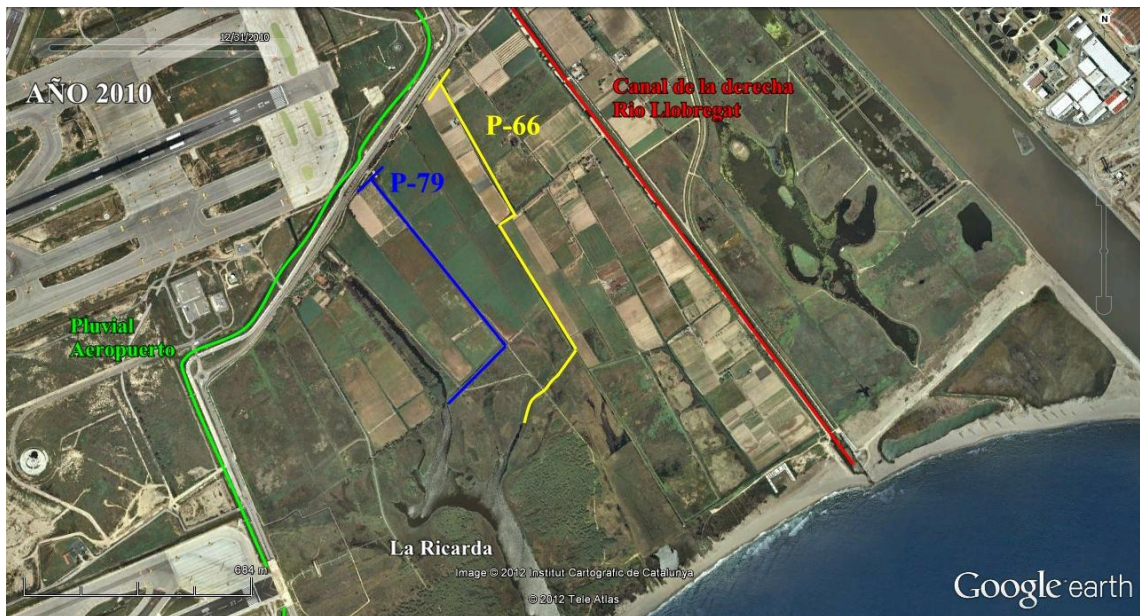
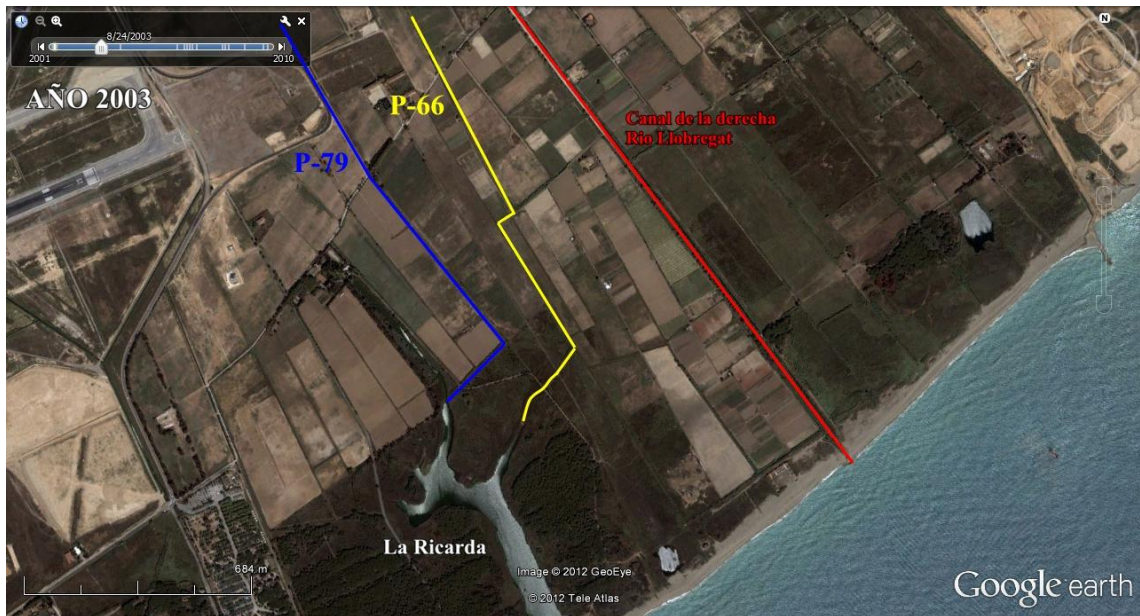


