

Dinàmica de les costes i actuació antròpica*

Oriol RIBA i ARDERIU

Membre de l'Institut d'Estudis Catalans

Generalitats

La perifèria dels continents i de les illes ha atret sempre la població humana. Són molts els factors que intervenen en aquesta aflluència de l'home cap a la perifèria terrestre: el clima, generalment suau i humit, i les terres al·luvials costaneres, molt fèrtils, són factors naturals dels quals l'home s'ha beneficiat sempre. A més, però, hi ha la pesca, el comerç i la facilitat de les comunicacions per via marítima, el turisme. Les colonitzacions sempre s'han fet a partir de les costes i en direcció a l'interior. A la nostra Península aquest fet hi és ben manifest.

La Llei de costes

No ens pot sorprendre, doncs, que l'antropització de les costes, en general, hagi estat, i continuï essent, molt forta. I que, no fa gaire, l'Estat espanyol, hagi regulat aquesta incidència mitjançant una llei d'àmbit estatal: la «Llei de Costes» del 1988, segons la qual el litoral és un bé comú que cal protegir i delimitar.

Ara bé, aquesta llei espanyola defineix el litoral, el «domini públic marítimo-terrestre» d'una manera força imprecisa i, a la llarga, potser provocarà algun contenciós. Defineix allò que és la «ribera de mar» i les «rías» i el «domini marítimo-terrestre» entre les línies geogràfiques de la baixamar, d'aigües mortes, i la plenamar de sizígia. A continuació, però, hi afegeix que aquest límit superior abasta tota la zona costanera batuda per les onades de tempesta, les platges i les llacunes o albuferes, les mars interiors (com la Mar Menor) les plataformes mareals, els estuaris i totes aquelles zones on arribi el flux de les mareas, els penya-segats, els illots, els terrenys guanyats a la mar (ex. la Barceloneta)

o que han estat envaïts per aquestes aigües, les instal·lacions portuàries construïdes per l'Estat, els camins d'accés a la ribera.

Havent examinat aquesta definició només cal pensar que hi ha a tot el món països sencers que podrien pertànyer al domini marítim-terrestre, exagerant, com els Països Baixos i Bangladesh. Quants pobles hi ha al nostre litoral arraulits a la costa com Cadaqués, l'Escala, Tossa, entre d'altres? I quant de territori en podria ésser afectat com els deltes de l'Ebre, del Guadalquivir o l'Horta valenciana? Hi ha gaire gent que sàpiga que el tascó salí fluvial ultrapassa Amposta? Hi pot ésser contemplat en aquesta llei que el tascó salí subterrani envaeix grans extensions de terres a vora mar? Realment, fa basarda aquesta indefinició legal.

El litoral en general

A la zona costanera de platja hi ha diversos subambients morfològics o sedimentaris que hom pot distingir d'acord amb els nivells que assoleixen les marees. A les platges mediterrànies, però, com que aquestes marees gairebé són inexistents (10-20 cm), la platja baixa i la zona intermareal, manquen de fet. Hi ha, però, alteracions del nivell de la mar que afecten fortament les riberes mediterrànies. Per una banda hi ha les *seixes* o *seques* que poden deixar al descobert una zona important de l'*avantplatja* i, per una altra, hi ha les *plenes* o *rissagues* que hom ha observat, per exemple, als ports menorquins. Malgrat això, hi ha d'altres fenòmens no mareals que, com a Venècia i, en general, a tots els culs de badia o de golf, es produeixen unes aigües altes provocades pels corrents d'impulsió pel vent, també anomenades *marees de vent*, que atenyen nivells marins realment insospitats (hom n'ha enregistrat de 1,33 m).¹ De vegades, aquest corrent d'impulsió associat a l'onatge de tempesta i a una plenamar pot causar grans danys i alteracions en el domini marítim-terrestre, com s'ha esdevingut fa poc al delta del Ganges-Brahmaputra (maig 1991) i als Països Baixos (1 de febrer de 1953). Val a dir que aquesta incidència tempestuosa de la mar no ha estat tinguda en compte en fer la redacció de la llei esmentada.

Els deltes

Un delta és una àrea geomorfològica molt especial, molt fràgil i de creixement, geològicament parlant, molt ràpid. Deu el seu creixement als aportos sedimentaris d'un curs fluvial, a la gola del qual es diposita una massa sedimentària, amb les capes inclinades (els «*fore sets*» dels anglesos) mar enfora tot formant el *front* i el *talús deltaic* i, a més profunditat, el *prodelta*. Amb aquest mecanisme, la gola del riu prograda i fa guanyar terreny emergit a la mar o a les aigües estancades d'un llac. Al seu torn, el delta, que va creixent, presenta cap al seu interior, una superfície 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.

No cal que un delta sigui considerat com una forma ressortint de la costa, mar enfora, com s'esdevé en els deltes del Nil, del Roine, del Llobregat, de la Tordera i de l'Ebre.

Amb aquest criteri, també són deltes les planures de la platja de Pals (Ter i Daró), de la badia de Roses (Fluvià i Llobregat), de l'Horta valenciana (Xúquer i Túria), la del Tec i de la Tet (Rosselló)² i, per extensió d'aquest concepte, arreu del món són deltes les planes del Tigris-Eufrates, del Po, del Colorado o del Guadalquivir. L'esquema de Gilbert, («*top set*», «*fore set*» i «*bottom set*») és del tot vigent. Els «*foresets*» són els dipòsits inclinats (les «*clinoformes*») que formen el talús deltaic, que el fan progradar i en definitiva n'acrecen l'edifici.

Hom ha fet una classificació bàsica dels deltes segons els factors que regeixen llur desenvolupament. Hi ha deltes que creixen lliurement, com el delta en forma de pota d'ocell del Mississipí; són els deltes dits constructius, de mars sense marees i poc tempestuoses, dels quals és cert que no n'hi ha gaire. La resta dels deltes mundials són afectats per les onades marines i les marees o totes dues coses alhora i, de vegades, cal afegir-hi el vent. Els materials sedimentaris continentals són redistribuïts en arribar a mar per aquests agents. Els deltes de marees són anomenats sovint estuaris. A la costa atlàntica europea, n'hi ha nombrosos exemples: el Guadalquivir, el Tajo, la Gironda, el Sena, l'Elba, el Tàmesi, etc.

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 atènyer el nivell actual i s'hi ha estabilitzat, durant els darrers 3 a 4 mil anys. Pràcticament, l'ascens transgressiu s'ha mogut poc durant la darrera fase de l'Holocèn, però, com veurem, hi ha hagut petites oscil·lacions, que s'han deixat sentir en algunes àrees d'alt risc per tot el que fa a les inundacions.

Així, a una escala cronològica més humana, hi ha hagut una petita transgressió inferior als 6 m entre 4.000 i 2.000 aBP, durant l'anomenada fase Atlàntica, i algunes altres de més petites corresponents dins l'anomenada fase Subatlàntica, durant la qual les oscil·lacions han estat més febles, entre 2.000 aBP i l'actualitat. Els deltes actuals no tenen, per consegüent, gaire més de 4.000 anys d'antiguitat.

