

# L'impacte ambiental del Pla Hidrològic en el tram final de l'Ebre<sup>1</sup>

CARLES IBÁÑEZ MARTÍ  
SEO/BirdLife, Oficina del Delta de l'Ebre

NARCÍS PRAT  
Universitat de Barcelona

## 1. Introducció

Les detracions d'aigua dels rius constitueixen una de les alteracions antropogèniques del cicle terrestre de l'aigua, a la qual cal afegir l'extracció d'aigües subterrànies, el drenatge de zones humides, la construcció d'embassaments, la desforestació, la desertificació i l'erosió del sòl en zones agrícoles. Des de la perspectiva del canvi global, el control de les conques fluvials mitjançant obres d'enginyeria representa una alteració significativa i virtualment instantània de la quantitat i el règim del flux d'aigua continental (Vorosmarty i Sahagian, 2000).

Els transvasaments d'aigua entre conques es poden englobar dins el fenomen més general de les detracions d'aigua, però l'impacte ambiental i socioeconòmic que suposen comporten aspectes addicionals si els comparem amb les detracions que es destinen a la mateixa conca hidrogràfica. D'aquesta manera, en el cas dels transvasaments, cal considerar l'impacte en la conca donant, l'impacte de la interconnexió i l'impacte de les zones receptors de l'aigua. Aquest document se centrarà bàsicament en l'impacte ambiental en la conca donant, aigua avall de la detracció, fent èmfasi en el cas del transvasament de l'Ebre previst en el projecte del Pla Hidrològic Nacional.

L'impacte de la conca donant es produeix aigua avall del lloc de detracció, encara que si la transferència requereix una capacitat addicional de regulació o un canvi en el sistema de regulació, cal també considerar els efectes ambientals que suposa en l'anàlisi de l'impacte. A més, per a tenir una idea real de l'impacte global, també caldria analitzar l'impacte acumulat del transvasament una vegada executat, juntament amb l'augment previst dels usos de l'aigua que es produeix des que es planifica fins que finalitza. En qualsevol cas, una anàlisi d'impacte rigorosa ha de partir del coneixement detallat de l'estat de l'ecosistema, el qual és funció de l'impacte acumulat de les alteracions produïdes en el passat. Una dada a destacar és que el 77% del cabal dels 139 sistemes fluvials majors del terç nord del planeta està afectat per la fragmentació del canal fluvial a causa de preses, embassaments, transvasaments entre conques i regadius (Dynesius i Nilsson, 1994).

A pesar que la disminució del cabal fluvial a causa de l'augment dels usos consumptius de l'aigua representa un dels impactes ambientals més severos en els rius, hi ha molta més

---

<sup>1</sup> Traducció del castellà de Núria Dobón Díaz (Universitat Jaume I).

literatura sobre els efectes de la fragmentació i la regulació, especialment en el cas de la construcció d'embassaments. Això es deu, en gran part, al fet que la disminució del cabal per causes antròpiques ha estat en moltes ocasions un fenomen progressiu que es va iniciar molt temps enrere, de manera que existeixen molts pocs casos (especialment a Europa) en els quals es disposa d'informació sobre l'estat ecològic d'un riu en règim natural.

L'impacte aigua avall d'una detracció equival a una disminució del cabal que, naturalment, també implica una alteració del règim fluvial. Això ens permet utilitzar com a referències no sols els casos precedents de transvasaments, sinó qualsevol cas ben estudiat de l'impacte ambiental de la disminució de cabals i alteracions del règim, pels motius que siguin.

D'altra banda, la magnitud i la diversitat de l'impacte depenen de la magnitud relativa del cabal que es detrau, del règim de detracció, del règim fluvial, de les característiques estructurals de la detracció, del lloc de detracció, de l'estat ecològic del riu i dels usos del riu aigua avall (per exemple, el dragatge per a la navegació). També es pot analitzar de forma específica l'impacte en l'ecosistema fluvial i l'impacte en els ecosistemes litorals i marins.

## 2. Impactes en l'ecosistema fluvial

El principal impacte ambiental d'una detracció d'aigua en l'ecosistema fluvial ve donat per la magnitud de la reducció del cabal i de la modificació del règim. No obstant, l'avaluació de l'impacte real requereix una informació fiable de la qualitat de l'aigua i de les comunitats biològiques a fi de poder avaluar el seu estat futur. En molts casos aquest és un gran inconvenient, ja que sol existir poca informació (en l'espai i en el temps) sobre aquests aspectes en la major part dels rius.