Figura 8. (a) Connexió de la llacuna de la Ricarda amb les corredores pluvials (P-66 i P-79) l'any 2003 (abans de la darrera transformació del Delta per infraestructures). (b) Situació el 2010, en la que s'observa la desconexió de la llacuna de les corredores pluvials. (Font: Consorci del Delta del Llobregat. Il·lustració: A. Del Hoyo & M. Rieradevall (IRBio-Institut de Recerca de la Biodiversitat de la Universitat de Barcelona).



Avaluació de l'estat ecològic de les llacunes del Delta del Llobregat

D'acord amb la directiva Marc de l'Aigua 2000/60/CE (DMA – DOCE, 2000) de la Unió Europea, és necessària l'avaluació de l'estat ecològic de les masses d'aigua de Catalunya, per tal de poder determinar si aquestes masses d'aigua aconsegueixen els objectius de la DMA 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, dolent) i l'assignació a un nivell o altre de qualitat determinarà la gestió a realitzar en cadascuna de les masses d'aigua. En el cas de les llacunes costaneres el fet de que siguin naturalment riques en nutrients (Elliott & Quintino, 2007) i presentin una baixa biodiversitat local (Remane & 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, per tant, hi ha poques llacunes que es puguin considerar com a llocs de referència. Això és un gran impediment per el desenvolupament d'indicadors, 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 la acció de l'home ha sigut gairebé inexistent).

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

Donada la urgència de les exigències de la DMA i la manca d'eines d'avaluació fiables, el departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya finançà l'any 2007 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 avaluar l'estat ecològic de les zones humides de Catalunya, incloent les llacunes costaneres del delta del Llobregat. Durant aquest projecte es varen aplicar i ajustar els índexs QAELS i ECELS (Boix et al., 2004, 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 del hàbitat analitzant 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) (veure capítol d'invertebrats d'aquest volum). L'elecció d'aquest grup d'organismes es basà en que els dípters quironòmids són, entre tots els grups de macroinvertebrats aquàtics, dels més abundants i dels que presenten més espècies.

Els resultats de l'aplicació dels 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 índexos QAELS i ECELS. Hi ha llacunes (com Ca l'Arana o Ricarda) que presenten una comunitat de microcrustacis amb presència d'espècies indicadores de bona qualitat, però que estan sotmeses a una forta pressió antròpica, i per tant 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 massa 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 a que el punt de mostreig es situà en una zona poc afectada per l'acció humana, però 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 de 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 sub-superficial. Curiosament l'índex TRIX, basat en paràmetres fisicoquímics, classificà aquesta llacuna amb una qualitat deficient. Això posa de rellevància la ineficàcia d'aquest índex si el considerem sense combinar-lo amb indicadors biològics en ambients com les llacunes del Delta del Llobregat, on el confinament de les seves aigües 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 ecològic de aquestes llacunes donat el seu baix cost econòmic i esforç de mostreig i perquè integra tots els hàbitats de la llacuna en una sola mostra.

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 i com s'estableix en Boix et al. (2004, 2005). Els colors de les categories es corresponen amb els colors establerts en directiva Marc de l'Aigua 2000/60/CE (DMA – DOCE, 2000).

