

El delta de l'Ebre, una àrea geològica amenaçada

Oriol Riba i Arderiu* & Jordi Serra i Raventós*

Resum

Clam d'alarma destinat a revelar la crisi geològica i ambiental que sofreix el delta de l'Ebre. Crisi atribuïble, per una part a agents naturals, comuns a tots els deltes del món, i a causes humanes, per l'altra, les quals són més particulars al nostre delta. Les causes naturals de crisi són essencialment la subsidència, la pujada eustàtica del nivell de la mar i els canvis climàtics. El delta de l'Ebre ha estat un espai natural pràcticament verge fins a la fi del s. XIX. La primera intervenció humana va ésser la posada en regadiu de les maresmes en arrossars. La segona, la construcció dels embassaments fluvials propers al delta, amb els efectes provocats per la detracció de sediments i la laminació de les riuades. Finalment, la tercera, està essent la progressiva conversió de l'espai deltaic en un país hortícola, dessecat, el desviament d'importants cabals d'aigua dolça, la implantació d'una població humana permanent, la construcció d'urbanitzacions turístiques i de ports esportius. Tot plegat duu a una destrucció retractiva de la costa, amb pèrdua d'espai, a la salinització superficial dels aquífers i del mateix buc del riu, acompanyada d'una alarmant pol·lució química del delta i de l'aigua marina que l'envolta; a l'alteració o destrucció dels ecosistemes d'un espai declarat, amb migradesa, parc natural.

MOTS CLAU: Delta de l'Ebre. Mediterrània. Evolució actual. Balanç sedimentari. Efectes dels embassaments, Pressió antròpica.

Abstract

The Ebro Delta, a geological area in danger

Hereby we present a warning announcement that reveals the geological and environmental crises that is occurring in the Ebro Delta. These crises are due to natural agents, common to all the deltas in the world, and to human causes, of particular importance in the case of the Ebro Delta. The natural causes are essentially subsidence, eustatic sea level rise and climatic change. The Ebro Delta has been a virgin natural area up to the end of the nineteenth century. The form of the first human action was in the conversion of marshes into rice fields. The second was the construction of fluvial dams close to the delta area, the effects being the retention of sediments and the lamination of the floods. The third is the progressive conversion of deltaic areas, the dessication of some areas, the deviation of significant volumes of fresh water, the existence of a permanent human population, and the construction of tourist urbanizations and leisure seaports. As a whole these lead to a destruction of the shoreline, the loss of land, aquifer and river salinization, together with the chemical pollution of the river and the seawater, and the alteration or destruction of the ecosystems of an area that has been declared a natural park.

KEYWORDS: Ebro Delta. Mediterranean. Present development. Sedimentary balance. Dam effects. Human pressure.

* Facultat de Geologia. U.B. Martí Franquès s/n 08028 Barcelona.

Introducció

No voldríem pas creure que, entre els que van ser presents a les exposicions fetes pel primer autor sobre «La crisi geològica del delta de l'Ebre», a la sessió conjunta de la Societat Catalana de Biologia i la Institució Catalana d'Història Natural (18 i 20 de març, 1992), hi va haver algú que posés en dubte que el delta de l'Ebre ha entrat en crisi, una crisi destructiva i que dins d'algunes dècades, i no diguem segles, ja s'haurà deixat sentir profundament. En la primera exposició, s'hi varen presentar les causes, les quals, resumidament, són de dues categories: unes de naturals i unes altres d'humanes.

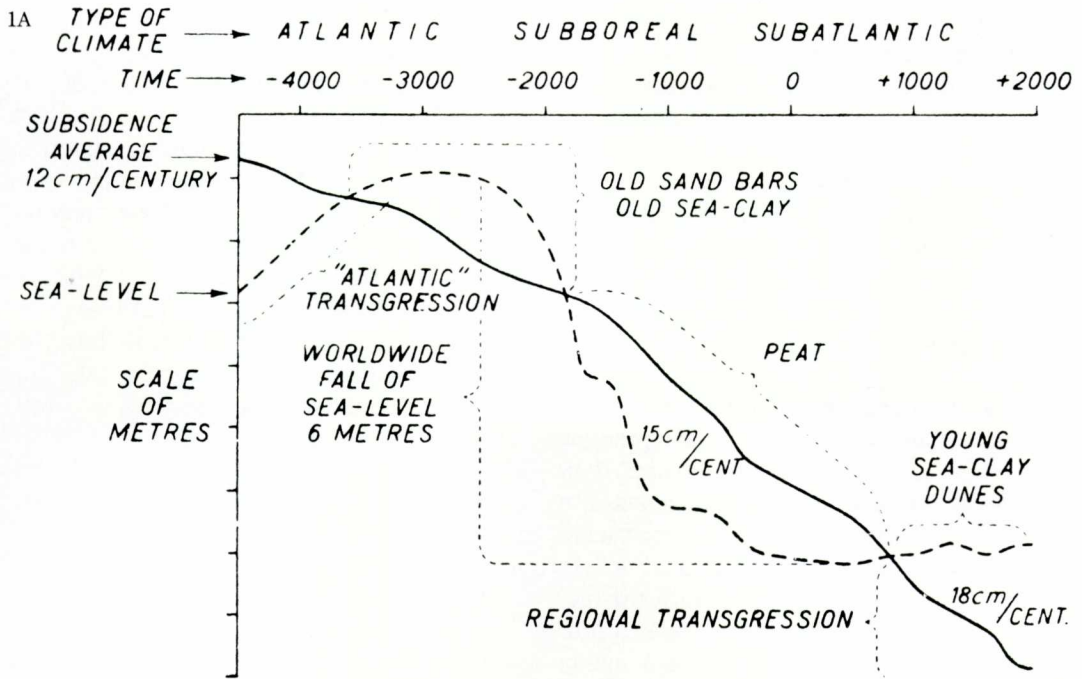
A) Entre les *causes naturals* hi ha les que tenen unes conseqüències a *mitjana escala*; per exemple, les modificacions geogràfiques produïdes per l'abandonament d'un lòbul deltaic, les quals no afecten l'equilibri global de la formació. Per contra, les causes a *gran escala* són la *subsidiència* i els *moviments eustàtics*. Aquests dos factors tenen una gran transcendència a llarg termini. La subsidiència afecta el sòcol del delta mitjançant un descens generalitzat que només és compensat pel rebliment sedimentari. Els moviments eustàtics fan referència a l'ascensió o al descens del nivell de la mar per causes globals terrestres. La tendència actual és d'ascensió, de tal manera que els dos efectes se sumen vectorialment, amb una neta inclinació al negament i a la destrucció de l'àrea deltaica. Per exemple, al delta holandès és de l'ordre dels 30 a 40 cm/segle i al del Nil és de 50 cm/segle. (Vegeu Fig. 1 i 2.)

1. Els *factores de creixement* dels deltes són: l'estabilitat del nivell de la mar i l'alimentació fluvial de l'àrea deltaica mitjançant grans aportaments de sediments detrítics (càrrega de fons, suspensions). El creixement té en compte la progradació, l'«acomodament» dels dipòsits a l'ambient marí del delta i la sedimentació a la plana deltaica.

2. Els *factores destructius* d'un delta són l'onatge i les mareas astronòmiques i no astronòmiques (seixes, plenes, rissagues)¹ ajudats pels corrents litorals i el vent. Les mareas pròpiament dites són de poc abast a la Mediterrània, les no astronòmiques, per contra, adquireixen al delta de l'Ebre una importància poc valorada fins ara, les quals poden atènyer valors de fins a 1,36 m de semi-amplitud.

B) Els *factores no naturals* o *d'antropització* són els més preocupants i esdevenen cada cop més comuns arreu dels deltes de tot el món. Poden ésser resumits: a) Minva dels cabals sòlids causada per les grans preses (a l'Ebre són Riba-roja, Mequinensa i Flix), de manera que és de l'ordre del 97% per a l'Ebre i d'un 95% per al Roine. b) Minva del flux aquós, per extraccions dirigides als abastiments urbans i als regadius, cosa que comporta una baixa dels aportaments en suspensió i una ascensió de la salinització deltaica. c) Laminació de les riuades, cosa que comporta una rebaixa de la competència fluvial. d) L'endegament del riu i la laminació de les riuades impedeixen les inundacions periòdiques a la plataforma deltaica i el dipòsit d'una capa de llims i sorra fina que, a la llarga, compensa els efectes devastadors de la subsidiència. e) A tots aquests factors, cal afegir-hi les conseqüències negatives del canvis dels usos agrícoles que comporten desseca-

1. Les mareas no astronòmiques, creiem que constitueixen un fenomen poc estudiat encara a les nostres costes mediterrànies. Són, per un costat, l'efecte d'uns factors meteorològics relacionats amb variacions de la pressió atmosfèrica i situacions de vent excepcionals, d'acord amb allò que escrigueren E. Fontserè (1934, «Notes d'Estudi», 58. *Serv. Meteor. Catalunya*) sobre les seixes a la costa catalana, i Jansà & Jansà (1979, «Encicl. de Menorca») sobre les seques i rissagues a Menorca. Fa poc que hom ha conegut el registre d'un mareògraf instal·lat en una de les plataformes petrolíferes («Centro de Estudios de Puertos y Costas») el qual ha enregistrat sobreelevacions de la mar que han atès fins a 136 cm sobre el normal en un període comprès entre 1984 i 1989. Potser hom ha menysvalorat el paper de l'empenta o fricció del vent («wind driven»), a la Mediterrània occidental, malgrat tenir un «fetch» relativament molt breu.