La reducció i la regularització del cabal associats a la realització d'un transvasament afecten en primera instància a les característiques físiques i hidrològiques del tram fluvial aigua avall, ja que es modifiquen paràmetres essencials com el nivell d'aigua, la velocitat o el perfil transversal. Aquests canvis impliquen també una modificació del substrat, de la temperatura, del contingut en nutrients i d'altres paràmetres determinants per a les comunitats biològiques, les quals, en última instància, es veuen alterades de diverses formes. A pesar que l'impacte s'ha d'analitzar d'una manera global, ja que existeix una interrelació entre les diverses alteracions identificables, creiem convenient analitzar el tema des de quatre aspectes fonamentals:

**a) L'alteració de l'hàbitat fluvial.** És la conseqüència més directa de l'impacte d'un transvasament, la qual cosa implica també alteracions en les espècies. Els dos factors que més afecten són la disminució de la velocitat i la del nivell de l'aigua. En el primer cas, es produeixen canvis en el tipus de substrat, cosa que afecta la supervivència i la distribució tant de la vegetació com de la fauna aquàtiques. En el segon cas, la major afectació es produeix tant en les zones submergides de la vora, un hàbitat molt ric en espècies i molt important per a la reproducció dels peixos, com en la zona emergida dels marges, on es poden produir importants modificacions de l'estructura, la composició i la productivitat del bosc de ribera. Així doncs, en el cas de l'Ebre, es requeriria un estudi detallat sobre

l'impacte en les riberes i en els hàbitats aquàtics submergits, així com estudis sobre la població de peixos i invertebrats, amb especial èmfasi en les espècies protegides com els bivalves d'aigua dolça.

**b) L'alteració de la dinàmica fluvial.** És una altra conseqüència important de la detracció d'aigua, tant pel que fa al règim hidrològic, al qual estan adaptades les comunitats biològiques, com a la pròpia evolució geomorfològica del buc. El fenomen amb major impacte és la reducció de la irregularitat del cabal per la disminució de les crescudes, fet que es veu reforçat per la regulació fluvial. Tot això afecta notablement les característiques de l'ecosistema fluvial, especialment del bosc de ribera i de les espècies de fauna aquàtica que es reproduïxen en les èpoques de crescuda (per exemple, durant el desglaç primaveral). La materialització del transvasament i l'augment de regadius i embassaments previst pel Pla Hidrològic comportarien, tal com ho reconeix el mateix pla, una forta regularització del cabal en el tram final de l'Ebre, cosa que tindria un impacte ambiental negatiu sobre l'ecosistema fluvial. No obstant això, aquest aspecte no s'ha estudiat en el document d'anàlisi mediambiental del pla.

**c) L'alteració de la qualitat de l'aigua.** És un altre fenomen a considerar, ja que la disminució del cabal implica una menor velocitat i una major temperatura de l'aigua, fet que suposa una major activitat de descomposició de la matèria orgànica que pot causar una reducció del contingut d'oxigen dissolt (especialment de nit). D'altra banda, la disminució del cabal també constitueix un major impacte en l'ecosistema fluvial dels abocaments aigua avall del lloc de detracció, ja que l'efecte de dilució dels contaminants és menor. Actualment, la qualitat de l'aigua de l'Ebre en el seu tram final ja no és satisfactòria en molts casos, de manera que s'estan incomplint sovint les normatives d'aigües prepotables i de peixos, tal i com ho reconeix el document d'anàlisi ambientals del Pla Hidrològic. No obstant, no s'analitzen les conseqüències de l'evolució futura de la qualitat de l'aigua sobre els ecosistemes del tram final de l'Ebre. Per tal de valorar l'impacte del Pla Hidrològic sobre aquest aspecte seria necessari un estudi detallat a partir de paràmetres de qualitat prevists en els diferents escenaris, així com una anàlisi dels efectes de les qualitats previstes sobre les espècies fluvials.

**d) Les alteracions derivades d'una major regulació,** en el cas que es requirira una regulació addicional per a garantir un volum determinat de transferència. En general, els efectes d'aquesta major regulació reforçarien els impactes negatius derivats de la detracció, bé fóra una major regularització del flux, un temps major de residència de l'aigua i una disminució de les aportacions per major evaporació i filtració en el cas que es requirira la construcció de nous embassaments. El Pla Hidrològic hauria d'analitzar detalladament els efectes ambientals de l'augment de regulació previst en els diferents escenaris considerats.