Localitat	TRIX	Categoria ² TRIX	EQAT	Categoria ² EQAT	QAELS	Categoria ² QAELS	ECELS	Categoria ² ECELS	Estat ² Ecològic
Bassa petita de Can Dimoni	7	Deficient	4	Dolent	0.51	Mediocre	42	Deficient	Deficient
Bassa gran de Can Dimoni	6	Deficient	34	Deficient	0.51	Deficient	32	Deficient	Deficient
Estany de Cal 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 de Remolar	9	Dolent	26	Dolent	0.50	Deficient	25	Dolent	Dolent
Bassa de 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 de Prat	7	Deficient	40	Deficient	-	-	-	-	-
Bassa de Artets	6	Deficient	28	Dolent	-	-	-	-	-
Bassa de Pollancre	6	Deficient	23	Dolent	-	-	-	-	-
La Magarola	6	Deficient	-	-	0.71	Bo	100	Molt bo	Bo

Es pot concloure que les llacunes del Delta del Llobregat es troben en un estat de conservació deficient que complica l'assoliment dels objectius establerts per la Unió Europea a través de la DMA. Hi ha una necessitat urgent de posar en pràctica mesures de gestió i restauració adequades per a recuperar la biodiversitat i funcionalitat del

sistema i garantir que les generacions futures gaudeixin del ric mosaic d'ecosistemes aquàtics que componen el Delta del Llobregat.

El riu Llobregat

Hem deixat pel final parlar de l'agent que ha format el Delta. Del riu se'n ha parlat abastament i emplacem al lector a l'excel·lent monografia coordinada per Prat & Tello (2004) per tenir una visió de la importància natural i socio-econòmica d'aquest riu vertebrador i fonamental per 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 depenent de l'indicador. Els resultats es poden consultar al web <http://ecobill.diba.cat/>, i són el reflex del 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 en els darrers 30 anys per disminuir l'impacte dels abocaments d'aigües residuals, ara majorment tractades a les EDARs, no han estat suficients per aconseguir una bona qualitat de les aigües en el tram baix del Llobregat (Prat & 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 al medi aquàtic receptor (Perreé et al. 2010). Però als rius mediterranis el cabal circulat pel riu sol ser escàs al llarg de l'any, i per això la millora dels tractaments i l'aplicació de tractaments terciaris (amb reducció de nutrients) a les plantes depuradores és del tot aconsellable. Durant les obres de transformació del Delta del Llobregat es va construir una gran depuradora al Prat de Llobregat per tractar les aigües residuals de la ciutat de Barcelona i la seva àrea metropolitana (amb capacitat de tractament de fins a $3,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$). La qualitat de l'aigua que en surt ha de permetre reutilitzar aquesta aigua per 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 l'alçada de 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 certa afectació de l'estat de salut de les poblacions d'alguns insectes, com el tricòpter *Hydropsyche exocellata*, el qual presenta alteracions fisiològiques lligades al estrés oxidatiu (Prat et al., 2013).

Malgrat tot, el darrer cens de macroinvertebrats aquàtics al riu a l'alçada de El Prat de Llobregat revela que hi habiten uns 17 taxons (Taula 5), tots ells tolerants a nivells alts de contaminació, entre els que destaquen, els oligoquets tubíficids, els quironòmids (*Cricotopus bicinctus* i *Eukiefferiella claripennis*), i els efemeròpters baétids (*Baetis pavidus* i *B. rhodani*) (Cañedo-Argüelles & Rieradevall, 2009b).

La malfiança cap el riu, la desatenció al funcionament dels rius mediterranis, que necessiten de crescudes i sequeres, i les necessitats dites d'interès general han desnaturalitzat la desembocadura del riu, 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 ha estat en estat deplorable des dels anys setanta, sense fauna per la mala qualitat de les seves aigües (Prat et al., 1983; Millet & Prat, 1984) (Taula 5). La reubicació de la llera (Figura 9) i la seva transformació en un canal ample i fondo (Figura 1) han fet que el mar ocupés aquest espai (Cañedo-Argüelles & Rieradevall, 2009b; Cañedo-Argüelles & Rieradevall, 2012). Ara els insectes han estat substituïts per cucs poliquets (*Hediste diversicolor*), escopinyes (*Acanthocardia tuberculata*) i musclos (*Mytilus galloprovincialis*) (Taula 5). Les raons pel seu disseny van estar entre d'altres el control de les inundacions, i hi hauria espai per a què s'hi dipositessin els 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

deltès que ja no reben nous materials fan esperar una pujada del nivell del mar que afectarà de 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 els polítics i la gestió ambientals i en la consciència ciutadana, que reclami més la qualitat ambiental que una immediatesa a qualsevol preu.