1B

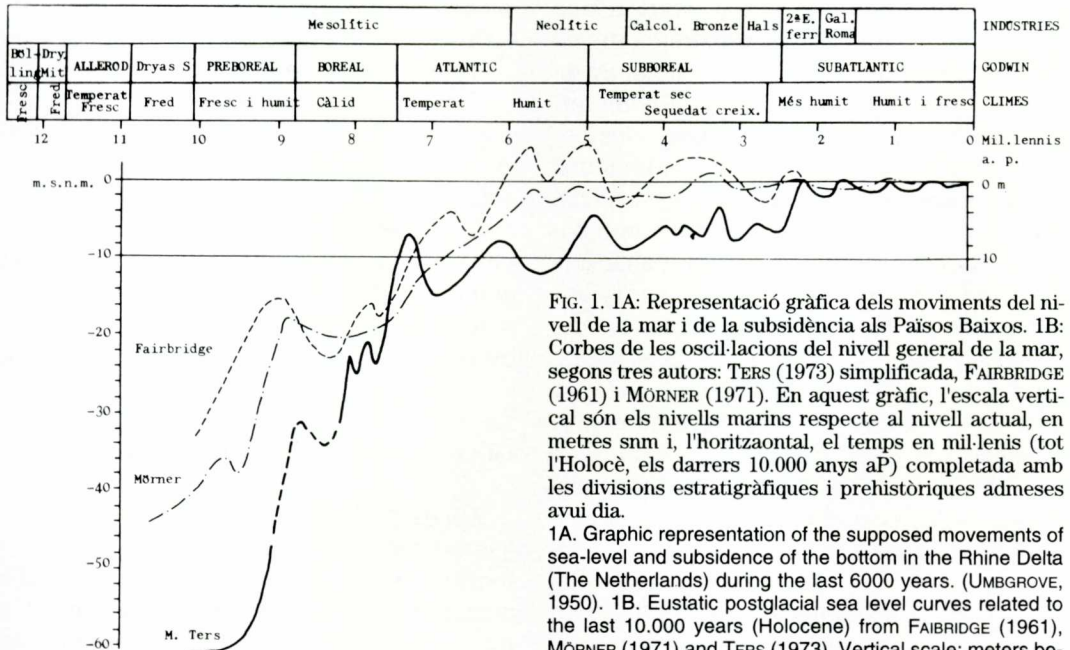


FIG. 1. 1A: Representació gràfica dels moviments del nivell de la mar i de la subsidència als Països Baixos. 1B: Corbes de les oscil·lacions del nivell general de la mar, segons tres autors: TERS (1973) simplificada, FAIRBRIDGE (1961) i MÖRNER (1971). En aquest gràfic, l'escala vertical són els nivells marins respecte al nivell actual, en metres snm i, l'horitzontal, el temps en mil·lenis (tot l'Holocè, els darrers 10.000 anys aP) completada amb les divisions estratigràfiques i prehistòriques admeses avui dia.

1A. Graphic representation of the supposed movements of sea-level and subsidence of the bottom in the Rhine Delta (The Netherlands) during the last 6000 years. (UMBGROVE, 1950). 1B. Eustatic postglacial sea level curves related to the last 10.000 years (Holocene) from FAIRBRIDGE (1961), MÖRNER (1971) and TERS (1973). Vertical scale: meters below present sea level (RIBA, 1981).

ments de grans àrees humides (arrossars) amb la compactació dels dipòsits superficials, les urbanitzacions i els ports esportius, i d'altres. La construcció d'aquests darrers pot provocar unes profundes alteracions a l'equilibri dinàmic costaner en procedir a la construcció de dics normals a la platja i de marines a l'interior del delta.

Els deltes

Un delta és una àrea geològica molt especial, molt fràgil i de creixement sedimentari molt ràpid. Els aportaments detrítics d'un curs fluvial són sedimentats en desguassar a la seva gola. Així s'hi diposita una massa sedimentària, amb les capes inclinades (els «*fore sets*», en anglès) mar enfora tot formant el *front* i el *tabús deltaic* i, a més profunditat, el *prodelta*. Aquest procés fa que la gola del riu progradi i guanyi terreny emergit a la mar (o llac). Al seu torn, el delta, que va creixent, presenta cap al seu interior, una plataforma emergida molt pròxima al nivell de la mar (el «*top set*», de la nomenclatura de Gilbert) que és inundada periòdicament, adés per les aigües dolces fluvials, adés per les marines de tempesta, cosa que crea uns ambients sedimentaris i ecosistemes salats, salobres i d'aigua dolça. Aquestes inundacions aporten a la superfície deltaica uns llims que, a la llarga, enriqueixen els sòls i vénen a compensar la lenta subsidència del substrat sobre el qual s'estableix el delta. Fora del delta de l'Ebre, tenim a Catalunya un exemple mesurable d'al·luvionament a l'església del Prat de Llobregat, bastida en ple delta: al segle XVI s'hi accedia pujant uns quants esglaons; ara, cal baixar-ne. El nivell del carrer ha pujat respecte al terra del temple. Aquest poble és l'únic establert a la plana deltaica i, fins fa poc, ha estat subjecte a les irresistibles inundacions del flum (segons CODINA, 1991).

Hi ha un factor de desenvolupament que cal tenir ben present: els deltes de tot arreu del món tenen la mateixa edat. S'han desenvolupat en finir l'anomenada transgressió versiliana (o flandriana) com a conseqüència de l'escalfament climàtic postglacial. Com que totes les mars són intercomunicades, hom pot afirmar que el seu nivell ha pujat, des de la darrera època glacial (el Würmià, ara fa uns 18.000 anys) uns 120 m fins a atènyer el nivell actual d'estabilització. Pràcticament, el nivell transgressiu un cop estabilitzat, durant els darrers 3 a 4 mil anys, s'ha mogut poc durant la darrera fase de l'Holocè. Malgrat tot, com veurem, hi ha hagut petites oscil·lacions que s'han deixat sentir en algunes àrees d'alt risc pel que fa a les inundacions.

Així, a una escala cronològica més humana, hi ha hagut una petita transgressió d'uns pocs metres, entre 4.000 i 2.000 aBP, durant l'anomenada fase atlàntica, i algunes altres encara més febles corresponents a l'anomenada fase subatlàntica, entre 2.000 aBP i l'actualitat. Els deltes actuals no tenen, per consegüent, gaire més de 4.000 anys d'antiguitat.

En aquest desenvolupament hi ha, doncs, dos factors que s'han addicionat negativament: la subsidència del substrat deltaic i la pujada eustàtica del nivell marí. Som en plena transgressió subatlàntica! Cosa que, en un futur, si es verifica el rescalfament del clima mundial per l'efecte d'hivernacle i la fosa parcial de les glaceres polars, pot dur a una transgressió marina de conseqüències nefastes per a la humanitat.

La subsidència i l'ascensió eustàtica

Aquests són uns factors, entre d'altres, que cal fer destacar molt. Es tracta de l'enfonsament lent i constant que afecta, d'una manera molt particular, el substrat dels deltes i de les costes en general. És per aquesta raó que els grans rius se situen, per causes

estructurals de la litosfera i des de fa milions d'anys, en alguns llocs tectònicament determinats on la subsidència és més acusada. Tots els deltes en pateixen. (Fig. 1A.)

Aquesta és una de les causes per què Venècia sofreix una invasió marina destructora que, si no hi posen remei, un remei econòmicament molt costós, finirà per ésser engolida per la mar. A Holanda, el deteriorament induït per l'home, com més endavant veurem, també s'hi deixa sentir i és quelcom d'irreversible. Això, els holandesos fa segles que ho combaten mitjançant la construcció dels dics.