### **3. Impactes en la zona de la desembocadura i en l'ecosistema marí**

L'impacte dels transvasaments en la desembocadura dels rius se centra en tres grans temes que, en general, afecten en major o menor grau qualsevol tipus de sistema litoral, bé

es tracte d'un delta o d'un estuari. En primer lloc, es produeix un problema d'augment de la salinitat en la zona on es mesclen les aigües dolces i les marines; en segon lloc, es produeix un fenomen de disminució de la productivitat biològica i de canvis en la distribució de les espècies; i, en tercer lloc, es produeix una disminució de l'aportació de sediments fluvials al sistema. També cal tenir en compte la possible afectació per una disminució de la qualitat de l'aigua i per canvis en el règim fluvial.

En el cas del Delta de l'Ebre, una anàlisi preliminar dels efectes del transvasament prevista en el primer avantprojecte del Pla Hidrològic Nacional (Prat i Ibáñez, 1995) va predir els següents efectes: 1) un increment de la presència de la cunya salina en el tram final del riu, amb efectes perjudicials per a la fauna i la vegetació; 2) una disminució de la productivitat biològica de les badies i de la plataforma continental, amb efectes negatius sobre l'aqüicultura i les pesqueries; 3) una reducció dels aportaments de sediments al sistema; 4) una salinització dels cultius, 5) efectes negatius sobre la conservació dels ecosistemes deltaics en general. Es pot trobar una anàlisi més detallada i recent de la problemàtica ambiental del Delta de l'Ebre, de l'impacte de la disminució de cabals i de la gestió de la conca fluvial en general en Ibáñez i al. (1999). Tot seguit se sintetitzen els aspectes més rellevants dels efectes esmentats.

### **La cunya salina**

En la zona de la desembocadura dels rius sempre hi ha un espai on es mesclen l'aigua dolça i l'aigua de la mar que es coneix amb el nom d'estuari. En el cas dels mars tancats amb mareas molt dèbils, com és el cas del Mediterrani, la desembocadura es caracteritza per formar un delta, el qual presenta aspectes oposats als estuaris típics. Mentre que aquests últims es troben terra endins (per exemple les ries) i estan dominats per les mareas, els deltes són llengües de terra que s'endinsen en la mar i estan dominats pel riu (Ibáñez i al., 2000). Però el tram final del riu també presenta, en ocasions, una entrada d'aigua marina encara que, contràriament als estuaris típics, aquesta a penes es mescla amb l'aigua dolça del riu. D'aquesta manera, s'estableix una forta estratificació amb una capa d'aigua dolça a la part superior i una capa d'aigua salada a la part inferior, fenomen que es coneix com a cunya salina. Una caracterització detallada d'aquest tipus d'estuaris es pot trobar en Ibáñez i al. (1997a), on es compara el cas de l'Ebre amb el del Roine (França), mentre que un estudi detallat de la cunya salina del riu Ebre es troba en Ibáñez (1993).

Els estudis esmentats estableixen clarament la relació inversa que existeix entre la magnitud del cabal fluvial i la longitud i gruix de la cunya salina. No obstant això, la profunditat irregular del llit del riu fa que l'avanç i retrocés de la cunya salina depenga no solament del cabal fluvial sinó també de la barrera física que creen les zones poc profundes. La cunya comença a formar-se amb fluxos menors a 400 m<sup>3</sup>/s i progressa ràpidament fins arribar a la zona de l'Illa de Gràcia (a uns 18 km de la desembocadura) quan el flux és inferior a 300 m<sup>3</sup>/s. En pocs dies, la cunya s'estableix i roman en aquesta posició de forma permanent mentre no baixen els fluxos majors d'aigua que puguin destruir-la (superiors a 400 m<sup>3</sup>/s) o menors a 100 m<sup>3</sup>/s que li permeten progressar riu amunt. Quan el flux del riu descendeix de 100 m<sup>3</sup>/s, la cunya salina progressa més i arriba a 32 km de la desembocadura, aigua amunt d'Amposta, on hi ha una zona de graves poc profunda que correspon a la desembocadura del barranc de La Galera. Hi ha constància que, abans de la construcció de grans

embassaments en la conca, en períodes de sequera, el cabal del riu es reduïa en una quantitat suficient per a què la cunya salina arribara prop de Tortosa (Aragón, 1943).