Ací 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 dolentes per a la humanitat.

La subsidència

Hi ha un factor, entre d'altres, que cal destacar molt, i és l'anomenada subsidència. Es tracta d'un fenomen d'enfonsament lent i constant que afecta d'una manera molt particular el substrat dels deltes i 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 hi és més acusada. Tots els deltes en pateixen. És per aquesta causa que Venècia sofreix aquesta invasió marina destructora que,

si no hi posen remei, un remei econòmicament molt feixuc, finirà per ésser engolida per la mar. La pujada del nivell de les aigües a la llacuna veneciana és avaluada en uns 23 cm per a la centúria actual. 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. A Venècia volen protegir la ciutat recurrent també a la protecció de l'àrea deltaica ciutadana mitjançant uns dics de defensa amb «escluses» i d'altres obres que podran ser una solució, potser tardana, molt onerosa i mai definitiva.

Gairebé sempre aquesta 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 romangui estable. De manera que, en certa mesura i a l'estat natural, un fenomen compensa l'altre. L'home, però, pot intervenir a trencar aquest equilibri i, en certs indrets, aquesta ruptura ja s'ha manifestat d'una manera esclatant, com veurem tot seguit. O.H. Pilkey (*Episodes* 14/46-51, 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, fenomen en el que, com hem dit, s'uneixen els dos efectes: eustatisme i subsidència.

El delta del Mississipí és molt conegut i molt ben estudiat. Els sediments aportats pel gran riu fan créixer els canals distributaris actius, eixits per difluència prop de la mar, els quals prograden, amb una independència total cadascun, creant una gola distinta. Són els «dits de la pota d'ocell» d'aquell delta. Els distributaris actius, protegits pels dics naturals, (les «levées naturelles», en català «mota» o «mòt»), formen en conjunt un lòbul dèltic. Aquest lòbul prograda cada cop més a poc a 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 crescuda, pot trencar el dic natural i difluir per aquell «trenc»² 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 recents, amb pocs decennis de diferència, demostra l'enorme pèrdua de terra emergida.

L'escalfament climàtic

Hi ha molts autors que admeten el fet de l'escalfament climàtic mundial i la pujada del nivell marí, com a un fet a l'escala planetària. Vegeu-ne la corba de l'ascens eustàtic holocè, potser la més moderna, a R.M. Austin, (*Terra Nova* 3:278, 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, cal ésser molt prudent, malgrat que, sobre aquest punt, la controvèrsia és molt abundant. Hi ha tres punts a discutir: a) En primer lloc, pel que fa a l'admissió de la teoria de l'hivernacle i els seus efectes de rescalfament climàtic manquen més proves. Cal tenir present el poder d'es-

morteïment que poden tenir alguns fenòmens, com l'absorció del CO₂ per les mars i per l'augment de la funció clorofil·lica en absorbir l'excedent de CO₂. L'augment de l'albedo terrestre a causa de la major nuvolitat pot conduir a un 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 (crema de grans masses forestals i dels combustibles fòssils) en sigui la causant. Totes dues coses hi poden ésser considerades. c) En tercer lloc, aquests autors que publiquen gràfics de variacions tèrmiques mitjanes a escala mundial, caldria saber fins a quin punt són admissibles i com les han elaborades (vegeu si més no W. Booth, *Episodes* 14/1:82-84, 1991).

El delta del Nil

Daniel J. Stanley, conegut sedimentòleg de la Smithsonian Institution, ha comunicat fa poc,³ que la detracció de sediments generada per la presa d'Assuan, construïda l'any 1964, ja comença a fer sentir els seus efectes a la franja costanera del delta, la qual a la «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, factor en el que sembla que ell no hi compta. 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, unes 20 milles (32 km aprox.) terra endins, cosa que Stanley representa en un mapa.

La pèrdua de territori deltaic, el cor de l'Egipte mil·lenari, afectaria més d'un milió d'habitants. I, afegeix, que la causa d'aquest efecte desastrós a la plana dèltica rau en la manca, o la minva, dels aports de llims de les inundacions anuals que compensaven, per acreixement vertical, l'incessant descens del substrat geològic. La gran presa esmentada «lamina» les avingudes periòdiques del Nil i en reté l'aigua i els fangs que transportava. No volem discutir ací l'ús que se'n fa, d'aquesta aigua, només voldríem reflexionar si d'aquesta obra «faraònica» moderna, se n'ha tret tot el partit, ara que sorgeixen els primers símptomes d'una «catàstrofe» geològica. Podem preguntar-nos si, als efectes de la supervivència d'un delta, és bona cosa la laminació de les riuades. El termini de 210 anys que proposa Stanley ultrapassa el lapse de temps de diverses generacions humanes: pot ésser menyspreat i perdre la memòria històrica? 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 Zeelandia. Aquelles terres d'al·luvió gràcies a la seva fertilitat foren ben aviat colonitzades, els «*schorren*» o prats salats esdevingueren bones pastures. Aquesta colonització fou des dels temps romans possible pel fet que els habitatges eren construïts damunt de petits monticles artificials anomenats «*terpen*» o «*wierden*», amb la qual cosa els habitants es salvaguardaven de les inundacions marines o fluvials. El nivell de la mar, en una regió tan sensible, va experimentar una petita transgressió que Edelman (1953) situava entre els 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, amb 50.000 víctimes al Dollard, i la de Sant Elizabeth el 1421, amb 10.000 víctimes a la zona central del llac Flevo. Les conseqüències geogràfiques foren corprenedores. 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, en restar unit a la mar, va esdevenir el Zuiderzee (o mar del Sud) dels nostres dies. 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 del s. XVIII, les inundacions sovintejaren molt més.⁵

Els neerlandesos, a partir del s. XV, malgrat tot, començaren a defensar l'agricultura naixent i llurs ciutats de les escomeses marines i fluvials. Ho feren mitjançant els dics darrere els quals visqueren arraulits, però mai refiats d'una natura cada cop més agressiva. Eren uns dics de defensa de les escomeses de la mar, però hagueren de construir-ne d'altres que recreixien els *levées* naturals de les artèries fluvials per tal de protegir-se de les inundacions fluvials i el sistema de canals de navegació. Els *dams* es varen construir encruats amb els rius de navegació (l'Amstel, el Rotter, etc.) per tal de facilitar les transferències comercials de l'interior cap a la navegació marítima. D'aquesta manera varen néixer les grans ciutats port neerlandeses i, a més, els *polders*, terres guanyades a les zones inundables per la mar 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 dels conreus i de les zones habitades trencaren l'aportació de sediments amb els quals la natura, però no l'home, podia competir amb la subsidència regional. La dessecació i la pèrdua d'aigua del sòl i subsòl produïren uns efectes que se sumaren al de la subsidència. Aquests efectes eren causats per la compactació de la torba —i d'altres terrenys— aflorant o amagada sota la capa d'argiles marines (la *jongzeeklei*). Tothom sap que les torberes es desenvoluparen darrera el cordó de dunes litorals abans de l'Edat Moderna, i que la compactació d'aquest material pot reduir el gruix de sediment a un deu per cent d'allò que, quan era vivent, la torba servava la humitat originària.