Gairebé sempre la subsidència és, a l'escala històrica humana, molt lenta i, alhora, és compensada per la sedimentació a la plana fluvial, provocada per les revingudes fluvials, sempre que el nivell de la mar romanqui estable. De manera que, en certa mesura i a l'estat natural, un fenomen compensa l'altre. L'home, però, pot intervenir per trencar aquest equilibri i, en certs indrets, aquesta ruptura ja s'ha manifestat d'una manera esclatant. PILKEY (1991) afirma que la pujada relativa del nivell de la mar a la plana costanera dels Estats Units és de l'ordre de 30 cm/100 anys, però al delta del Mississipí pot excedir de 120 cm per segle, per un fenomen en què s'agermanen els dos efectes: eustatismes i subsidència.

Pel que fa a l'escalfament climàtic mundial i la pujada del nivell marí causada per la desglaciació, hi ha molts autors que ho admeten com un fet a l'escala planetària. Vegeu-ne la corba de l'ascens eustàtic holocè, potser la més moderna, a AUSTIN (1991), encara que en aquesta imatge manca detall, especialment per als darrers mil anys.

Sobre l'escalfament climàtic, provocador de la fusió de les glaceres i de l'ascensió eustàtica, cal ésser molt prudent, ja que la controvèrsia és molt abundant. Hi ha tres punts a discutir: a) L'admissió de la teoria de l'hivernacle i dels seus efectes sobre el res-

calfament climàtic. Manquen més proves i cal tenir present el poder d'esmoreïment que poden tenir alguns fenòmens, com l'absorció del CO₂ per les mars i per l'augment de la funció clorofíl·lica en absorbir l'excedent de CO₂ emès per l'activitat humana (crema de les masses forestals i dels combustibles fòssils), al qual pot unir-se l'augment de la reflectància de la llum («albedo» terrestre) a causa de la major nuvolositat, factor de refredament. B) En segon lloc, les sèries meteorològiques de temperatures no ultrapassen els 150 anys i, per consegüent, la pujada tèrmica de 0,8°C d'aquests darrers temps, 1860 a 1990, pot ésser atribuïda a una fluctuació secular temporal o cal pensar que la pol·lució humana en sigui la causant; totes dues coses hi poden ésser considerades. c) En tercer lloc, caldria saber fins a quin punt les dades de partida d'aquests autors que publiquen gràfics de variacions tèrmiques mitjançanes a escala mundial són admissibles i si llur tractament és adient; vegeu, si més no, BOOTH (1991).

Alguns exemples

El delta del Mississipí

El delta del Mississipí és molt conegut i molt ben estudiat. Els sediments aportats pel gran riu fan créixer als canals distributaris actius, eixits per difluència prop de la mar, els quals prograden amb independència creant una gola i un lòbul deltaic diferenciats (els «dits de la pota d'ocell»). Els distributaris actius són protegits pels dics naturals, (*natural levees*, en català «mota» o «mòt»).² Aquest lòbul prograda cada cop més a poc a

2. Els termes «mota» i «trenc» són vius a la plana al·luvial valenciana, segons ens va comunicar V. Rosselló Verger. «Mòt», en masculí, i 'o' oberta, és emprat a les rieres del Maresme (*Rev. Arenios*, 1990 i Joan Puigduví, com. verb.).

poc en trobar fons marins més pregons. És una qüestió de volums sedimentaris i de llur distribució o «acomodació» damunt la plataforma costanera, cada cop més profunda. De sobte el riu, especialment en temps de creixuda, pot trencar el dic natural i difluir per aquell «trenc» i anar a desembocar en un altre punt de la costa. Un nou distributari pot néixer d'aquesta manera. Així, al Mississipí han estat reconeguts una bona dotzena de lòbuls històrics inactius que van essent destruïts pels corrents, l'onatge, i submergits a causa de la subsidència. Els geòlegs i geògrafs americans es queixen que la retenció de sediments a la conca fluvial duu una degradació ràpida dels lòbuls actius d'aquest gran riu. La comparació de les cartografies modernes, amb pocs decennis de diferència, demostra l'enorme pèrdua de terra emergida.

El delta del Nil

STANLEY (1992) ha comunicat que la detracció de sediments, generada per la presa d'Assuan (1964), ja comença a fer sentir els seus efectes a la costa del delta, i diu: «the northeastern portion of the delta is sinking by as much as one-fifth of an inch a year», és a dir, que s'enfonsa 5 mm per any!, per causa de la subsidència, valor al qual caldria afegir l'elevació eustàtica. Preveu que, cap a l'any 2100, amb un descens de 55 cm en 110 anys, la costa haurà retrocedit d'una manera irregular, és clar, uns 32 km aproximadament, cosa que Stanley representa en un mapa. (Fig. 2.)

La pèrdua de territori deltaic, el ventre de l'Egipte mil·lenari, podria afectar més d'un milió d'habitants. I, afegeix, que la causa d'aquest efecte a la plana dèltica rau en la min-

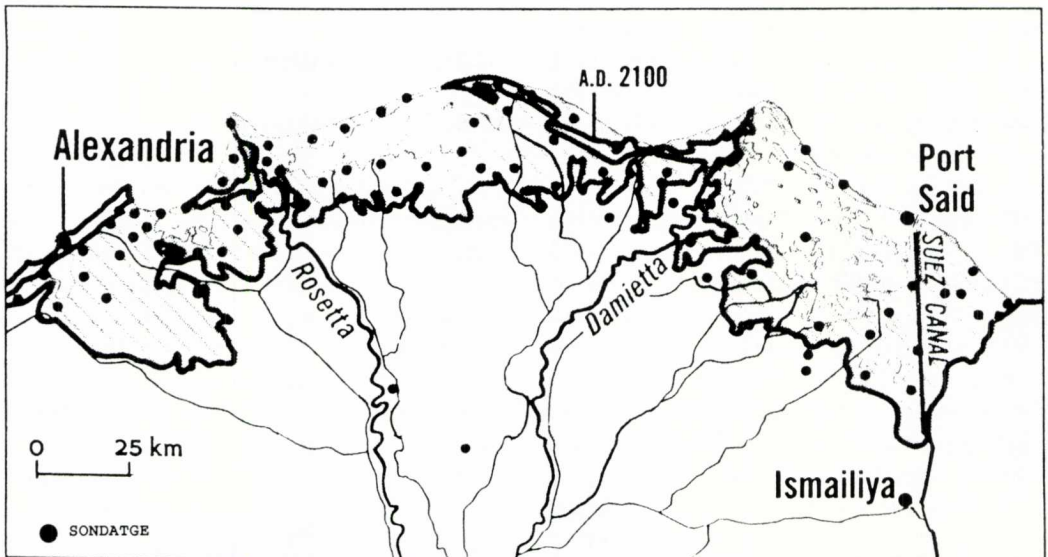


FIG. 2. El delta del Nil, l'any 2100, segons D. J. STANLEY (1992). Hi ha indicada la línia de costa actual, traça fina, i la prevista, en línia gruixuda.

Nile Delta: Projected shoreline (bold line), at A.D. 2100, by D.J. STANLEY (1992). Fine line: present coast line.

va dels aportaments de llims de les inundacions anuals que compensaven, per acreixement vertical, l'incessant descens del substrat geològic. La gran presa esmentada «laminada» les avingudes periòdiques del Nil i en reté els fangs que transportava. Valdria la pena reflexionar si d'aquesta obra «faraònica», se n'ha tret tot el partit, ara que sorgeixen els primers símptomes d'una malvestat geològica. Hom pot deduir que, als efectes de la supervivència d'un delta, no és bona cosa la laminació de les riuades. El termini de 120 anys que proposa Stanley ultrapassa el lapse de temps de diverses generacions humanes que perdran la memòria històrica i, de moment, és un fet que pot ésser menyspreat pels governants. La lliçó, la podem aplicar al nostre delta de l'Ebre.

El cas holandès

Els Països Baixos són emplaçats en un delta complex compartit per diversos rius: el Rin, el Mosa, d'altres de més petits i l'Escalda, que té una posició marginal a Zeelanda. Aquelles terres d'al·luvió foren aviat colonitzades des dels temps romans, cosa possible pel fet que els habitatges eren construïts damunt de petits monticles artificials anomenats «*terpen*» o «*wierden*», amb la qual cosa els habitants se salvaguardaven de les inundacions. El nivell de la mar, en una regió tan sensible, va experimentar una petita transgressió que EDELMAN (1953) situava entre les anys 950 i el 1500 (abans, però, n'hi havia hagut dues més: del 100 aC a començament del s. I, i la del 270 al 700 dC, separades de fases regressives) la qual va ésser la causant de dues grans inundacions catastròfiques que tothom encara recorda: la del 1287, al Dòllard, i la de Santa Elizabet el 1421, a la zona central holandesa. En va resultar la destrucció parcial del cordó de dunes d'Holanda del Nord-Frísia i la inundació marina del llac Flevo, que des d'aleshores

ençà va restar unit a la mar esdevenint el Zuiderzee. Sembla que després d'aquells atacs marins l'agressivitat tempestuosa va minvar, el nivell va baixar durant l'anomenada Petita Edat Glacial, del 1500 al 1750. Durant aquells temps de calma relativa l'establiment humà hi va quedar afermat. Després, però, cap a mitjan s. XVIII, les inundacions sovintejaren molt més.³

Els neerlandesos, a partir del s. XV, començaren a defensar l'agricultura i llurs ciutats de les inundacions. Ho feren mitjançant els dics, darrere dels quals visqueren emparats però mai refiats. Uns eren marítims, d'altres, però, feien créixer les *levées* fluvials. Així varen néixer les grans ciutats i els *polders*, depressions inundables i closes pels dics.