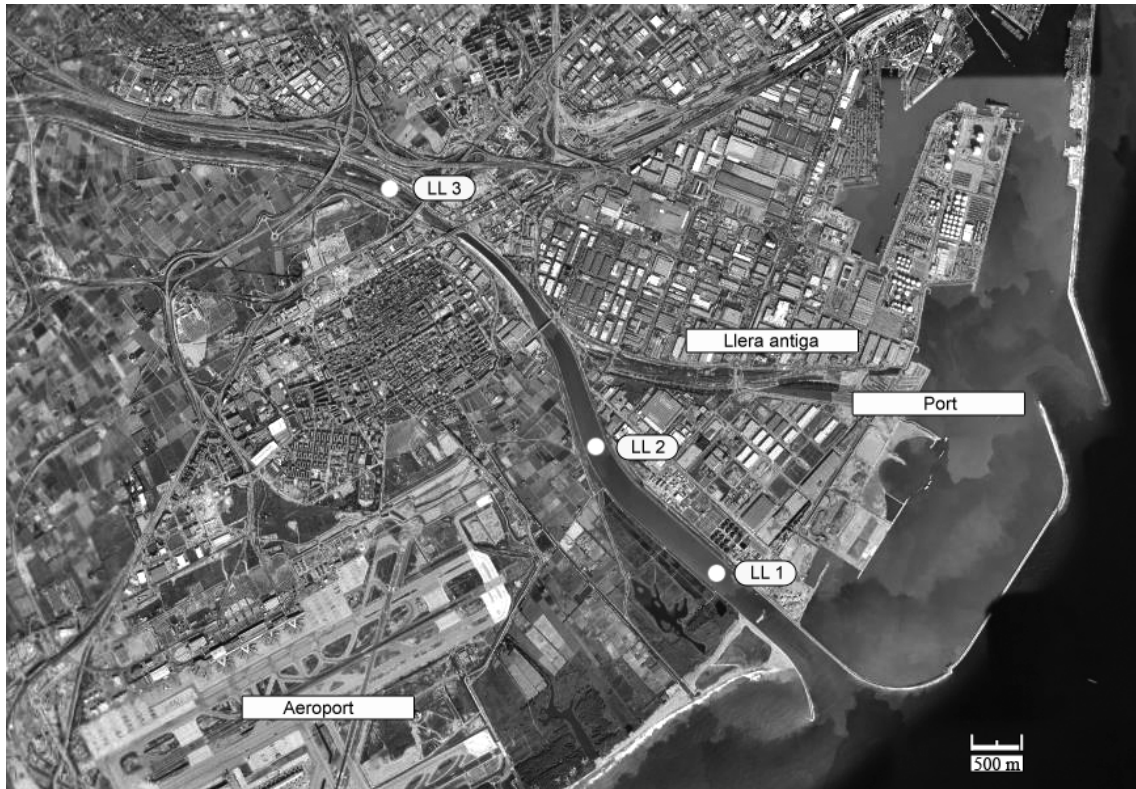


Figura 9. Fotografia aèria del Delta del Llobregat amb la localització del Port de Barcelona, l'Aeroport de El Prat de Llobregat, la llera vella i la llera nova del riu Llobregat amb indicació de la situació de les estacions de mostreig (LL1, LL2, LL3). (Adaptat de Cañedo-Argüelles i Rieradevall, 2012).

Taula 5. Comparació d'alguns paràmetres fisicoquímics de l'aigua i de la composició de la comunitat de macroinvertebrats entre la llera vella del riu Llobregat abans i després de les obres de relocació de la desembocadura, i en referència a la situació uns kilòmetres riu amunt. Dades de (1) Prat et al. (1983), (2) URS Limnos (2000a), (3) Cañedo-Argüelles i Rieradevall (2009, 2012), i (4) Prat et al. (2013).