En començar l'endigament, l'aigua de pluja que s'acumulava als *polders* era evacuada per les comportes de les baixamars. Però el sistema aviat es va espatllar. L'holandès no es podia desprendre de l'aigua que entollava els *polders*. Calgué inventar un giny, a base de bombes hidràuliques mogudes amb l'energia eòlica, que salvés la situació. Així nasqueren els emblemàtics molins de vent, (els «*watermolen*») símbol de la vella Holanda. Molins avui fora de servei però ben conservats cara al turisme, i substituïts per les bombes mecàniques, de primer a vapor, avui elèctriques. L'aigua era duta temporalment a uns dipòsits més elevats, els *boezem*, després era evacuada a la mar durant la baixamar.

Tots aquests fets remarcables han conduït a allò que en geomorfologia se'n diu una inversió del relleu, a la formació d'uns Països Baixos, que romanen, a gran part del país, a uns quants metres per sota el nivell de la mar. 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 Dòllar). Els dics de la xarxa fluvial també han hagut de recreïxer artificialment. Hi ha dics vius a Zeeland que tenen més de 9 m per damunt el nivell mitjà d'Amsterdam.⁶ 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).

És evident que els Països Baixos tenen un territori i una geografia extraordinàriament fràgil. Les inundacions catastròfiques del 1r de febrer de 1953 foren l'experiència més recent patida per aquest país i sorprengueren l'autor d'aquestes línies d'una manera colpidora.⁷ Es va combinar 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 va apujar el nivell marí de tot el litoral del cul de sac tancat pel canal de la Månega. Els dos efectes es varen sumar i provocaren la catàstrofe. La pujada del nivell de l'aigua fou d'uns 6 a 9 m segons l'indret de la costa, singularment a la de Zeelanda.⁸ Si a aquest fenomen s'uneix l'acció destructiva de l'onatge de tempesta i l'obstrucció de l'escolament natural dels rius, ja tenim les inundacions de conseqüències humanes realment doloroses: 1.835 morts, 145.000 ha negades.

La resposta holandesa a aquest desafiament de la natura ha estat lenta però molt eficaç. El ministeri de les aigües (el *Waterstaat*) immediatament posà en marxa un pla de correcció dels efectes devastadors i alhora va fer l'esbós d'un pla a llarg termini per tal d'alleujar els factors dels riscos naturals. Avui, transcorreguda més d'una trentena d'anys, el pla ja està pràcticament enllestit. Han estat, sens dubtar, unes obres faraòniques. Hom ha reeixit a reduir la llargada del litoral mitjançant la construcció dels grans dics que clouen els braços de mar zeelandesos, i només han deixat obert el de l'Escalda occidental per qüestions relacionades amb el port d'Anvers. Amb això s'han creat uns espais enormes de reserva d'aigua dolça. L'esmentada reducció litoral s'ha fet per raons d'economia d'esforç en aquesta lluita: el 1840 la llargària de la costa era de 1.150 milles marines, el 1932 de 840, el 1952 de 800, el 1985 només d'unes 400.

Un país com Holanda té molts d'altres problemes que no podem tractar ací. Un, és el de l'aigua i la contaminació. El Rin, fa poc, era una claveguera. El país té un dèficit d'aigua dolça i particularment de la potable. Ha calgut fer-ne captacions a les dunes litorals. L'enemic principal, però, és l'aigua marina salada. Cal fer front a l'ingrés d'aquesta aigua cap a l'interior. Les «escluses» del canal de navegació d'Amsterdam ingressen molta aigua marina. El tascó salat amenaça subterràniament els aquífers. Per tal de fer cara a tot això, cal disposar de molta aigua dolça, i els dipòsits són ara a l'Ijsselmeer i als braços ja closos de la Zeelanda.

Hi ha dos països, Holanda i Bangla Desh, establerts en dos deltes llunyans, tots dos amb un alt risc catastròfic, però a nivells culturals i de desenvolupament tècnic i econòmic totalment allunyats. Ha estat vist l'alt risc que té Holanda malgrat l'enorme esforç tecnològic i humà que comporta fer front als avatars de la natura. A Bangla Desh, per contra, la població empobrida també viu el risc dels huracans tropicals en un delta de mareas, i ho fa sense cap protecció ni prevenció, a la bona de Déu. Els processos geològics i meteorològics i hidrogràfics malgrat això, són geogràficament paral·litzables, tot i que en el segons cas l'antropització no s'hi ha deixat sentir.

El delta de l'Ebre

L'experiència holandesa i d'altres deltes relatada breument als apartats anteriors 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 humana.

L'Ebre té un delta⁹ desenvolupat en una costa rectilínia, pràcticament sense mareas astronòmiques i, per contra, força batuda per les onades. La zona emergida amida uns 320 km². És un delta geogràficament i genètica emparentat amb el del Roine. És pobre en distributari, L'acció de les ones i dels corrents que engendren fa que els lòbuls dèltics siguin bastant arrodonits i la plana del delta esdevingui molt ampla. Topogràficament les altituds no passen 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 Alfacs, que són alimentades amb els aportos fluvials sorrencs i 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, els quals són enduts per dos corrents de deriva litoral divergents, l'un cap el NW, l'altre cap el SW.

El cas de la Banya del Fangar és ben il·lustratiu: s'hi presenten tres processos sedimentaris d'anàlisi senzilla. De primer, tenim el cas general: els sediments són conduïts per la 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. Aquest creixement, però, s'ha esmorteït d'uns anys ençà. Jiménez (et al. 1991), han calculat els volums d'aquest transport, que avui dia és deficitari per mantenir l'equilibri del delta.

En segon lloc, tenim un altre procés que frena en certa manera el primer. Es tracta de la deflació eòlica. El vent sec i fort del Mestral (del NW), s'enduu la sorra cap el sud-est creant un rosari de dunes de tipus semilunar («*barkhanes*», els *munells* com les anomena la gent del país), el qual forma un cordó sorrenc que s'estén fins a la gola actual de l'Ebre. És a dir, aquest flux eòlic de sorra fa tornar en gran mesura aquest material cap al seu origen, s'hi tanca un cicle de sediments.

Un tercer factor molt important és l'onatge de les tempestes de gregal (vents sovint huracants del nord-est), que assalta tota la costa deltaica 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 gran que fan saltar l'aigua marina per damunt la platja i escombrar tota la Banya del Fangar. Les dunes són destruïdes i arranades com si haguessin estat segades amb una gran dalla. La sorra és transportada al port del Fangar i resedimentada en aigües tranquil·les. La badia, que té ben poca fondària com a port, 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 i alimenta els estanys costaners, i en modifica l'ecologia. Al seu torn, les barres de la gola del riu són retreballades pel temporal. L'aigua marina ingressa al buc fluvial (que té fondàries fins a 6 m, molt més pregones que la barra del 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, que s'escola per sota la dolça fluvial, pot atènyer Camp-redó, prop de Tortosa, i fa que el riu ofereixi una bona pesca marina. Aquest tascó salat és particularment extens en aigües baixes; en revenir el riu, però, és empès cap a mar.