La situació hidrogràfica i morfològica als Països Baixos, a partir del s. XV, es va anar malmetent d'una manera progressiva i irreversible. Els dics protectors trencaren l'aportació de sediments amb els quals la natura, però no l'home, podia competir amb la subsidència regional.

Tots aquests fets remarcables han conduït a una inversió del relleu, a la formació d'uns Països Baixos. En conseqüència, els dics de defensa han hagut de créixer amb els anys. Eren de 4,2 m al s. XVI: de 4,8 m l'any 1717: de 5,4 m el 1825; i de 6,0 m el 1924 (dades del Dòllard). Els dics de la xarxa fluvial també han hagut de créixer artificialment. Hi ha dics vius a Zeelanda que tenen més de 9 m per damunt el nivell d'Amsterdam. El país s'enfonsa a raó de 30 cm/100 anys (quan a la resta del món els mareògrafs enregistren una mitjana de només 12 cm per segle).

Les inundacions del 1r de febrer de 1953 foren la catàstrofe més recent. Es va combi-

3. La recerca de les transgressions o regressions d'ordre decimètric basat en la freqüència i l'amplitud de les inundacions marines dona bons resultats en llocs com les ciutats holandeses i Venècia, o també a les salines de mar, en les quals hom disposa de bons nivells de referència. Es tracta d'establir històricament aquestes incidències. La major freqüència d'inundacions representa un període d'aigües altes, i viceversa.

nar una marea viva amb un temporal a la Mar del Nord. El vent huracanat del nord va produir un corrent d'impulsió («*wind driven*») que amb la marea va fer pujar el nivell marí de 6 a 9 m. Els dos efectes es varen sumar i provocaren la calamitat a Zeelanda; a Frísia, per contra, s'hi varen restar.

La resposta holandesa a aquest repte ha estat lenta. Un pla a llarg termini que, regit per raons d'economia d'esforç en aquesta lluita, ha fet reduir la llargada del litoral mitjançant la construcció de grans dics de clausura als braços zeelandesos: el 1840 la costa era de 1.150 milles marines, el 1932 de 840, el 1952 de 800, el 1985 només d'unes 400.

Hi ha dos països: Holanda i Bangla Desh, establerts en dos deltes de marea, tots dos amb un alt risc catastròfic, però amb nivells culturals i amb un desenvolupament tècnic totalment oposats. Els processos geològics, meteorològics i hidrogràfics, són geogràficament paral·lelitzables, tot i que en el segon cas l'antropització no s'hi ha deixat sentir.

Venècia, al delta del Po

Heus ací un altre ambient deltaic en situació crítica. En aquest cas, però, no fem referència a tot un delta, com és el cas holandès, sinó a una parcel·la ocupada per una ciutat monumental molt antiga, Venècia, emplaçada en una llacuna salada del delta del Po. Ningú no dubta que la ciutat es troba en una situació de deteriorament creixent provocat per diversos factors. Es tracta d'un delta, al fons de l'Adriàtic, que no sobresurt de la costa i que és, però, un dels més importants de la Mediterrània. Hi ha enregistrades velocitats de subsidència molt fortes a les sèries neògenes estudiades pels petroliers.

Venècia fou construïda (s. v dC) sobre puntals de fusta clavats en sediments inestables en unes aigües sotmeses a marees i tempestats. La modernització i la industrialització, l'obertura de grans canals per a la nave-

gació acreixeren els riscos de degradació de la ciutat, efectes que s'associen a la contaminació, química i biològica, a l'eutrofització, a la manca de clavegueram, a l'aire embrutit amb SO₂. Tot plegat són factors que degraden els maons, la pedra noble i els puntals de fusta amb què és construïda la ciutat.

Ací només esmentem els efectes més geològics. Segons GHETTI *et al.* (1983), els efectes combinats de la subsidència i de l'elevació eustàtica actuals, mesurats als mareògrafs de la ciutat com a nivell mitjà del nivell de la mar, és d'uns 25 cm en 80 anys (o sia 31 cm/100 a). Encara més, als efectes suara esmentats cal afegir-hi el de les *acque alte*, que són la combinació de les marees astronòmiques, les marees atmosfèriques (corrents d'impulsió del vent, pressió atmosfèrica) i les d'oscil·lació lliure en un fons de sac com és l'Adriàtic. La plaça de Sant Marc constitueix un bon nivell de referència. Unes *acque alte* extraordinàries s'enregistraren el 4 de novembre de 1966, les quals assoliren la cota d'1,94 m sobre el nivell normal. Tingueren un efecte catastròfic, pràcticament tota la ciutat vella va quedar inundada. Hom ha fet càlculs del període de retorn, d'acord amb una classificació per desnivells.

A Venècia volen protegir la ciutat mitjançant uns dics de defensa amb «escluses» i d'altres obres que, al capdavant, podran ser una solució, potser tardana, molt onerosa i mai definitiva. L'àrea a salvaguardar, però, és minúscula comparada amb l'holandesa.

El delta de l'Ebre

L'experiència holandesa i d'altres deltes repassada breument a l'apartat anterior, pot fer més entenedor el conjunt de problemes que presenta l'actual delta de l'Ebre i, globalment, del nostre litoral. N'hi ha alguns de naturals, els més greus, però, són provocats per la intervenció antròpica.