L'efecte combinat de la disminució de cabals i de la forta regulació que ha sofert el riu Ebre durant les últimes dècades, ha portat una major presència de la cunya salina, encara que ha evitat que aquesta remuntara aigües amunt de la desembocadura del barranc de La Galera. Una estimació basada en la comparació dels cabals de les dècades del 1960-1970 i 1970-1980, amb un cabal mitjà de 525 m<sup>3</sup>/s i 450 m<sup>3</sup>/s respectivament, implica un augment d'un mes en la presència de cunya salina, encara que una menor presència en el límit inferior a causa de la regulació (Ibáñez i al., 1996). En el cas de la disminució de cabals prevista pel Pla Hidrològic, l'anàlisi del mateix pla reconeix que la presència de la cunya salina augmentaria de 6,6 mesos a 8,7 o fins a 9,6 mesos l'any de mitjana, segons els escenaris. L'anàlisi del Pla Hidrològic conclou que l'impacte negatiu de la major presència de la cunya salina en el temps es podria mitigar si es reduïra la presència d'aquesta en l'espai amb una regulació adequada de cabals. Més concretament, es proposa mantenir cabals superiors als 100 m<sup>3</sup>/s per tal d'evitar que la cunya salina remunte aigua amunt de l'Illa de Gràcia. No obstant això, el principal problema ecològic de l'estuari no és tant el fet que la cunya salina pugui remuntar aigua amunt d'Amposta uns mesos l'any (és un fenomen que ha ocorregut sempre), sinó l'esgotament d'oxigen en la cunya salina per eutrofització, aspecte que empitjoraria amb la detracció de cabals del riu. Per aquesta raó, els esforços per mitigar l'impacte negatiu del Pla Hidrològic a l'estuari haurien de centrar-se en mesures que comporten una millora de la qualitat de l'aigua del riu.

A banda de la major presència de la cunya salina com a conseqüència de la disminució de cabals, el Pla Hidrològic hauria d'analitzar també les conseqüències d'un possible deteriorament de la qualitat de l'aigua sobre l'ecosistema de l'estuari de l'Ebre. Actualment, la proliferació del fitoplàncton per excés de nutrients (eutròfia) és ja molt important en el període càlid, fet que comporta una forta acumulació de matèria orgànica en la cunya salina i que implica un important consum d'oxigen. Aquesta situació causa un esgotament total de l'oxigen (anòxia) en la cunya salina, excepte en la zona propera a la desembocadura, i això implica una desaparició total de la fauna i la vegetació aquàtiques (Ibáñez i al., 1995). La detracció de cabals podria prolongar aquesta situació de manca d'oxigen en períodes més llargs que en l'actualitat. A més, s'hauria d'estudiar la possibilitat d'alliberar cabals de l'ordre de 400 m<sup>3</sup>/s com a mínim, per tal d'eliminar la cunya salina després de períodes llargs d'anòxia amb la finalitat de millorar l'estat ecològic de l'estuari.

Un altre fenomen que cal analitzar és la possibilitat de salinització dels pous pròxims al riu després de períodes prolongats de presència de cunya salina. Aquest fenomen ja es va detectar en els anys 1989 i 1990, quan la cunya salina va estar present gairebé de forma permanent. En aquella ocasió, l'augment de salinitat es va notar en pous pròxims al riu aigua amunt d'Amposta, prop del límit màxim de penetració de la cunya salina.

## **Els ecosistemes marins**

La influència de les aportacions fluvials sobre les característiques ecològiques (i en especial sobre la productivitat) dels ecosistemes marins és un tema que apareix molt a sovint en la bibliografia però, en canvi, no existeixen anàlisis quantitatives al respecte. Encara hi ha menys informació sobre els canvis que ocorren en els ecosistemes marins que

estan influenciats per l'aigua dolça dels rius quan es produeix una disminució dels aportaments. Es tracta d'un tema complex que requeriria un gran esforç de recollida de mostres al llarg del temps i de l'espai per tal d'obtenir estimacions quantitatives i on concorren molts factors que poden emmascarar el fenomen. A pesar d'això, la relació directa entre els aportaments d'aigua dolça i de nutrients dels rius i la productivitat biològica dels ecosistemes marins està ben establerta de forma universal.

Així doncs, en el cas de l'Ebre, el problema no resideix en reconèixer l'efecte negatiu de la disminució del cabal fluvial sobre la productivitat dels ecosistemes marins (badies i plataforma continental), sinó en quantificar l'efecte en funció d'un escenari concret. En aquest cas, es necessitaria un estudi detallat i interanual de la zona marina influenciada pel riu, fet que requeriria tant treballs de camp com un important esforç de modelització. Donat que aquest estudi no està disponible, ens limitarem a comentar les poques dades que existeixen sobre el tema tant a l'Ebre com en altres zones similars.