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 aquest llarg cordó de platja, hi obren portelles, o trencs, tallant-lo com si fos un braç de gitano. Cap a la banda de terra la sorra remoguda per aquestes escomeses marines roman acumulada en uns subdeltos submergits que, en part també, com al Fangar, tendeixen a reblir de sorra la badia dels Alfacs. Fa poc, a l'any 1991, els danys foren molt seriosos, la *marea* havia tallat el camí de les salines. Calgué tapar a correu els trencs amb unes quantes camionades de sorra, sense permís oficial!

En el transcurs dels darrers segles, segons els registres cartogràfics a l'abast, el delta ha tingut fesomies molt canviants. El riu ha tingut diversos distributaris que, en ser abandonats successivament, esdevenen de primer uns estanys longilinis que, lentament, es rebleixen de sediments fins. La gola abandonada aleshores retrograda a causa de l'erosió marina.⁵ 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 sobressortint avui desaparegut. Més tard, la difluència es dirigí cap al nord-est, a partir, aproximadament, de l'illa de Gràcia, fins al Canal Vell. Fou un distributari actiu durant els segles XVII i XVIII. D'aquell lòbul, tampoc en queda res, només és perceptible en el mapa d'isòbates de la banda de mar. A partir del s. XVIII, el lòbul oriental començà a créixer fins a atènyer el màxim d'expansió cap a l'any 1940.

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 (o cap de Tortosa), d'aleshores ençà va deixar d'ésser funcional i ha retrocedit molts hectòmetres (uns 1.600 m des de 1946 a 1971). A la nova boca activa, per contra, s'han originat nous «alfacs», o «barres frontals», com mitges llunes, que prograden ràpidament mar enfora cap al NE, cosa que a la llarga esdevindrà un nou lòbul dèltic. L'illa de Sant Antoni, creada per la difluència o trenc d'aquella revinguda, va créixer aleshores cap al nord i a l'ensems va ésser anellada a l'illa de Buda en dos llocs, diferents: un a la platja, l'altre mitjançant un tap sorrenc a la riba dreta del riu. La gola de migjorn roman poc activa, el braç de riu que l'alimenta és mantingut artificialment estancat, ja que els propietaris de l'illa de Buda volen conservar el caire insular de la reserva de caça. Volem fer remarcar que aquests canvis d'un lòbul deltaic per un altre constitueixen un procés normal en qualsevol delta, i quan ocorren no poden fer suposar que el delta estigui en fase regressiva o que progradi.

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 i 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 i, no cal dir, de les avingudes més fortes. 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). Aquestes darreres retenen la càrrega sòlida de fons per arrossegament del corrent fluvial pel llit i, per decantació, la dels cabals sòlids en suspensió.

La gran massa sedimentària feia créixer el delta mar enfora o, si més no, mantenia l'equilibri de les costes del delta en la lluita contra els agents destructors de la mar. S'ha perdut, per una banda, una gran part de la massa de llims i de sorra que durant les inundacions periòdiques eren repartits per la plana dèltica 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'Assuan³ i també al Roine amb els «*aménagement*» del seu curs mitjà. Com a Holanda, a Egipte, i als altres rius catalans (Llobregat, Besòs, Ter, Fluvià etc.),¹⁰ 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'aports sedimentaris i dels 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 aports sòlids (càrrega de fons i suspensions) conduïts al delta abans de les obres hidràuliques (segons Varela et al. 1986). Per a un altre riu, el Roine actual, Got i Aloïsi¹¹ fan una avaluació del mateix ordre la qual ve a ésser d'un 5% de la càrrega que el flum transportava en el segle XIX.

Ha estat fet un balanç sedimentari de la càrrega de fons transportada, en tones/any (J. Guillén):¹²

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 a tota mena de publicacions, exposicions i col·loquis. Tarragona ja s'ha fet amb un cabal important. Barcelona també cobeja de fer-se'n amb una reserva per si de cas. El deler és frenat, però, pels aragonesos que reivindiquen una reserva important per sadollar els regadius promesos i encara no endegats. És un cabal potencial que ells no volen veure hipotecat per una Barcelona necessitada d'aigua. Un canal, Xerta - Calig, no enllestit, havia de regar els camps del Pla de la Galera, fins més enllà de la Sènia.

Realment, l'aigua abocada a la mar és de l'ordre de 11.128 hectòmetres cúbics per

any.¹³ Per tal de fer un bon repartiment de l'excedent caldria fer, en primer lloc, una estimació generosa de tota l'aigua que ha de menester l'equilibri dinàmic del delta, per al conreu, per a fer front a la salinització, 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 tota la situació esmentada són realment decebedors i són, sense cap dubte, els culpables de 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 acreixement sedimentari. 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 més moderada a la Banya del Fangar i a la part extrema de la fletxa dels Alfacs. El Trabucador ha romàs fins ara regressivament força estable, només es desplaça cap a ponent, al ritme d'un metre o un xic més per any. No siguem optimistes perquè dels 41,5 km de costa batuda per les onades (és a dir de la punta del Fangar a la punta dels Alfacs), només 10,4 km experimenten accreió, és a dir el 25%. La resta es veu sotmesa a l'erosió regressiva o a petites extensions de platja estabilitzada.¹⁴

La pressió humana al delta

El delta de l'Ebre era molt poc poblat a començament del segle XX. Era fàcilment inundable i a més les terres molleriques eren insalubres per mor de les febres palúdiques i d'altres malalties endèmiques. L'expansió dels arrossars amb la posada en regadiu dels canals i sèquies del delta (Canal de la Dreta, 1870, Canal de l'Esquerra, 1908) va romandre estabilitzada ben bé fins a mitjan segle XX. Decennis més tard, vingueren els tècnics de l'Institut Nacional de Colonització, que «sanejaren» aquell àmbit amb uns onerosos projectes de dessecament que havien de permetre el conreu de les hortalisses, la construcció de nous poblats (com el Poblenu del Delta, batejat de primer pel «régimen» amb el nom de «Villa Franco», 1970), 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 «Ríomar». Aquesta darrera, emplaçada a l'esquerra de la Gola Nord i en ple «camí de les dunes» és un exemple palpable d'allò que no s'hauria hagut d'haver fet mai.¹⁵

La febre urbanitzadora, però, no cessa. Hom ha volgut, per exemple, promoure una urbanització a la Banya del Fangar, una zona arrasada i batuda per les ones dels temporals. 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 a l'estil d'Empúria-brava, per a quatre mil estadants, prop del Canal Vell, la qual ja té el vist-i-plau municipal.¹⁶

Tothom està d'acord que les ribes del delta, en general, sofreixen una regressió. Per a 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 abrigar 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 a protegir el ferrocarril de l'embarcament de les ones i, de més a més, instal·lar unes bombes que havien d'abocar a la mar l'aigua salada subjacent. Increïble!

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 la 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.