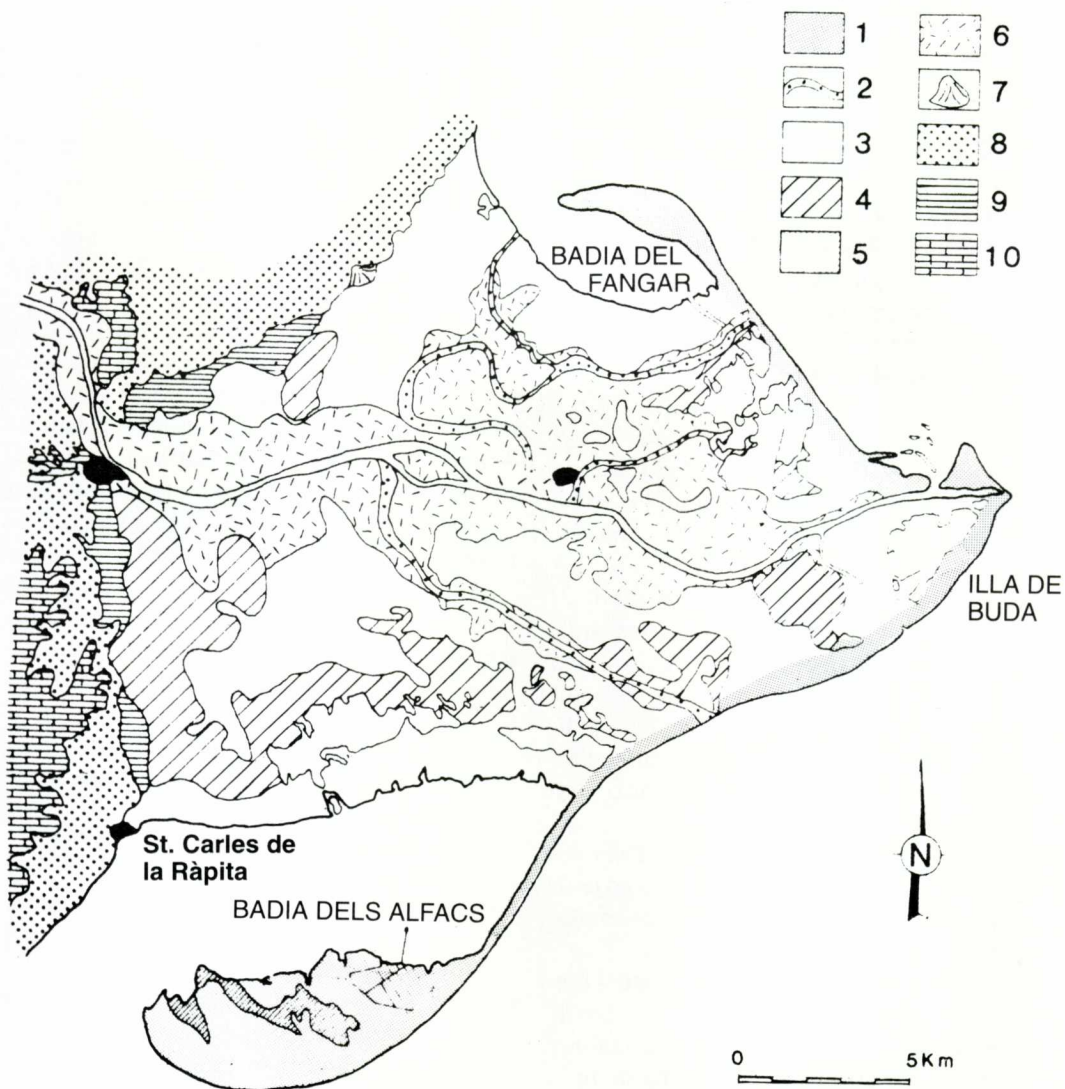


Fig. 3. Ambients sedimentaris al delta de l'Ebre. 1: ambients fluviomarins i holomarins. 2: distributari abandonat. 3: ambient de llacuna actual. 4: ambient de maresma («marsh») d'aigua dolça o salabrosa. Plataforma sorrenca («sand flat») inundada permanentment. 6: Mota fluvial («natural levee»). 7: ventall al·luvial. 8: Pleistocè, fanglomerats calcaris. 9: Pleistocè, grava fluvials poligèniques. 10: Mesozoic (especialment calcàries). MALDONADO i RIBA (1971).

Sedimentary environments on the Ebre Delta plain. 1: Fluvio-marine and holomarine environments. 2: Abandoned channel and distributaries. 3: Present lacustrine environments. 4: Lacustrine fill environments with fresh and fresh-brackish water marshes. 5: Sand flats permanently inundated. 6: Natural levees. 7: Fluvial fans. 8: Conglomerates and a Pleistocene platform. 9: Pleistocene polygenic fluvial gravel deposits. 10: Calcareous Mesozoic. (MALDONADO & RIBA, 1971).

L'Ebre té un delta⁴ (Fig. 3) desenvolupat en una costa rectilínia, pràcticament sense mares astronòmiques i, per contra, força batuda per les onades. La zona emergida mesura uns 320 km². És un delta geogràficament i genètica emparentat amb el del Roine. És pobre en distributaris. L'acció de les ones i dels corrents que s'hi engendren fa que els lòbuls dèltics siguin bastant arrodonits i la plana del delta esdevingui molt ampla. Topogràficament, les altituds no depassen els 3 m sobre el nivell de la mar en algun muntell o duna de tipus barkhana.

El nostre delta té a banda i banda de la gola principal dues fletxes de sorra: el Fangar i els Afacs, que són alimentades amb els aportaments fluvials sorrencs que les fan créixer. Aquest mecanisme sedimentari fa que les fletxes hagin anat guanyant en extensió i, alhora, anellen petites badies marines amb tendència a convertir-les en estanys. Això és causat per la redistribució marina dels sediments partint de la gola del riu. Aquests sediments són enduts per dos corrents de deriva litoral divergents, l'un cap el NW, l'altre cap al SW.

JIMÉNEZ *et al.* (1991) han calculat els volums d'aquest transport, que avui dia és deficitari per tal de mantenir l'equilibri del delta. (Fig. 4).

El cas de la banya del Fangar és ben il·lustratiu: els sediments són conduïts pel corrent de deriva litoral, a raó d'uns 120.000 m³ per any, i han fet créixer longitudinalment la fletxa del Fangar uns 3.000 m en direcció a l'Ampolla entre els anys 1813 i 1967 (Fig. 5). Aquest creixement, però, s'ha esmorteït d'uns anys ençà. És frenat, en certa manera,

per dos factors molt importants. De primer hi ha la deflació eòlica. El vent sec i fort de mestral (del NW) s'enduu la sorra cap el sud-est creant un rosari de dunes de tipus estrellada o semilunar (barkhanes), són els «muntells» de la gent del país, el qual forma un cordó que s'estén fins a la gola actual de l'Ebre. És a dir, aquest flux eòlic de sorra fa retornar en gran mesura aquest material sorrenc cap al seu origen. (Fig. 3).

En segon lloc, aquí intervé un altre factor molt important: l'onatge de les tempestes de gregal (vents huracanats del nord-est) assalta tota la costa dèltica que mira en aquesta direcció, és a dir, tot el segment que va de la gola de l'Ebre fins a la Punta del Fangar. Les onades duen una empenta tan forta que fa saltar l'aigua per damunt la platja i escombrar tota la Banya del Fangar. Les dunes, de cop, són destruïdes i arranades com si haguessin estat dallades. La sorra és transportada al Port del Fangar i resedimentada en aigües tranquil·les. La badia, que de fet té ben poca fondària, va essent reblerta d'una manera progressiva i estable. Aquest assalt dels temporals és un fenomen que els pescadors de l'Ebre anomenen «marea» (en anglès *overwash*).

Seguint el mateix mecanisme, l'aigua salada també és conduïda terra endins, hi alimenta els estanys costaners i en modifica l'ecologia. Al seu torn, les barres de la gola del riu són retreballades pel temporal (RIERA, 1991). L'aigua marina ingressa al buc fluvial (que té fondàries fins a 6 m, molt més pregones que al front deltaic) i hi crea, a causa de la major densitat, un tascó marí, com si es tractés d'un estuari. Aquesta llengua d'aigua salada pot arribar fins a prop de Tortosa i fa que el riu ofereixi una bona pesca marina.

El fenomen de la «marea» o *overwash* també pot ser produït pels temporals de xaloc (del sud-est). En aquestes ocasions és el Trabucador la part del delta que els rep amb més violència. Les onades renten de dret

4. Hi ha diversos estudis sobre el desenvolupament i la sedimentologia del delta de l'Ebre. Cal esmentar un dels més antics, el de FAURA & SANS (1923), i de més moderns com el de MALDONADO & RIBA (1971), la tesina de J. SERRA (1971); i la tesi de MALDONADO (1972), i els treballs subsegüents del mateix autor: (1975a i b, 1977, 1983, 1986); MALDONADO, RIBA & SERRA (1975); els tres fulls del Mapa Geològic de España 1:50.000 d'«Alcanar» (1974), «Tortosa» (1979) i «Buda» (1980) (IGME).

aquest llarg cordó de platja, hi obren portes, o trencs, tallant-lo en segments. Cap a la banda de terra, la sorra remoguda per aquestes escomeses marines roman acumulada en uns subdeltos submergits en part que també, com en el Fangar, tendeixen a reblir de sorra la badia dels Alfacs. Fa poc, l'any 1991, els danys foren molt seriosos, la «mareia» havia tallat el camí de les salines. Sense permís oficial, calgué tapar a corre-cuita els trencs amb unes quantes camionades de sorra.

En el transcurs dels darrers segles, segons els registres cartogràfics a l'abast, el delta ha tingut fesomies molt canviants (MALDONADO, 1986). El riu ha tingut diversos distributaris que, en ser abandonats successivament, esdevenen de primer uns estanys longilinis que després, a poc a poc, es rebleixen de sediments fins. La gola abandonada, aleshores, retrograda a causa de l'erosió marina. Així, abans del segle XVII funcionava un distributari (l'anomenat Riet, ara convertit en una sèquia) dirigit vers el sud-est que desguassava entre la Tancada i la urbanització dels Eucaliptus, formant un lòbul sobresortint, avui desaparegut. Més tard, la difluència es dirigí cap al nord-est, a partir de l'Illa de Gràcia, fins al Canal Vell, fou un distributari actiu durant els segles XVII i XVIII. D'aquell lòbul, gairebé no en queda res, només hi ha la part submergida del lòbul, perceptible en el mapa d'isòbates i una formació sedimentària a la platja en procés d'erosió. A partir del s. XVIII el lòbul oriental continuà creixent fins a atènyer el màxim d'expansió cap a l'any 1937.

El darrer esdeveniment important, el d'un «trenc a la mota» (o *crevasse de levée*), s'escaigué al delta de l'Ebre l'any 1937 en produir-se una gran riuada. S'hi va crear una nova gola, més pròxima al trenc i, a partir d'aquesta incidència, el riu va quedar desviat cap al nord. En conseqüència, la Gola de Llevant (el cap de Tortosa) d'aleshores ençà va deixar d'ésser funcional i ha retrocedit

uns 2.000 m des de 1946 a 1992. A la boca activa, per contra, s'han creat nous «alfacs» o «barres frontals» que prograden ràpidament mar enfora, cap al nord-est, i hi creen un nou lòbul. L'illa de Sant Antoni, creada per la difluència o trenc d'aquella revinguda, va créixer aleshores cap al nord i, ensem, va ésser anellada a l'illa de Buda en dos llocs diferents: a la platja i, per un tap sorrenc, a la riba dreta del riu. La gola de Migjorn roman poc activa, el braç de riu que l'alimenta roman artificialment estancat, ja que els propietaris de l'illa de Buda volien conservar el caire insular de la reserva de caça.