	Llera vella riu amunt	Llera vella desembocadura	Llera nova desembocadura
Referències bibliogràfiques	(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	presents	absents	presents
Taxons oligohalins/halins	17/0	0/0	0/7
<i>F. Enchytraeidae</i>	+	-	+
<i>F. Naididae</i>	+	-	+
<i>F. Tubificidae</i>	+	-	-
<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>	+	-	-
<i>F. Ephydriidae</i>	+	-	-
<i>F. Limonidae</i>	+	-	-
<i>F. Tabanidae</i>	+	-	-
<i>F. Tipulidae</i>	+	-	-
<i>Cricotopus bicinctus</i>	+	-	-
<i>Cricotopus sylvestris</i>	+	-	-
<i>Eukiefferiella claripennis</i>	+	-	-
<i>Chironomus salinarius</i>	-	-	+
<i>Chironomus</i> sp.	+	-	-
<i>Paratanytarsus grimmi</i>	+	-	-

Agraïments

Al Consorci per a la Protecció i la Gestió dels Espais Naturals del Delta del Llobregat, per l'ajut i permisos en el treball de camp, per la cessió de dades fisico-químiques i de fotografies, i sobre tot per compartir l'interès de conèixer més el delta i la voluntat de fer-ne un espai millor. A la Generalitat de Catalunya (Departament de Medi Natural) pel finançament dels nostres estudis en aquest espai estratègic i emblemàtic.