A la recerca de solucions

El delta de l'Ebre ha entrat en crisi. El dany comença a manifestar-s'hi, tot i que encara fa massa poc que han estat fetes les grans preses del Baix Ebre, Mequinensa i Riba-roja (1957-1969), els efectes, però, no s'han deixat sentir amb tota llur magnitud. Hem vist més amunt com el cabal sòlid ha minvat d'una manera considerable. El delta té un equilibri dinàmic molt variable i molt trencadís. Si els aportos sòlids fluvials dominen l'acció destructiva i dispersora de l'onatge, l'edifici deltaic progressa, canvia i s'expandeix. Si, per contra, 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, a més a més, 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 escombrats i negats per les aigües marines. La pregunta que ens fem és: deixarà el nostre país d'una manera passiva 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, llargues i dispendioses, com s'ha esdevingut als Països Baixos?

Una solució que proposem ací pot ésser intermediària 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. De fet és un «*by passing*» a nivell fluvial, (vegeu més avall en parlar de les costes del Maresme).

Unes bombes de succió i unes conduccions no gaire llargues poden deixar anar els fangs més avall de Flix. El corrent de l'Ebre ja faria la feina restant de transport i distribució a les goles i així es podria lluitar, com fins ara, contra els agents destructius de la mar. Podria ésser restablert l'equilibri costaner com era a principi de segle, però si privem el delta de les inundacions fluvials consuetudinàries no es podrà fer front als afectes negatius de la subsidència i de l'ascensió del nivell de la mar. Caldria provocar des de Riba-roja unes revingudes petites i sobtades per empènyer aigua avall els dipòsits retinguts a la llera per manca d'empenta del corrent. (Això fou dit per un dels ponents de la reunió conjunta ICHN-SCB, març 1992).

Al capdavant, tot plegat, és un problema polític. Volem conduir el delta de l'Ebre a una «nederlandització» o volem mantenir-lo, mentre sigui possible, en un equilibri natural? Hi ha, encara, un altre problema polític subjacent: quin grau de protecció mediam-

biental donem al Delta enfront a la pressió de tots aquells que en volen promoure el desenvolupament agrícola, turístic, cinegètic, etc. L'àrea de protecció proposada pel Pla d'Espais d'Interès Natural, per a molts ecòlegs, i especialment per al director del Parc de l'Ebre, és del tot insuficient. Cal reflexionar-hi.¹⁷

Les costes del Barcelonès i del Maresme

El Poblenou

No desitgem parlar de tot el litoral català. El voramar de Barcelona creiem que és un dels que en tot el món ha patit més a causa de l'antropització. El tòpic de tants anys ençà i tan repetit que els barcelonins han viscut d'esquena a la mar el trobem del tot encertat i el subscriuim. Això vol dir que els barcelonins hem degradat i transformat aquesta façana marítima fins a uns graus insospitats. Aquests comentaris ens obsessionaven en iniciar l'estudi geològic previ de l'emplaçament de la Vila Olímpica (1987). La mirada pura de geòleg no era avesada a la contemplació d'aquella desferra geològica urbana.

El sector costaner barceloní del Poblenou i de la Barceloneta és el resultat de la mala administració urbana, tinguda durant anys i més anys. Temps enrere, des del baluard de Santa Clara abans del 1714, qualsevol observador podia contemplar mirant cap a llevant uns extensos aiguamolls i uns prats i una platja de sorra que representaven la meitat occidental del delta del Besòs. Eren els prats d'indianes. El paisatge aleshores ja havia estat canviat per la mà de l'home. La construcció del primer dic de refugi del port barceloní, iniciada a final del s. XV, ja havia provocat l'aterrament de la sorra a la part del litoral adjacent a aquesta construcció portuària. Uns cordons de sorra cloïen les llacunes cap a mar i servien alhora de camins i d'assentament de les primeres masies. Aquests cordons arenosos representaven estadis d'estabilització costanera de la progressió que feia guanyar terreny a la mar. Aquest desenvolupament és paral·lel al del delta del Llobregat. El Besòs, tot i ésser un riu poc important, abocava a la mar gran quantitat de material sòlid i això féu que el bec format a la seva gola anés avançant mar endins fins a mitjan s. XIX. Les sorres que el riu acumulava en desguassar, eren redistribuïdes cap a ponent pel corrent de deriva litoral, provocat per les tempestes de llevant. Això féu que l'obstacle creixent del primer dic del port barceloní permetés la formació d'un dipòsit sorrenc molt important que esdevindria, ja abans de 1714, una llenca triangular de terra: era el territori de la Barceloneta. Les línies de costa proposades per Sanpere i Miquel (1890) són vigents. El guany a la mar, des del baluard de Santa Clara (avui l'edifici del Parlament Català) va ésser d'uns 700 m fins entrat al s. XIX. La punta del fort de l'Infant D. Carles n'era una fita.

Aquest creixement va començar a aturar-se en disminuir el volum de sediments abandonats pel riu arran de la costa. Fet lent, però progressivament més acusat cap a fi del segle XIX. Les extraccions, fetes en clots, dels àrids necessaris per a la construcció de l'Eixample, crearen al llit del riu unes veritables trampes de sediments. La gola del riu va començar a retrocedir. J. Puchades¹⁸ ha fet la història d'aquest retrocés prenent com a referència el pont del ferrocarril de Mataró; nosaltres l'hem completat amb la cartografia actual i les fotografies aèries. Per tal de tallar aquesta degradació costanera, foren fets diversos espigons i, en d'altres llocs, dics, o esculleres de protecció galgats a la costa.

Pocs llocs hi ha a Barcelona que hagin patit tantes transformacions: el barri de Ribera i els baluards i paraments orientals de la muralla barcelonina foren enderrocats en fer la construcció de la Ciutadella (a partir de 1714). Més tard, abans de 1888, s'escaigué la nova urbanització amb la creació del Parc de la Ciutadella.

Les rieres que baixaven pel sector de la Plaça de Catalunya fins al Portal Nou, foren desviades cap a llevant, i es va crear el flum del Bogatell, que més tard no fou altra cosa que una de les clavegueres més importants de la ciutat. La mateixa cosa s'escaigué amb la riera d'Horta, amb el desguàs del tàlveg del carrer del Rec Comtal i d'altres de més petites. Arran de costa, existiren durant molts anys uns abocadors d'aigües negres sumament contaminades. Les aigües dels emissaris marins no han començat a ésser depurades fins ben avançat el s. XX.

Calia veure l'espectacle d'aquests abocaments aquosos, entre dos dics de rocs, on els diumenges la gent del Poblenou anava a pescar i a banyar-s'hi. Aquestes aigües sèptiques tan ciutadanes, totalment incontrolades, varen produir a la llarga unes acumulacions de llots negres de natura orgànica pudents, un veritable sapropel, que hom troba fent petits sondatges al llarg de la costa. La presència d'aquests llots viscosos, ha estat un inconvenient greu per a la construcció de la Vila Olímpica i particularment del Port olímpic. La sobrecàrrega de les obres ha produït uns assentaments no menyspreables. Els responsables foren advertits per nosaltres d'aquest risc. Potser un dia se'n publicaran dades fidedignes.