Els problemes actuals del delta de l'Ebre

Segles enrere l'Ebre va engrandir ràpidament el seu delta. Les cartografies antigues, tot i ésser molt imprecises, ho testimonien. Diversos factors, com la desforestació, l'extensió dels conreus, hi contribuïren poderosament amb els sediments que lliuraven al riu. Emperò, els mals actuals començaren a produir-se amb la frenada o laminació de les revingudes estacionals corresponents a les pluges de tardor i al desglaç de fi de primavera. Els embassaments de capçalera han contribuït amb gran eficàcia a aquesta regularització dels cabals, però encara han estat molt més greus les conseqüències de la construcció dels embassaments del curs inferior. Una primera construcció fou la de Flix (1945), després s'escaigué la de Mequinensa (de 1957 a 1964) i, per finir, la de Riba-roja (de 1965 a 1969). Aquests darrers retenen la càrrega sòlida de fons i per decantació els cabals sòlids en suspensió.

La gran alimentació sedimentària feia créixer el delta mar enfora o, si més no, mantenia l'equilibri de la lluita contra els agents destructors de la mar. A més a més, s'ha per-

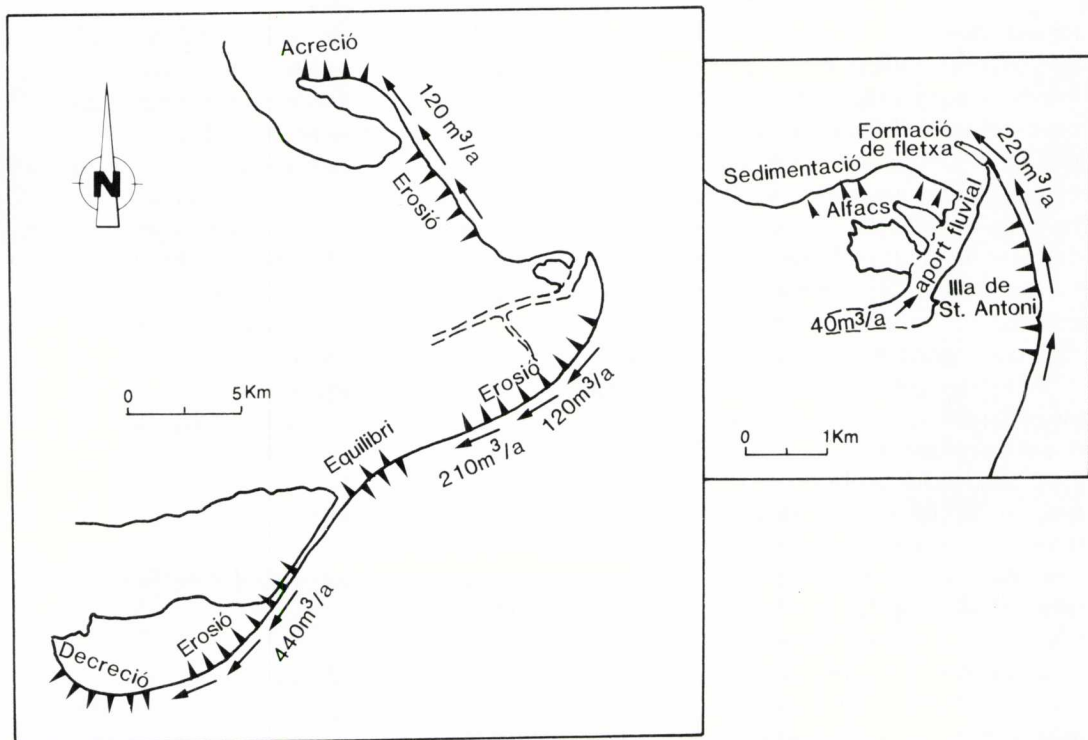


FIG. 4. Quantificació del balanç sedimentari actual al delta de l'Ebre, JIMÉNEZ *et al.* (1991). El transport hi és expressat en milers de m³.

Sedimentary balance of the present Ebro Delta shoreline, quantified by sediment alongshore transport in thousands of m³, (from JIMÉNEZ *et al.* 1991).

dut una gran part de la massa de llims i de sorra que durant les inundacions periòdiques eren repartits per la plana deltaica i l'anaven cobrint episòdicament amb un gruix que compensava els efectes poc perceptibles de la subsidència. A petita escala és el mateix procés enregistrat al Nil amb la presa d'Assuan i també al Roine, amb els «aménagements» del seu curs mitjà. Com a Holanda, a Egipte i als altres rius catalans (Llobregat, Besòs, Ter, Fluvià, etc.) l'equilibri dinàmic del delta s'ha alterat per una causa humana. Les seves costes es degraden o retrograden, per l'efecte combinat dels factors ja esmentats:

1. La minva d'aportaments sedimentaris i de cabals líquids.
2. L'efecte destructiu de l'onatge dels temporals marins.
3. La subsidència.
4. L'elevació progressiva del nivell de la mar (eustatisme).

La retenció de sediments pel complex d'embassaments, construïts entre 1945 i 1969, pot haver representat un 97,3% dels aportaments sòlids (càrrega de fons i suspensions) conduïts al delta abans de les obres hidràuliques (segons VARELA *et al.*, 1986). GOT *et al.* (1990) fan una avaluació

semblant per al Roine actual que ve a ésser d'un 5% de la càrrega que transportava en el segle XIX.

Ha estat fet un balanç sedimentari de la càrrega de fons transportada, en tones/any (GUILLEN *et al.*, en premsa):

Principi s. XX	400.000 a	2.000.000 Tn/a
Abans de 1970	40.000 a	200.000 Tn/a
1988	1.600 a	33.000 Tn/a

La detracció del cabal líquid de l'Ebre també incideix fortament en el sosteniment del delta. El delta necessita molta d'aigua per a fer front a la salinització superficial i a la intrusió del tascó d'aigua marina i, no cal dir, als arrossars. El nivell freàtic al delta és molt som. A la Banya del Fangar l'aigua salanca es troba només a uns 20 cm de fondària.

Hom ha fet moltes consideracions especulatives sobre l'aigua dolça que es perd a la mar, en tota mena de publicacions, exposicions i col·loquis (MILAGRO, 1989). Tarragona ja té un cabal important. Barcelona també cobeja tenir-ne una part important. El deler és frenat, però, pels aragonesos, que reivindiquen un cabal per a sadollar els regadius promesos i encara no acompanyats. És un cabal potencial que els aragonesos no volen veure hipotecat per una Barcelona insatisfeta d'aigua. Un canal, Xerta-Calig, no enllestit, havia de regar els camps del Pla de la Galera, fins més enllà de la Sènia. Per tal de fer-ne un bon repartiment caldria fer, en primer lloc, una estimació generosa de tota l'aigua que ha de menester l'equilibri dinàmic del delta, per al conreu del delta, per fer front a la salinització, o a l'evapotranspiració, etc. I, a més d'això, caldria fer una valoració del cabal sòlid que representaria la matèria en suspensió que duen ordinàriament les aigües fluvials i el volum de la càrrega sorrenca de fons.

Els primers resultats de l'estimació són realment decebedors i reflecteixen, sense

cap dubte, la degradació progressiva que sofreix el delta. Però no a tot arreu això s'esdevé d'una manera uniforme; l'estudi topogràfic de les costes deltaïques ha demostrat, mitjançant l'ús comparatiu de les fotografies aèries preses en moments diferents, que a la costa hi ha sectors erosius i sectors amb un petit acreixement sedimentari. Hom no dubta que el delta de l'Ebre ha començat a sentir els efectes de l'erosió costanera. Diversos equips d'investigació hi treballen (vegeu el «Programa integrat de recerca i desenvolupament del Delta de l'Ebre, PIRDDE», presentat per la CIRIT, 1991). La costa enfrontada a les tempestes marines està en retrogradació, és a dir, que s'erosiona. La relació ve a ésser aproximadament de 75% a 25%. En primer lloc, són erosives, amb un fort retrocés, l'antiga gola o punta del Cap de Tortosa i, més moderadament, els sectors de platja des d'aquest punt fins a la Tancada i al Canal Vell. Per contra, hi ha sedimentació activa a la gola Nord, i molt més moderada a la Banya del Fangar i a la part extrema de la fletxa dels Alfacs, llocs on avança una mica i on són trameses pel corrent litoral les sorres procedents de la costa que és erosionada. El Trabucador ha romàs fins ara força estable, només es desplaça cap a ponent al ritme d'un metre o poc més per any.⁵

5. No podem, per manca d'espai, tractar dels deltes del Llobregat i de la Tordera. MILAGRO (*Espais*, núm. 8: 14-17, 1987) exposa que el Llobregat té un sector pròxim a la gola del riu on ha estat verificada una gran regressió amb una pèrdua global de 226 m, de 1947 a 1984, del port fins a la llacuna de l'Illa, un sector intermediari d'equilibri, un sector de progressió o guany a la mar a les platges de Castelldefels. Al delta de la Tordera, s'enregistra un procés semblant: un retreballament erosiu dels lòbuls deltaïcs amb esmorteïment del bec format a la gola i un lleuger acreixement de la platja del sector de sotavent. Aquests resultats eren d'esperar: la mar, en un delta en retrocés, s'enduu, per deriva litoral, els materials de la punta cap als extrems; el mateix efecte ja ha estat ressenyat per a les puntes del Fangar i dels Alfacs, al delta de l'Ebre.