Referències

- ACA (2006). *ECOZO: Protocol d'avaluació de l'estat ecològic de les zones humides*. Agència Catalana de l'Aigua (ACA), Generalitat de Catalunya. p. 40.
- ACA (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*. Agència Catalana de l'Aigua (ACA), Generalitat de Catalunya. p. 348.
- ACA (2009). *Inventari de Zones Humides de Catalunya*. (consulta on line: <http://www20.gencat.cat/portal/site/mediambient/menuitem.718bbc75771059204e9cac3bb0c0e1a0/?vgnextoid=468b8879583d7210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnnextchannel=468b8879583d7210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD>).
- BASSET, A., GALUPPO, N., SABETTA, L. (2006). Environmental heterogeneity and benthic macroinvertebrate guilds in italian lagoons. *Transitional Waters Bulletin* 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* 15, p. 693-714
- BOIX, D., GASCÓN, S., GIFRE, J., MORENO-AMICH R., MARTINOY, M., QUINTANA, X., SALA, J., GODÉ, LL.X. & MUNNÉ, A. (2004). Caracterització, regionalització i elaboració d'eines d'establiment de l'estat ecològic de les zones humides de Catalunya. Agència Catalana de l'Aigua, Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya. Barcelona, p. 89.
- BOIX D, GASCÓN S, SALA J, MARTINOY M, GIFRE J, QUINTANA XD. (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* 15, p. 635-651.
- BOIX, D., CAIOLA, N., CAÑEDO-ARGÜELLES, M., GASCÓN, S., IBÁÑEZ, 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. Agència Catalana de l'Aigua, Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya. Barcelona, p. 209.
- CAÑEDO-ARGÜELLES, M. (2009). Ecology of macroinvertebrate communities in transitional waters: Influence of the environment, response to disturbance and successional processes. Tesis doctoral Europea, Universitat de Barcelona. p. 226.
- CAÑEDO-ARGÜELLES, M. & RIERADEVALL M. (2009a). Quantification of environment-driven changes in epiphytic macroinvertebrate communities associated to *Phragmites australis*. *Journal of Limnology*, 68, p. 229-241.
- CAÑEDO-ARGÜELLES, M. & RIERADEVALL, M. (2009b). Les comunitats de macroinvertebrats aquàtics a la nova llera del riu Llobregat. 5enes Jornades d'Estudi del Patrimoni del Baix Llobregat: *Patrimoni en un entorn metropolità*, Consell comarcal del Baix Llobregat. ISBN: 978-84-93653-5-3. p. 79-82.
- CAÑEDO-ARGÜELLES, M. & RIERADEVALL M. (2010). Disturbance caused by freshwater releases of different magnitude on the aquatic macroinvertebrate communities of two coastal lagoons. *Estuarine and Coastal Shelf Sciences* 88, p. 190-198.
- CAÑEDO-ARGÜELLES M, RIERADEVALL M. (2011). Early succession of the macroinvertebrate community in a shallow lake: response to changes in the habitat condition. *Limnologica*, 41: 363-370.
- CAÑEDO-ARGÜELLES, M. & RIERADEVALL M. (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* 31 (2), p. 255-266.
- CAÑEDO-ARGÜELLES M., FARRÉS R., RIERADEVALL M., PRAT N. (2005). Seguiment de la qualitat fisicoquímica dels sistemes aquàtics del delta del Llobregat. En: LLorente (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. Universitat de Barcelona- Generalitat de Catalunya. p. 4-19.
- 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 and Coastal Shelf Sciences* 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*, 114, p. 59-69.
- COGNETTI G & MALTAGLIATI, F. (2000). Biodiversity and adaptive mechanisms in brackish water fauna. *Marine Pollution Bulletin* 40, 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*, 7, p. 79-160.
- COMÍN, F. (1989). Els sistemes aquàtics costaners. En: Terradas J., Prat N., Escarré A. & Margalef R. *Història Natural dels Països Catalans, vol. 14: Sistemes naturals*. Enciclopèdia Catalana S.A. p. 442-464.
- COMÍN, F., ARMENGOL, J., LÓPEZ, P., BALLESTEROS, E. & ROMERO, J. (1994). Introducció a l'estudi limnològic dels aiguamolls de l'Empordà. En: GOSÁLBEZ, J., SERRA, J. & VELASCO, E. (coord.) *Els sistemes naturals dels aiguamolls de l'Empordà*. Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural., 13, p. 249-272.
- EEA.(2009). *Nutrients in transitional, coastal and marine waters*. European Environmental Agency.
- 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* 54, p. 160-165.
- ESTIVILL, X., JANSANA, I.; CAÑAS, J.; I ESTEBAN, P. (1998). Memòria justificativa de la proposta d'ordenació de la nova llera del riu Llobregat (tram inferior). *Spartina* 3, p. 217-226.
- European Commission (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.
- GUELORGET, O., J.P. PERTHUISOT, J.P., (1992). Paralicecosystems: biological organization and functioning. *Vie et Milieu* 42, p. 215-251.
- JEPPESSEN, E., SØNDERGAARD, M., SØNDERGAARD, M., CHRISTOFFERSEN, K., (1998). *The structuring role of submerged macrophytes in lakes*. Springer: New York.
- KJERFVE B. (1994). Coastal Lagoons. In KJERFVE (ed.) *Coastal Lagoon Processes*. Elsevier Science Publishers. Chapter 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* 4, 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. Informe per al Departament de Medi Natural. Generalitat de Catalunya. p. 548.
- LUCENA J. R.; HURTADO J.; COMÍN F. A. (2002). Nutrients related to the hydrologic regime in the coastal lagoons of Viladecans (NE Spain). *Hydrobiologia*, 475-476, p. 413-422.
- MILLET, X., PRAT, N., (1984). Las comunidades de macroinvertebrados a lo largo del río Llobregat. *Limnetica* 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. In: SABATER S. et al. (eds.) *The Llobregat: The Story of a Polluted Mediterranean River*. *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*, 96, p. 39-47.
- PANAREDA J.M. I SANS J. (2002). *Les Basses de Can Dimoni: Sant Boi de Llobregat, Delta del Llobregat*. Ajuntament de Sant Boi de Llobregat. p. 96.
- PEÑUELAS, G.; LORAN G. (2004). El desvío del cauce del río Llobregat: Una obra de ingeniería medioambiental. Taller de Ingeniería Ambiental, S.L. p. 17.
- 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 *a* in a Mediterranean coastal lagoon (Mar Menor, Spain). *Hydrobiologia* 550, 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 depuradoras. *Tecnología del Agua*, 320, p. 21-29.
- PINO, J. (2013), Capítol xxxxxxxx. Aquest llibre.
- PLANAS R. (1984) *Braços de riu, estanys i maresmes del delta del Llobregat*. Barcelona: Caixa d'Estalvis de Catalunya.