En el cas del Delta de l'Ebre, analitzarem separatament les badies i la plataforma continental. Pel que fa a les badies, les actuals característiques hidrològiques i ecològiques venen determinades per les importants entrades d'aigua dolça procedent dels drenatges dels arrossars. Abans de la implantació del cultiu de l'arròs, cap a la meitat del segle XIX, les badies tenien unes entrades d'aigua dolça molt més petites, fet pel qual tenien una major salinitat. La major entrada d'aigua dolça per causes antròpiques ha comportat una disminució de la salinitat en la part superior de la columna d'aigua, la qual genera una circulació de caràcter estuarià, amb una major renovació de l'aigua. Al mateix temps, la riquesa en nutrients de l'aigua dolça ha comportat un augment de la productivitat biològica de les badies i s'ha arribat a situacions de disminució de l'oxigen (al final de l'estiu) a conseqüència de l'eutrofització. Aquesta elevada productivitat ha permès la proliferació d'una aqüicultura basada en la producció de musclos, ostres portugueses i altres cultius marins que es veu afectada pels episodis d'hipòxia (concentracions baixes d'oxigen). Una anàlisi detallada de la problemàtica de la badia dels Alfacs poc trobar-se en Camp (1994). D'aquest estudi es desprèn que, per tal d'evitar la hipòxia i mantenir l'aqüicultura, es requereix l'entrada d'importants volums d'aigua dolça al sistema.

Pel que fa a la productivitat de la plataforma continental, la informació existent és més antiga, escassa i dispersa que en el cas de les badies. L'efecte fertilitzador del riu es deu a dues causes fonamentals: els aportaments de nutrients que conté l'aigua dolça i l'afloreament d'aigües marines més profundes riques en nutrients com a conseqüència de la circulació estuària causada per les aportacions d'aigua dolça en les aigües costaneres. Alguns estudis realitzats en els anys 60 en les aigües costaneres influenciades pel riu Ebre, van mostrar una forta correlació entre les captures de peixos i mariscs de les principals espècies comercials (sardina, llagostins i bivalves) i les aportacions d'aigua dolça del riu Ebre (San Felú, 1975).

En el cas del Nil, es té constància que la disminució del cabal del riu i la manca d'aigües riques en nutrients a causa de la construcció de la presa d'Aswan, va afectar la productivitat de les aigües marines. L'any següent a la construcció d'aquesta presa, per exemple, les pesqueries de sardina van descendir un 95% (Wahby i Bishara, 1981). Més concretament, la pesca de sardines va disminuir de 18.000 tones en 1962 a 460 i 600 tones en 1968 i 1969 respectivament. La pesca de gambetes també va sofrir un descens molt fort, de 8.300 tones

en 1963 a 1.128 tones en 1969 (El-Sayed i Van Gert, 1995). A pesar dels estudis esmentats, els efectes dels cabals del Nil sobre la oceanografia i les pesqueries marines al llarg de les costes d'Egipte i d'Israel, encara no estan clars o ben valorats (Atwi i Arrojo, en premsa).

D'altra banda, Deegan i al. (1986) van mostrar que al Golf de Mèxic les captures pesqueres i la superfície d'un estuari estan fortament relacionades amb els aportaments d'aigua dolça i la fisiografia. Aquests autors van trobar una elevada correlació entre captures per unitat de superfície d'aigües obertes i el cabal fluvial. En un altre treball, Sutcliffe (1972) va constatar que les captures de diverses espècies en dos badies de l'est del Canadà estaven relacionades amb el cabal fluvial. Chapman (1966) també va mostrar que, als estuaris de Texas, el cabal mitjà anual dels rius i les captures mitjanes anuals de peixos estaven relacionades, i que les captures pesqueres totals van ser més elevades durant els anys humits. En el cas del riu Colorado, la reducció dràstica del cabal ha reduït el flux de nutrients al Mar de Cortez, un dels ecosistemes marins més productius del món, i s'han reduït les zones d'alevinatge per als peixos i les captures pesqueres (Postel i al., 1998).

## **El balanç sedimentari**

Els deltes són unitats geomorfològiques que es formen, es mantenen i evolucionen gràcies a l'aportació de sediments fluvials, en combinació amb l'efecte de remodelació dels processos marins (onatge, mareas, etc.). Qualsevol reducció de les entrades de sediments al sistema implica un dèficit en el seu balanç sedimentari, cosa que té conseqüències sobre l'extensió, la forma i l'elevació del delta. Actualment, els deltes i les zones costaneres en general, estan en crisi a escala mundial per la modificació massiva dels fluxos sedimentaris en els rius i en els sistemes litorals. Per una banda, està el problema de la retenció de sediments per la construcció d'embassaments i, per una altra, el fet que s'obstaculitza el flux costaner de sediments a causa de la construcció d'espigons, ports i altres infraestructures.