Per tal de fer front al retrocés de la costa del sector del Poblenou, l'Ajuntament va permetre l'abocament de la runa urbana i industrial al llarg d'una franja compresa entre la costa i la línia ferroviària de Mataró. S'hi anà bastint una mena de dic, d'uns 5 a 8 m d'alçada de més d'un hectòmetre d'amplària i pla per dalt que arribava prop del Camp de la Bóta. Al seu damunt, durant molts anys, s'hi establiren les barriades de barraques del Somorrostro i d'altres, cosa que va contribuir a l'embrutament i empobriment del barri. Al repeu d'aquest dic de runa, hi creixia una platjola molt reduïda feta d'una «sorra» realment sorprenent: fragments petits i grossos de totxos, de ceràmica, de cagaferro, de vidre, de plàstic, de bocins metàl·lics de tota mena, treballats i arrodonits per l'onatge i, evidentment, una proporció de sorres i palets 'naturals'. Heus ací un altre aspecte de la degradació costanera.

Tornant al s. XIX, un cop establert el pla Cerdà al Poblenou, un bell grup de fàbriques, especialment les tèxtils del ram de l'aigua, es va instal·lar en el front marítim d'aquesta localitat. Aquesta ocupació industrial fou afavorida pel descobriment d'un aqüífer molt cabalós, imprescindible per a aquella indústria.¹⁸ La sobreexplotació d'aigua dolça del dit aqüífer, no va trigar gaire a fer sentir els seus efectes. El buit d'aigua dolça extreta va atreure una massa d'aigua marina que, en forma de tascó subterrani, va anar envaint progressivament l'aqüífer amb una aigua salada i més densa, fent inservibles tots els pous industrials; ben tost la devastació va afectar tot el sector deltaic del Poblenou. La ruïna industrial fou completa a mitjan segle XX. La construcció de la línia groga del ferrocarril metropolità, paral·lela a la costa, encara ha complicat més la hidrogeologia: fa de pantalla o de dic subterrani per a l'alimentació lateral amb aigua dolça de l'aqüífer d'aquest sector barceloní.

Heus ací les conseqüències degradants d'una mala gestió durant anys. Les obres de la

Vila Olímpica de 1992 han transformat aquest sector costaner. Ha desaparegut el ferrocarril de Badalona i el dic de runa urbana de la platja ha estat empès cap a mar. Amb els materials d'enderroc d'aquest dic s'ha ampliat el territori. Ha calgut regenerar amb sorra la platja, una platja gairebé inexistent. Hom ha reurbanitzat tot un barri sumament envellit i envilit. Sembla un miracle! Malgrat això, alguns problemes que hem apuntat romanen subjacents. Han estat preses totes les precaucions per tal d'evitar assentaments fets damunt de terrenys inestables, tant per part dels grans edificis (gratacels) com del port olímpic?

La costa del Maresme

Farem referència al sector costaner entre Badalona i Arenys de Mar. Aquesta costa tenia una platja sorrenca gairebé ininterrompuda de més de trenta quilòmetres de llargària. No voldríem entrar en la discussió de la tendència geològica i evolutiva d'aquest sector litoral. Tothom sap que és una costa de fractures galgades al litoral i que pertany al «rift» de les serralades costaneres. Són falles encara «vivents» (el turó de Montgat, la deu termal de Caldetes, en són testimonis). Tampoc no volem parlar gaire de les causes que han degradat la platja durant els darrers decennis. La línia ferroviària de la costa és testimoni del retrocés que ha experimentat durant més de mig segle XX. Avui dia, a cada gran tempestat marina, l'onatge garfulla les vies i les descalça, a despit que hi ha construïts en diversos sectors uns dics de blocs de pedra que les hauria de protegir. El procés erosiu sembla irreversible i les comunicacions perillen a cada temporal.

Hom diu que aquesta platja és subalimentada i, a més a més, que és una platja fondal. Aquest qualificatiu vol dir que té un perfil transversal bastant rost i que hom assoleix profunditats considerables en un trajecte relativament curt.

Tothom sap que una platja té, com en els deltes, un equilibri dinàmic sumament fràgil. Una platja és alimentada amb la sorra que ve de terra endins i, al seu torn, els materials detrítics són retreballats per l'onatge i traslladats pels corrents de deriva litoral paral·lelament a la costa o, malauradament, enduts mar endins pels corrents de ressaca, i d'altres causes que esmentarem a continuació. La platja «s'aprima» («*démaigrir*»), retrograda i acaba desapareixent si l'alimentació de sorra decreix per aquestes causes i, per contra, l'acció de la mar és cada cop més forta. Això és el que succeeix al nostre Maresme.

Les causes de la minva de sediments sorrenca a la costa, la subalimentació de què hem parlat, creiem que és essencialment antròpica. La sorra no és un recurs inexhaurible, com pretén la dita popular. Les extraccions per a la construcció són molt importants, encara que siguin fetes terra endins, a les lleres de les rieres o a la mateixa platja.

Voldríem al·ludir també al cas ben conegut d'Arenys de Mar: hom va construir un pont urbà damunt la riera, al nivell dels carrers. Per tal que l'aigua s'hi pogués escórrer per sota, calgué fer una excavació que trencava netament el perfil longitudinal del flum. Immediatament això es va convertir en una trampa de sediments. A cada rierada el clot s'omple, a cada rierada l'ajuntament el buida amb una pala mecànica i proporciona una sorra neta i apta per a la construcció. La riera d'Arenys ha deixat d'alimentar la platja!

Un altre factor d'antropització de les platges del Maresme són els espigons de defensa

de la platja i els ports esportius. N'hi ha tot un rosari i van en augment. Els espigons són dics de pedruscall construïts normalment a la platja de manera que s'endinsen un bon tros cap a mar. Aquestes construccions inicialment foren bastides per tal de retenir la sorra que els temporals s'enduen mar endins. Semblava d'antuvi que tenien certa eficàcia, però ara hom no pensa d'aquesta manera a causa de dos fets comprovables: de primer, que permeten acumular la sorra pel costat de l'espigó que mira a sobrecorrent, la banda que rep l'onatge de tempesta; per contra, a l'altre costat, la sorra hi és buidada. Aquesta dissimetria és perfectament visible a les fotografies aèries, des de Malgrat a la Barceloneta. En segon lloc, els espigons interrompen el corrent de deriva tot desviant-lo cap a la mar, on la sorra que transporta és perduda més enllà de l'avantplatja.

Aquest efecte de pantalla també l'exerceixen els nombrosos ports que s'han anat construint a la nostra costa d'uns quants anys ençà. Tots tenen la mateixa geometria, un dic tancat a la costa pel costat d'on vénen les onades de tempesta (E a NE) amb la bocana oberta cap a ponent (oest-sud-oest); els prototips són els ports de Barcelona i d'Arenys. Els sorrals s'acumulen al flanc oriental dels dics (la Barceloneta). Ara bé, els dics portuaris i els espigons, de fet, defleixen el corrent de deriva litoral, paral·lel a la costa, dirigit cap a ponent i que transporta la sorra en aquest sentit. Hom n'ha calculat el volum, que ve a ésser d'uns 48.000 m³ l'any (Serra et al. 1989; les xifres estimatives són molt variables). El corrent, en trobar aquests obstacles, és desviat cap a mar i aleshores lliura la sorra que transporta a fondàries allunyades de la platja. Amb aquest procés, la platja s'aprima («*maigrir*»), àdhuc pot desaparèixer.¹⁹

Per tal de pal·liar aquest efecte de conseqüències nefastes, hi ha qui pensa de construir allò que els autors anglòfons anomenen un «*by passing*» de sorres, és a dir, restablir allò que l'home ha interromput: una canonada paral·lela a la costa instal·lada a la part interna de cada port, la qual xuclaria a la part oriental del port el corrent de sorra mitjançant unes bombes de succió i el transportaria a l'altra banda de l'obra portuària i d'aquesta manera el corrent litoral de deriva no quedaria interceptat. Les sorres regenerarien les platges exposades a sotacorrent. És una solució cara i que demanarà molta cura a fi que funcioni adequadament. Per ara, pel que sabem, no s'ha dut a efecte a les nostres instal·lacions costaneres.