La pressió humana al delta

El delta de l'Ebre era molt poc poblat a principi del segle XX. Era fàcilment inundable i a més insalubre per mor de les febres endèmiques. L'expansió dels arrossars amb la posada en regadiu dels canals i les sèquies del delta (canal de la Dreta, 1870; canal de l'Esquerra, 1908) va romandre estabilitzada ben bé mig segle. Decennis més tard vingueren els tècnics de l'Instituto Nacional de Colonización que «sanejaren» aquell àmbit amb uns onerosos projectes de dessecaments que havien de permetre el conreu de les hortalisses, la construcció de nous poblats (com el Poblenu del Delta, 1970), amb això, les vies d'accés foren asfaltades, etc. Tot plegat féu, en pocs anys, progressar la colonització humana en aquella planura immensa.

Seguidament, el turisme començà a instal·lar-s'hi. Nasqueren urbanitzacions amb noms castellans com «Los Eucaliptus» i «Rfomar». Aquesta darrera, emplaçada a l'esquerra de la Gola Nord, és un exemple palpable d'allò que no s'hauria hagut d'haver fet mai.

La *febre urbanitzadora*, però, no cessa. Hom ha volgut, per exemple, promoure una urbanització a la Banya del Fangar. Una altra d'enorme a la península dels Alfacs que havia d'encabir 65.000 estiuejants! Cap, per sort, no va prosperar. Ara una altra (1991), promocionada per un equip francès, vol fer una marina, per a quatre mil estadants prop del Canal Vell, la qual ja té el vist-i-plau municipal.

Tothom està d'acord que les ribes del delta, en general, sofreixen una regressió. Per fer-hi front, han estat projectades diverses obres, associades a les de «sanejament» i de conversió agrícola dels conreus d'arròs en camps hortícoles que, per sort, no s'han executat. Recordem un projecte de fa uns anys que consistia a protegir les costes mitjançant

la construcció d'un dic de contenció que, amb blocs de pedra, havia d'envoltar tot el delta, semblantment a allò que s'ha fet al Maresme per protegir el ferrocarril de l'embat de les ones i, a més a més, instal·lar-hi unes bombes que aboquessin a la mar l'aigua salada subjacent.

El Trabucador ja té un projecte per a fer front al fenomen de les «marees» que tant van perjudicar-lo l'any 1991. Tot consisteix a construir un terraplè de sorra d'uns 2 m d'alt al llarg de l'istme, de 6 km, amb sorra arrencada per succió del port dels Alfacs. Ningú no sap, però, si la construcció projectada tindrà una vida tan efímera com les regeneracions de les platges del Maresme.

Possibles actuacions

El delta de l'Ebre ha entrat en crisi. El dany comença a manifestar-se. Però com que encara fa massa poc que han estat fetes les grans preses del baix Ebre, Mequinensa i Riba-roja (1957-1969), els efectes de la detracció de sediments, no s'han deixat sentir amb tota la magnitud. S'ha vist més amunt com el cabal sòlid ha minvat d'una manera considerable.

El delta té un equilibri dinàmic molt variable i molt trencadís. Quan els aportaments sòlids fluvials dominen l'acció destructiva i dispersora de l'onatge, l'edifici deltaic progressa, canvia i s'expandeix. Quan disminueixen, és la ruïna. Si el delta, a més, és dessecat, els seus dipòsits superficials es compacten i fan baixar el nivell de la plataforma deltaica perquè ja no reben els llims que compensaven la subsidència. En fi, que si no s'hi fa res, els 320 quilòmetres quadrats es veuran progressivament envaïts i negats per les aigües marines.

La pregunta que col·lectivament ens fem és: deixarà el nostre país, d'una manera pas-

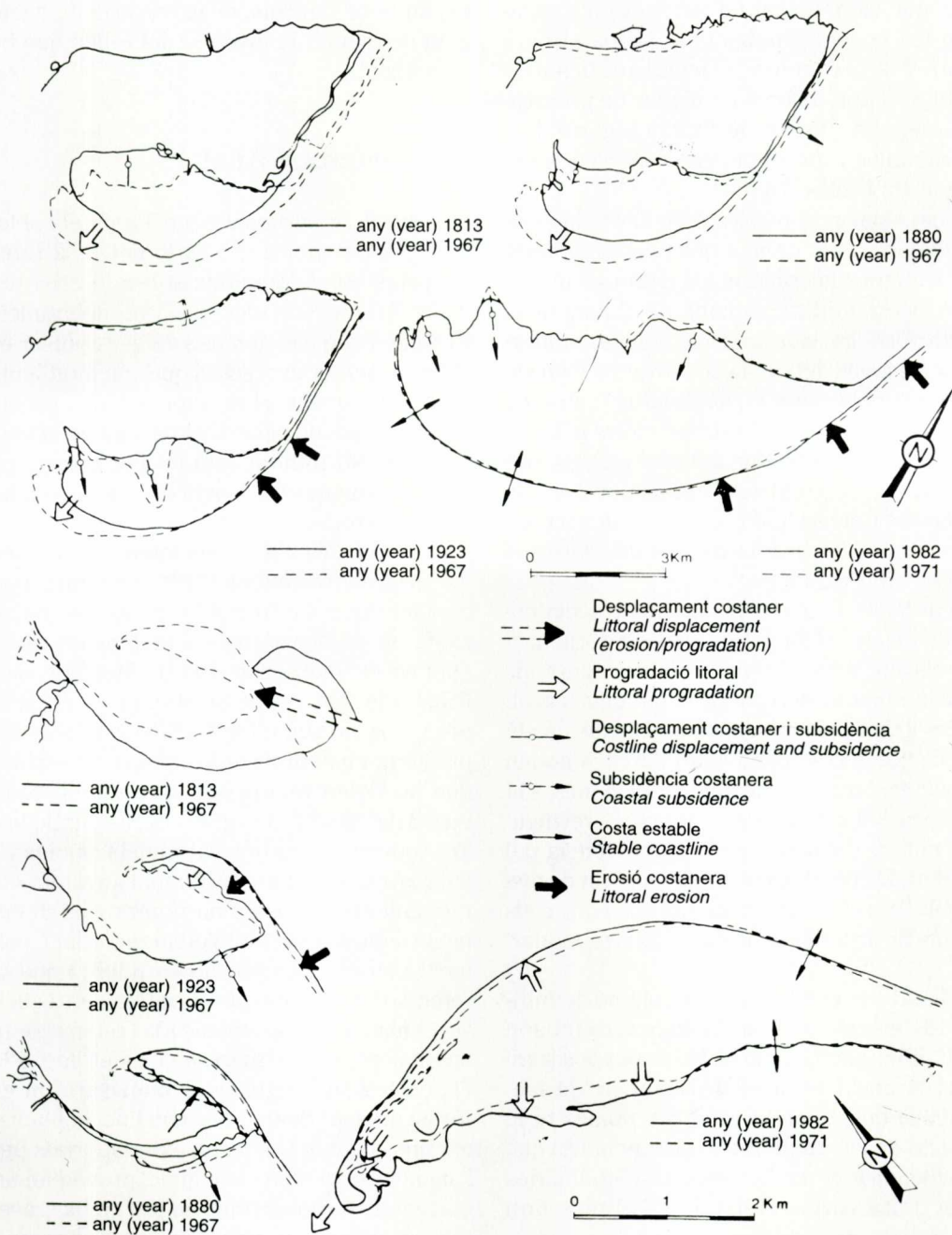


FIG. 5. Evolució de les fletxes del delta de l'Ebre durant els darrers cent anys, MALDONADO (1986).

Main evolutionary pattern of the Ebro Delta spits, from 1813 to 1982.

siva, que es perdi tot un territori i n'amagarem les conseqüències com si fos el baix ventre? o, per contra, reaccionarà ficant-se en una espiral d'obres públiques de progressió creixent, diríem de funció logarítmica, inacabables i dispendioses, com s'ha esdevingut als Països Baixos?