A escala mundial, existeixen molts casos de reducció dràstica de l'aportament de sediments fluvials als deltes, i en citarem els exemples del Colorado i del Nil, dos casos de supressió quasi total del flux d'aigua i de sediments. En el cas del Colorado, abans de la construcció de les preses, el riu transportava entre 45 i 455 milions de tones de sediments l'any a través del Gran Canyó, una quantitat que s'ha reduït enormement en l'actualitat (Postel i al., 1998). En el cas del Nil, el transport de sediments abans de la construcció de la gran presa d'Aswan era d'uns 124 milions de tones l'any, mentre que, actualment, el 89% dels sediments es retenen a l'embassament (Atwi i Arrojo, en premsa).

El cas de l'Ebre és un dels més greus pel que fa a la retenció de sediments fluvials, i s'estima que gairebé els 200 embassaments que existeixen en la conca retenen més del 99% dels sediments que el riu transportava originalment (Guillén i Palanques, 1992; Ibáñez i al., 1996). Aquest fet està suposant una remodelació de la línia de la costa en la zona de la desembocadura, així com la pèrdua de l'elevació del conjunt de la plana deltaica per subsidència i pujada del nivell del mar (Jiménez i Sánchez-Arcilla, 1993; Canicio i Ibáñez, 1994; Ibáñez i al., 1997b). Si aquesta tendència continua, a mitjà i a llarg termini es produiria un retrocés notable del front costaner, al mateix temps que una superfície creixent del delta se situaria per davall del nivell del mar. Encara que aquest procés es va desencadenar ja fa unes dècades amb la construcció d'embassaments, la disminució de cabals i la construcció

de més embassaments poden agreujar la situació i dificultar encara més la recerca de solucions sostenibles. Resulta doncs imprescindible, que el cabal mínim del tram final de l'Ebre incorpore els requeriments necessaris per a garantir un cabal sòlid suficient per tal de mantenir tant la superfície com l'elevació del delta emergit.

Estudis previs han determinat un mínim de 1.300.000 m<sup>3</sup>/any d'aportament de sediments al Delta de l'Ebre per a compensar la subsidència i la pujada del nivell del mar (Canicio i Ibáñez, 1994), mentre que el dèficit d'aportament de sorra en la zona de la desembocadura s'ha avaluat en 330.000 m<sup>3</sup>/any (Jiménez i Sánchez-Arcilla, 1993). No hi ha estimacions dels aportaments mínims de cabal sòlid com dels cabals líquids (quantitat i règim) necessaris per a transportar els sediments. També es requeriria un estudi de viabilitat tècnica i econòmica de la recuperació d'aportaments sedimentaris a partir dels embassaments.

### **Canvis en els cultius i les zones humides**

Si la detracció d'aigua es realitzara a partir dels canals de reg del Delta, l'impacte se centraria en el delta emergit (cultius i zones humides) i en les badies. En el cas de les badies, tal com s'ha comentat, la disminució de les entrades d'aigua dolça podria augmentar els problemes de manca d'oxigen en estiu i causaria una disminució de la productivitat biològica, cosa que afectaria negativament l'aqüicultura. L'impacte negatiu sobre l'estat ecològic de les badies es podria mitigar amb mesures com el sanejament de les zones on els sediments estan carregats de matèria orgànica (desembocadura dels drenatges dels arrossars, fons de les zones de cultius marins, etc.); també amb la substitució de l'aigua de drenatge per aigua de canal durant el període càlid; o, fins i tot, amb la depuració de les aigües de drenatge mitjançant l'ús de filtres biològics. La idea és que, des d'un punt de vista ecològic, les badies puguin aconseguir un bon estat amb unes entrades molt menors d'aigua (com abans de la implantació de l'arròs) sempre i quan es redueixen les altres fonts d'eutrofització (matèria orgànica acumulada, abocaments urbans, abocaments de les piscifactories, etc.). Una altra cosa diferent és l'aqüicultura, ja que, amb una reducció de les entrades d'aigua dolça sempre es produirà un impacte negatiu sobre la productivitat.

En el cas dels cultius, la disminució de les dotacions d'aigua dolça dels canals implicaria una disminució de la superfície d'arrossars. Aquest cultiu és actualment i ha sigut durant els últims 150 anys, un factor clau en l'economia, la societat i el funcionament ecològic del Delta de l'Ebre. Des d'un punt de vista ambiental, cal destacar que els arrossars alberguen una gran quantitat d'espècies d'aus, especialment per a la seva alimentació, de forma que la gran importància ornitològica del Delta es deu, en part, a aquest cultiu (Martínez-Vilalta, 1996).