Mentrestant, el Ministeri d'Obres Públiques ja ha executat diverses fases d'allò que hom anomena *programa de regeneració de platges*. El projecte és molt ambiciós i comporta grans dispendis a l'erari públic. Consisteix a abocar grans quantitats de sorra a la costa, construint-hi una terrassa o banqueta molt ampla (de 30 a 50 m), de tal manera que el guany a la mar és realment important. Com a resultat, una platja alta artificial hi és creada, cosa que la fa atractiva als banyistes i a tot el turisme. Entre Montgat i Premià foren llançats 2.000.000 de metres cúbics d'arena sobre un litoral de 5,3 km de longitud, i uns altres 1.300.000 entre Malgrat i Santa Susanna els anys 1986 i 1987. En el primer cas, la costa es trobava molt antropitzada i, en un 70%, convertida en una «escullera» de blocs de pedra. L'erosió experimentada els darrers 25 anys va produir una regressió de l'ordre dels 50 m entre 1947 i 1973. La sorra ha estat extreta d'uns bancs o barres submarines, a més de 10 m de fondària, mitjançant el dragatge amb una bomba de succió la qual feia caure arran de la costa l'aigua i la sorra conduïda per una canonada de gran diàmetre.

La platja regenerada amb aquest procediment no adquireix el seu perfil transversal d'equi-

llibri i, per consegüent, ja és retocada per l'onatge de bon temps. Però això no és res si cal que aconseguixi el perfil d'equilibri per fer front a les grans tempestats. El perfil dinàmic d'equilibri de tempesta és diferent, i demana més espai, les onades transporten la sorra cap a mar, fins a assolir-lo, sempre que el perfil sigui suau, no el d'una platja fondal com és el cas del Maresme. Els efectes no han trigat gaire a fer-se sentir. Els darrers temporals han erosionat i s'han endut irreversiblement molta de la sorra dipositada artificialment.

Hi ha hagut diversos equips que n'han fet el seguiment i balanç, encara que s'han mostrat molt prudents en fer les conclusions. G. Gelonch (1989) diu: «aquestes obres no asseguren l'estabilitat de les platges»; un seguiment fet per la Direcció General de Ports i Costes, «ha comprovat, a títol d'exemple, que en el tram de Montgat-Premià de Mar la superfície útil de platja seca regenerada va arribar a reduir-se a una tercera part des de l'acabament de la regeneració fins al 25 de febrer de 1988, i que quan es va apropar l'estiu, es recuperà una mica, com és lògic, però situant-se les pèrdues sempre per sobre del 57%». El mateix autor continua dient «que aquestes reduccions no són l'aspecte més greu, sinó que la major part de la sorra retinguda s'ha situat recolzada sobre les obres marítimes existents, com ara l'espigó de Montgat, el port del Masnou, uns petits espigons a Premià de Mar i al seu embarcador; això ha produït, en els casos del port del Masnou i de l'embarcador de Premià uns grans aterraments, els quals mai no havien aparegut...». «No és lògic, doncs, atesos els resultats obtinguts, entestar-se a regenerar amb la mateixa metodologia un tercer tram de costa...».

A la Vila Olímpica i platges del Poblenou, la regeneració de platges també hi ha estat feta. Calia fer-la per tenir un bon aspecte a la celebració dels Jocs Olímpics de 1992. Ha comptat amb uns pressupostos de 3.500 milions de pessetes, només per a la regeneració i establiment de platges noves, amb la construcció de 5 dics emergits de 515 m i 4 de submergits amb una longitud de 617 m. S'hi esmercen 630.000 m³ de sorra sobre 1,6 km. M. Novoa (1990) se'n congratula amb satisfacció i n'ha publicat fotografies a bastament.

Notes

* Conferència de cloenda del Curs 1990-1991 de la Societat Catalana de Geografia

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», núm 58. *Serv. Met. Catal.*) sobre les seixes a la costa catalana, i A. i X. JANSÀ (1979, «Encicl. 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 petrolieres («Centro de Estudios de Puertos y Costas»), el qual ha enregistrat sobreelevacions de la mar que han atès fins 135 cm sobre el normal en un període comprès entre 1984 i 1989). Potser hom ha minusvalorat el paper de l'empenta o fricció del vent («wind driven»), a la Mediterrània occidental, malgrat tenir un «fetch» relativament molt breu.

² En dir això, sembla que no hi ha acord entre els geòlegs que afirmen el concepte de delta que acabem d'exposar, amb el d'alguns geògrafs els quals, insisteixen que, per identificar un delta cal que faci una protusió lobulada a la costa. És evident que si en algun indret de la costa la subsidència és molt forta, l'«acomodació» dels sediments no assoleix a produir un lòbul sobressortint, com s'esdevé a l'Horta valenciana i al golf de Roses, i en certs grans deltes com el del Po, el del Guadalquivir, el del Colorado, el del Tigris-Eufrates, etc.

³ Els termes «mota» i «trenc» són vius a la plana al·luvial valenciana, segons ens va comunicar V. Rosselló Verger. «Mòl», en masculí, i 'o' oberta, és emprat a les rieres del Maresme. (*Rev. «Arenios»*, 1990 i Joan Puigduví, com. verb.).