- PRAT, N.; RIERADEVALL, M. (2006). 25-years of biomonitoring in two mediterranean streams (Llobregat and Besòs basins, NE Spain). *Limnetica*, 25, p. 541-550.
- PRAT, N.; TELLO E. (Eds.) (2004). *El Baix Llobregat: història i actualitat ambiental d'un riu*. Centre d'Estudis Comarcals del Baix Llobregat. p. 282.
- PRAT, N.; PUIG, M.A.; GONZÁLEZ, G. (1983). *Predicció i control de la qualitat de les aigües dels rius Besòs i Lobregat. II. El poblament faunístic i la seva relació qualitat-aigües*. Diputació de Barcelona. Col. Monografies, Barcelona, p. 164.
- 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* 24, p. 167-176.
- REMANE, A.; SCHLIEPER, C. (1971). *Biology of Brackish Water*. Wiley Interscience, New York.
- ROSELLI L.; CAÑEDO-ARGÜELLES M.; COSTA GOELA P.; VITORINO CRISTINA S.C.; RIERADEVALL M.; D'ADAMO R.; NEWTON A. (en premsa). Do lagoon physiography and hydrology determine the physico-chemical properties and trophic status of coastal lagoons? A comparative approach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.
- 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*, 57, p. 141-152.
- SALVAT, A. (1996). Algues i paràmetres ambientals en estanys artificials del delta del Llobregat. *Spartina*, 2, p. 3-18.
- SÁNCHEZ-JUNY, M.; DOLZ, J. (2004). *El riu, un camí d'aigua*, A: PRAT, N., & TELLO, E. (Eds.), *El Baix Llobregat: història i actualitat ambiental d'un riu*. Centre d'Estudis Comarcals del Baix Llobregat, p. 32-47.
- SCHIEFFER, M.; JEPPESEN, E. (2007). Regime shifts in shallow lakes. *Ecosystems*, 10, 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*, 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. Informe per al Consorci per a la protecció i la gestió dels espais naturals del Delta del Llobregat. p. 53.
- 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*, 696, p. 1-28.
- VIAROLI, P., LASSERRE, P., CAMPOSTRINI, P. (2007). Lagoons and coastal wetlands: preface. *Hydrobiologia* 577, p. 1-3.
- 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. *Environmetrics*, 9, p. 329-357.
- URS LIMNOS (2000a). *Estudio de impacto ambiental sobre los organismos acuáticos de las obras de ampliación del aeropuerto de Barcelona. Documento I: Informe final*. Oficina Ejecutiva de Planificación y Desarrollo, Aeropuerto de Barcelona, AENA. p. 43 + p. 54 (Apéndices).
- URS LIMNOS (2000b). *Estudio de impacto ambiental sobre los organismos acuáticos de las obras de ampliación del aeropuerto de Barcelona. Documento II: Atlas de especies relevantes*. Oficina Ejecutiva de Planificación y Desarrollo, Aeropuerto de Barcelona, AENA. p 69.
- WILLIAMS D.D.; WILLIAMS, N.E. (1998). Aquatic insects in an estuarine environment: densities, distribution and salinity tolerance. *Freshwater Biology*, 39, p. 411-421.
- ZALDÍVAR J.M.; CARDOSO A. C.; VIAROLI P.; NEWTON A.; DE WIT R.; IBÁÑEZ C.; REIZOPOULOU S.; SOMMA F.; RAZINKOVAS A.; BASSET A.; HOLMER M.; MURRAY N.. (2008). Eutrophication in transitional waters: an overview. *Transitional Waters Monographs*, 1, p. 11-78.