No cal dir que l'impacte dependrà de la magnitud de la disminució de les aportacions d'aigua dolça, així com dels usos alternatius a què es destinen els arrossars que es deixen de cultivar. No obstant això, també existeix la possibilitat d'estudiar l'alternativa de cultivar arròs amb una dotació menor d'aigua, cosa que és teòricament possible però que podria tenir impactes negatius sobre el mateix cultiu (disminució de la producció) i sobre els ecosistemes aquàtics (els quals rebrien menys aigua i amb més concentració de contaminants). En aquest últim cas, la utilització de filtres biològics per a depurar l'aigua de drenatge podria millorar la qualitat de l'aigua i mitigar-ne així l'impacte negatiu.

Si l'alternativa al cultiu de l'arròs són altres cultius no inundats, l'impacte ambiental podria ser molt elevat i, al mateix temps, la viabilitat agrícola seria dubtosa en molts casos a causa de la salinització de les terres. En efecte, els intents d'implantar en el Delta de l'Ebre cultius sense inundació han acabat en fracàs en la majoria dels casos degut a un ràpid augment de la salinitat del sòl. Només les zones més elevades, pròximes al riu i al límit interior del Delta, permeten alternatives al cultiu de l'arròs, a no ser que s'instal·len drenatges profunds. Aquesta última alternativa, utilitzada en algunes grans finques, resulta molt costosa econòmicament i tampoc resol totalment el problema de salinitat (es torna a cultivar arròs cada uns quants anys per a disminuir-la). Però, per damunt de tot, es tracta d'una alternativa amb un impacte ambiental molt negatiu, ja que l'aigua procedent dels drenatges profunds presenta una salinitat elevada i valors molt baixos d'oxigen, amb una gran quantitat d'amoni, àcid sulfhídric i altres composts químics tòxics per a la vida aquàtica. Així doncs, l'extensió d'aquest model agrícola tindria efectes negatius sobre els ecosistemes aquàtics deltaics, i afectaria tant la vegetació com la fauna piscícola i la biota en general. Tampoc s'ha d'oblidar que el consum d'aigua dels cultius alternatius no seria molt menor que el de l'arròs i que, en aquest últim, part de l'aigua no es consumeix en el cultiu i flueix pels drenatges fins a les zones humides, les badies i la mar.

Si l'alternativa al cultiu de l'arròs és abandonar-lo i convertir les zones humides, s'hauria d'estudiar bé quins tipus d'hàbitats es volen recuperar i quins requeriments d'aigua dolça té cadascun d'ells. En qualsevol cas, seria preferible reconvertir a zones humides els arrossars més pròxims a espais naturals i amb menor elevació (alguns estan fins i tot per davall del nivell del mar). En general serien arrossars pròxims a la costa, amb els sòls més salins menys productius i servirien per a establir franges més amples de vegetació palustre al llarg de la costa i al voltant de les llacunes. Cal destacar que aquests arrossars es podrien aprofitar, si fóra necessari, com a filtres biològics de les aigües de drenatge dels cultius. S'hauria d'estudiar de forma detallada quins arrossars es podrien destinar a zones humides d'aigua dolça (que podrien rebre l'aigua dels arrossars restants) i quins s'haurien de destinar a aiguamolls, amb uns requeriments mínims d'aigua dolça. En qualsevol cas, aquest esquema de reconversió d'arrossars a zones humides requereix un enfocament global associat a una zonificació dels usos en el Delta, ja que l'alternativa de permetre a cada agricultor, independentment de la localització de la seva terra, decidir si converteix l'arrossar en zona humida pot ser molt més problemàtica, tant des del punt de vista ambiental com de l'aparició de conflictes d'interessos en els usos del territori.

## BIBLIOGRAFIA

- ARAGÓN, J. (1943): *Salinidad del agua del Ebro en sus estiajes*, Tortosa, Informe Tècnic Instituto Nacional de Colonización.
- ATWI, M.B. i P. ARROJO (en premsa): «Impacto ambiental de las grandes presas en cursos bajos, deltas y plataformas litorales: el caso de Aswan», dins *Actas del Segundo Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación de Aguas*, Oporto (Portugal).
- CAMP, J. (1994): *Aproximaciones a la dinámica ecológica de una bahía estuárica mediterránea*, Tesi Doctoral. Universitat de Barcelona.
- CANICIO, A. i C. IBÁÑEZ (1994): *Estudi del risc de polderització del delta de l'Ebre. Causes i conseqüències de la pujada relativa del nivell mitjà de la mar*, Barcelona, Informe Tècnic. Generalitat de Catalunya.