Han estat proposades diverses solucions pràctiques, però creiem que poc meditades, per exemple: la construcció d'una escullera, com ha estat dit més amunt, tot al llarg de la costa del delta; la instal·lació d'unes comportes a les goles del riu; la construcció d'un espigó a la gola (amb quina finalitat?) amb *by pass*; la construcció d'espigons a les platges; la regeneració amb sorra de les platges, per exemple, a la barra del Trabucador. Són remeis cars i, sense dubte, de poca eficàcia i de termini molt breu. A les platges del Maresme n'hi ha bons exemples⁶...

Pot haver-hi una proposta intermèdia entre un extrem i l'altre. Per què no retornem al riu els dipòsits sedimentaris retinguts als embassaments, deixant-los anar aigües avall de les grans preses? Unes bombes de succió i unes conduccions no gaire llargues poden deixar els fangs més avall de Flix; a més, s'hi provocarien deliberadament petites revingudes per tal d'augmentar la competència del corrent. L'Ebre ja faria la feina restant de distribuir-los i de lluitar, com fins ara, contra els agents destructius de la mar. Cal reflexionar-hi.

No creiem que hi hagi una solució definitiva. Els efectes negatius a llarg termini són molt difícils de combatre. No es pot posar fre ni a l'ascensió del nivell de la mar, ni a la subsidència que, com ha estat dit, només té la solució de la compensació sedimentària que provoquen les inundacions consuetudinàries d'un delta verge. Holanda és el més bon

exemple de l'antropització i de la degradació d'un delta amb la inversió del relleu que ha comportat.

Un comentari final

Per finir, voldríem dir que durant el col·loqui de l'Assemblea del març del 1992 totes aquestes consideracions sobre la crisi del delta foren escoltades, però no debatudes. El vici en què caiem molts geòlegs potser és el de presentar processos que són molt lents i, particularment, el de raonar a una escala temporal que ultrapassa el termini de la vida humana. No tothom està fet per valorar-ne les conseqüències i menys encara els qui ho polititzen tot!

Hi ha, a més a més, els interessos creats. Va sorprendre realment el comentari d'un assistent que va dir públicament que no se sabia on podien raure els sediments retinguts en els embassaments de Mequinensa i Riba-roja. En veure la planxa va aclarir, però, que no era ell qui s'havia fet aquesta pregunta i que hi ha autoritats responsables que no volen reconèixer la retenció sedimentària en aquestes grans obres públiques. Tot sembla que és una ignorància calculada. Una afirmació tan contundent invalida els raonaments exposats en nombrosos documents editats i inèdits! Volem recordar (realment calgué contestar-ho en públic) que la retenció dels sediments que afluïxen a qualsevol massa d'aigua estancada (estany o embassament) es produeix, en primer lloc, a la capçalera on desguassa l'immissari, on es forma un petit delta. En segon lloc, hi pot haver uns sediments que, en ésser aportats per l'aigua tèrbola d'una avinguda, provoquin un corrent de terbolesa que, empès per la gravetat, pot atènyer la presa de l'embassament. En tercer lloc, hi ha els sediments fins que per decantació es dipositen a qualsevol banda sota l'aigua embassada.

6. Vegeu-ho en algunes publicacions modernes: GELONCH, (1989) NOVOA (1990), SERRA *et al.* (1989), SORRIBAS (1991), DIAZ *et al.* (1990).

Bibliografia

A més d'algunes citacions fetes en el text, cal esmentar, d'una manera particular, alguns treballs actuals on són plantejats els problemes de la regressió deltaica i de platges.

- AUSTIN, R. M. (1991). «Modelling holocene tides on the NW European continentals shelf». *Terra Nova* 3: 278.
- BOOTH, W. (1991). «Global warming continues, but cause is uncertain». *Episodes* 14/1: 82-84.
- CIRIT (1991). «Programa integrat de recerca i desenvolupament del Delta de l'Ebre "PIRDDE" (exemplar en llengua espanyola, qualificat de "confidencial" i lliurat a les Seccions de Ciències de l'I.E.C.).
- CODINA, J. (1991). «Un poble enmig del riu». *Treballs Soc. Cat. Geogr.* 31: 67-69.
- DÍAZ, J. I. & MALDONADO, A. (1990). «Transgressive sand bodies on the Maresme continental shelf, Western Mediterranean Sea». *Marine Geology*, 91: 53-72.
- GELONCH, G. (1989). «Una realitat del Maresme: ports esportius i regeneració de platges» *Espais*, juliol-agost: 31-34.
- GHETTI, A. & BATISSE, M. (1983). «La protección de Venecia y su laguna». *La naturaleza y sus recursos*, 19/4: 7-18.
- GOT, H. & ALOÍSI, J. C. (1990). «The holocene sedimentation on the Gulf of Lions margin: a quantitative approach». *Continental Shelf Research*, 10/9-11: 841-855.
- GULLÉN, J., CAMP, J. & DÍAZ, J. L. (1989). «Análisis y propuesta de soluciones para estabilizar el delta del Ebro. Resultados preliminares sobre la valoración del transporte de sedimentos como carga de fondo en el curso del Bajo Ebro a partir de la utilización de ecuaciones empíricas». *Laborat. d'Enginy. Marítima. Univ. Politècnica de Barcelona*.
- GULLÉN, J. & DÍAZ, J. (1990): «Elementos morfológicos en la zona litoral: ejemplos en el delta del Ebro». *Sci. Mar.* 54/4: 359-373.
- GULLÉN, J., DÍAZ, J. L. & PALANQUES, A. (en premsa). «Cuantificación y evolución durante el s. XX de los aportes de sedimentos transportados como carga de fondo por el río Ebro al medio marino». *Direcc. Gral. de Ports i Costes*. (treb. en curs). «Análisis y propuesta de soluciones para estabilizar el delta del Ebro».
- JIMÉNEZ, J. A., SÁNCHEZ, A., ASCE, M., GARCÍA, M.A., VAN OVEREEM, J. & MALDONADO, A. (1991). «The Ebro Project: a first sediment budget». *Coastal Sediments '91. Publ. Am. Soc. Civil Eng. Seattle*, 6-91.
- MALDONADO, A. (1986). «Sedimentary environments and evolution of the Ebro delta». *Thalassa* 4/1: 151-161.
- MARINAS, J. & TEJEDOR, L. (1986). «Dinámica sedimentaria y evolución litoral reciente del delta del Ebro». El sistema integrado del Ebro: cuenca, delta y medio marino. *Gráficas Hermes*, 157-202, Madrid.
- MILAGRO, J. M. (1989). «Colossal desaprovechamiento de la agua de l'Ebre». *Espais*, 18: 12-19.
- NOVOA RODRÍGUEZ, J. M. (1990). «La gestión de las costas de Barcelona». (El Litoral II). *Rev. O.P.*, 18:4-21.
- PALANQUES, A., GULLÉN, J. & CAMP, J. (1990). «The effects of damming and recent climatic changes on sediment and water discharge of the Ebro River. (Northwestern Mediterranean)». *XXXIInd Congress and Plenary Assembly of I.C.S.E.M. Perpignan*.
- PALANQUES, A., PLANA, F. & MALDONADO, A. (1990). «Recent influence of man on the Ebro margin sedimentation system, north-western Mediterranean Sea». *Marine Geology*, 95: 247-263.
- PILKEY, O. H. (1991). «Coastal erosion». *Episodes* 14/46-51, 1991.
- RIBA, O. (1954). «Las inundaciones marinas del 1º de Febrero de 1953 en los Países Bajos». *Est. Geogr.*, 15/56: 379-413. Madrid.
- RIERA I MORA, G. (1991). «Evolució recent de la desembocadura de l'Ebre a partir de l'anàlisi batimorfològica». Tesi de Llicenciatura. Fac. Geol. Univ. Barcelona.
- SERRA, A., CALAFAT, A. i CANALS, M. (1989). «Dinámica sedimentaria de una costa subalimentada, respuesta a la regeneración artificial». *XII Congr. de Sedimentol. Bilbao. Simposios*, 239-347.
- SORRIBAS, J. (1991). «Dinàmica litoral del Baix Maresme: processos i quantificació». Tesi de Llicenciatura. Fac. Geol. Barcelona (UB).
- STANLEY, D. J. (1992). «Will the Nile Delta sink into the sea?». *National Geographic*, vol. 181/2.
- VARELA, J. M., GALLARDO, A. & LÓPEZ, A. (1986). «Retención de sólidos por los embalses de Mequinenza y Ribarroja: efectos sobre los aportes del Delta del Ebro». El sistema integrado del Ebro: cuenca, delta y medio marino. *Gráficas Hermes*, 203-219, Madrid.
- VERDAGUER, A., CANALS, M. i SERRA, J. (1985). «L'interacción fluvial y de mar en el curso inferior de l'Ebre». *Rapp. Comm. Int. Mer Méditerranéenne*.