- ⁴ Daniel J. STANLEY, «*National Geographic*», vol. 181/2, feb. 1992. «Will the Nile Delta sink into the sea?».
- ⁵ El mètode de recerca de les petites 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.
- ⁶ Aquest nivell d'Amsterdam, establert mitjançant un mareògraf al s. XIX, i pres com a referència de la cartografia, s'ha fet vell! Ara tenen el NAP o Nieuwe o Normaal Amsterdamse Peil.
- ⁷ O. RIBA. (1954). «Las inundaciones marinas del 10 de Febrero de 1953 en los Países Bajos». *Est. Geogr.*, a. 15/56:379-413, 4 figs. Madrid.
- ⁸ Les marees, en tenir un període de 12h 25', molt més curt que el de l'ona dels corrents d'impulsió eòlica i tempestuosa, se sumaren només a la zona meridional del delta holandès, però els efectes foren substractius a la part septentrional del país, especialment a les costes frisones, raó per la qual aquell sector costaner no va patir l'escomesa marítima amb la violència de Zeeland. Aquest efecte també es va enregistrar a les inundacions del delta de marea del Ganges-Brahmaputra (Bangla Desh) provocades per un huracà tropical.
- ⁹ Hi diversos estudis sobre el desenvolupament i la sedimentologia del delta de l'Ebre. Cal esmentar un dels més antics, el de M. FAURA i SANS (1923), i de més moderns com el d'A. MALDONADO i O. RIBA (1971), i la tesi d'Andrés MALDONADO (1972), i els treballs subsegüents del mateix autor: (1975a i b, 1977, 1983, 1986); A. MALDONADO, O. RIBA i J. SERRA (1975); la tesina de Jordi SERRA (1971); els tres fulls del Mapa Geològic de España 1:50.000 d'«Alcanar» (1974), «Tortosa» (1979) i «Buda» (1980) (IGME).
- ¹⁰ No podem, per manca d'espai, tractar dels deltes del Llobregat i de la Tordera. J.M. 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 deltaics amb esmortiment 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.
- ¹¹ GOT, H. i ALOÏSI, J.C. (1990). «The holocene sedimentation on the Gulf of Lions margin: a quantitative approach». *Continental Shelf Research*, vol. 10/9-11: 841-855.
- ¹² D'una manera especial, cal esmentar els treballs moderns i de detall, on són plantejats els problemes de la regressió deltaica (ordenats cronològicament) de:
 A. VERDAGUER, M. CANALS i J. SERRA (1985). «L'interaction fluviale et marine dans le cours inférieur de l'Ebre». *Rapp. Comm. Int. Mer Méditerranéenne*, 29 p.
 VARELA, J.M., GALLARDO, A. i 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*, Madrid. 203-219.
 MARIÑAS, J. i 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*, Madrid. 157-202 p.
 GUILLÉN, J., CAMP, J. i 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*.
 PALANQUES, A. GUILLÉN, J. i 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. i MALDONADO, A. (1990). «Recent influence of man on the Ebro margin sedimentation system, north-western Mediterranean Sea». *Marine Geology*, 95:247-263.
 GUILLÉN, J. i DÍAZ, J. (1990). «Elementos morfológicos en la zona litoral: ejemplos en el delta del Ebro». *Sc. Mar.* 54/4: 359-373.
 JIMÉNEZ, J.A., SÁNCHEZ, A., ASCE, M., GARCÍA, M.A., VAN OVEREEM, J. i MALDONADO, A. (1991). «The Ebro Project: a first sediment budget». *Coastal Sediments'91. Publi. Am. Soc. Civil Eng.* Seattle, 6-91 p.
 RIERA i MORA, G. (1991). «Evolució recent de la desembocadura de l'Ebre a partir de l'anàlisi batimorfològica». *Tesi Llic. Fac. Geol. Univ. Barcelona*, 89 p.
 GUILLÉN, J., DÍAZ, J.L. i 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». *Di-recc. Gral. de Ports i Costes*. (treb. en curs). «Análisis y propuesta de soluciones para estabilizar el delta del Ebro».

- ¹³ Xifra publicada per J.M. MILAGRO (1989) «Colossal desaprofitament de l'aigua de l'Ebre. En els últims 15 anys ha vessat al mar 166.923 milions de metres cúbics». (*Espais*. núm. 18:12-19).
- ¹⁴ Els càlculs de percentatge els hem fet a partir del treball de J.A. Jiménez et al. (op. cit. núm 12).
- ¹⁵ Una urbanització emplaçada al desguàs del riu ha estat un disbarat: les aigües brutes abandonen als alfacs tota mena de deixalles flotants (brancatges, plàstics, fustes plenes de claus, etc) que després encatifen la platja. Si voleu prendre un bany de mar cal caminar molt aigua endins. Les cases de Riumar, construïdes damunt el camí de les dunes, cal fer-les net cada dos per tres, perquè la sorra les colga així que bufa el mestral. A més a més, la urbanització hauria de raure dins el parc natural.
- ¹⁶ Construir en un lloc com la Banya del Fangar, sembla una follia. Hem recalcat que aquesta llenca de terra és assaltada i arranada per les mareas de vent i les onades dels temporals de gregal! Ara, no fa gaire, hom ha presentat el projecte d'una marina a fer al Canal Vell (*La Vanguardia*, 6 oct. 1991, p. 36), cosa que, com a Empúria-brava, comporta la construcció d'una xarxa de canals oberta terra endins (uns canals navegables de més de 2 m, de calat, com a mínim, per acollir 3.000 embarcacions) amb una eixida a la mar. Això vol dir una bocana i uns espigons en angle recte a una platja molt baixa, i obrir una via de penetració a l'aigua salada i del tascó salat. Si s'arriba a realitzar un projecte d'aquest caràcter, vol dir que la banya del Fangar pot arruinar-se ràpidament en estroncar el flux sedimentari aportat per la deriva litoral; la salinització de l'interior del delta; la construcció damunt el camí de les dunes, implica la tallada d'un flux considerable de sorra, etc. Qualsevol que vulgui completar la informació, pot veure d'altres casos en R. FOLCH i GUI-LLÉN Ed. (1976, *Natura ús o abús*, p. 275-290, Idem 1988, p. 334-344).
- ¹⁷ És realment sorprenent que, a la reunió conjunta ICHN-SCB, (març 1992), hi va haver un assistent que va dir que no se sabia on podien raure els sediments retinguts en els embassaments de Mequinensa i Riba-roja. Sembla que hi ha autoritats que no volen reconèixer aquest fet, segons ens va expressar aquesta persona. És clar que una afirmació tan contundent invalida el nostre raonament i tots els documents escrits exposats a la nota 12! Volem aclarir i recordar que la retenció dels sediments que aflueixen a qualsevol massa d'aigua estancada (estany o embassament) es produeix, en primer lloc, a la capçalera on es forma un 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, empesa 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.
- ¹⁸ J.M. PUCHADES. (1948). «El río Besós, estudio monográfico de hidrología fluvial». *Miscel. Almera*, 2. Inst. Geol. Dip. Prov. Barcelona, 195-354.
- ¹⁹ Sobre aquesta qüestió, no creiem que hi hagi un acord entre els experts. Hi ha qui especula que els espigons curts de la platja alta retenen la sorra en sobrevenir les grans tempestes de llevant.
- ²⁰ Sobre aquest tema voldríem recordar els treballs següents:
GELONCH, G. (1989). «Una realitat del Maresme: ports esportius i regeneració de platges». *Espais*, jul.-ag. p. 31-34.
NOVOA RODRÍGUEZ, J.M. (1990). «La gestión de las costas de Barcelona». (El Litoral II). *Rev. O.P.* núm 18:4-21.
SERRA, A., CALAFAT i M. CANALS (1989). «Dinámica sedimentaria de una costa subalimentada, respuesta a la regeneración artificial», XII Congr. de Sedimentología, Bilbao. *Simposios*, 239-247 pp. 8 figs.
SORRIBAS i CERVANTES, J. (1991). «Dinámica del litoral del Baix Maresme: processos i quantificació». *Tesi Llic. Fac. Geol. Barcelona (UB)*, 30 p.
DÍAZ, J. I. and MALDONADO, A. (1990). «Trangressive sand bodies on the Maresme continental shelf, Western Mediterranean Sea». *Marine Geology*, 91:53-72. Amsterdam.