- CHAPMAN, C.R. (1966): «The Texas basin project», dins SMITH, R.F. i altres (eds.): *Symposium on Estuarine Fisheries*. American Fisheries Society Special Publication 3 (suppl.), 95(4), 83-92.
- DEEGAN, L.A i altres (1986): «Relationships among physical characteristics, vegetation distribution and fisheries yield in Gulf of Mexico estuaries», *Estuarine Variability*, 83-100.
- DYNESIUS, M. i C. NILSSON (1994): «Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world», *Science*, 266.
- EL-SAYED, S.Z. i L. VAN GERT (1995): «The southeastern Mediterranean ecosystem revisited: Thirty years after the construction of the Aswan High Dam». *Quarterdeck*, 3(1), 4-7.
- GUILLÉN, J. i A. PALANQUES (1992): «Sediment dynamics and hydrodynamics in the lower course of a river highly regulated by dams: the Ebro river», *Sedimentology*, 39, 567-579.
- IBÁÑEZ, C. (1993): *Dinàmica hidrològica i funcionament ecològic del tram estuari del riu Ebre*, Tesi Doctoral, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona.
- IBÁÑEZ, C. i altres (1995): «The combined impacts of river regulation and eutrophication on the dynamics of the salt wedge and the ecology of the lower Ebro River», dins FERGURSON, A. i D. HARPER (eds.): *Ecological Basis for River Management*, John Wiley & Sons, 105-114.
- IBÁÑEZ, C. i altres (1996): «Changes in the hydrology and sediment transport produced by large dams on the lower Ebro river and its estuary», *Regulated Rivers*, 12, 51-62.
- IBÁÑEZ, C. i altres (1997a): «Characterization of the Ebre and Rhone estuaries: a basis for defining and classifying salt-wedge estuaries», *Limnology and Oceanography*, 42, 89-101.
- IBÁÑEZ, C. i altres (1997b): «Morphologic evolution, relative sea level rise and sustainable management of water and sediment in the Ebre Delta», *Journal of Coastal Conservation*, 3, 191-202.
- IBÁÑEZ, C. i altres (1999): *El Delta del Ebro, un sistema amenazado*, Bilbao, Editorial Bakeaz, Colección El Agua a Debate.
- IBÁÑEZ, C. i altres (2000): «Structure and productivity of microtidal Mediterranean coastal marshes», dins WEINSTEIN, M.P. i D.A. KREEGER (eds.): *Concepts and Controversies in Tidal Marsh Ecology*, Holanda, Kluwer Academic Publishers.
- JIMÉNEZ J. i A. SÁNCHEZ-ARCILLA (1993): «Medium-term coastal response at the Ebro delta, Spain», *Marine Geology*, 114, 105-118.
- MARTÍNEZ-VILALTA, A. (1996): «The rice fields of the Ebro Delta», dins MORILLO, C. i J.L. GONZÁLEZ (eds.): *Management of Mediterranean Wetlands*, 4, MIMAM.
- POSTEL, S.L. i altres (1998): «Allocating fresh water to aquatic ecosystems: the case of the Colorado River Delta», *Water International*, 23, 119-125.
- PRAT, N. i C. IBÁÑEZ (1995): «Effects of water transfers projected in the Spanish National Hydrological Plan on the ecology of the lower River Ebro and its Delta», *Water Science and Technology*, 31(8), 79-86.
- SAN FELÚ, J.M. (1975): «Influencia de los aportes del río Ebro sobre la producción pesquera de la zona», *Publicaciones Técnicas de la Junta de Estudios de Pesca*, 11, 263-278, Madrid, Dirección General de Pesca Marítima.
- SUTCLIFFE, W.H. (1972): «Some relations of land drainage, nutrients, particulate material, and fish catch in two eastern Canadian bays», *J. Fish. Bd. Canada*, 29, 357-412.
- WAHBY, S.D. i N.F. BISHARA (1981): «The effect of the River Nile on Mediterranean Water before and after the construction of the High Dam at Aswan», *Proceedings of a Review Workshop on River Inputs to Ocean Systems*, 311-318.
- VOROSMARTY, C.J. i D. SAHAGIAN (2000): «Anthropogenic disturbance of the terrestrial water cycle», *BioScience*, 50(9), 753-765.