

Les platges del Maresme revisitades

Jorge Guillén¹, Jordi Serra², Ruth Durán¹ i Gonzalo Simarro¹

¹ Institut de Ciències del Mar (CSIC), Barcelona

² Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona

THE BEACHES OF THE MARESME REVISITED. – It is well known that the Maresme coast was characterized in the past by the presence of a long sandy beach fed by the sediment provided by the Tordera River and the small streams that cross the coastal ranges. The transformation of the littoral mainly due to human activities during the last century produced serious erosion problems that have made it necessary to take protective action, including groin construction and beach nourishments. Although these problems have been recurrent in the last few decades and remain unsolved at present, there is still the belief in some sectors of society (in some cases even in some scientific forums) that the ultimate aim for this coast should be to achieve a long beach of almost 40 km in length only interrupted by marinas, with a constant width sufficient to allow recreational activities and to protect the facilities located near the coast and keep them (almost) free from erosion problems. This article provides general information about the geology of the Maresme coast during the last glacial period and several relevant present-day sedimentary processes in order to offer complementary information to assist in the discussion of the best alternatives for the future management of the Maresme coast.

Introducció

La platja és una acumulació de sediment no consolidat, que s'estén des de la línia de marea baixa fins on arriba l'aigua durant els grans temporals. La seva formació i evolució són en certa mesura comparables a la d'un compte bancari, que augmenta o disminueix segons el balanç entre ingressos i despeses. A la zona costanera utilitzem el terme «balanç sedimentari» i s'aplica a unitats fisiogràfiques que es comporten de manera independent, denominades cel·les sedimentàries (fig. 1). Els «ingressos» de sorres procedeixen fonamentalment de rius i rieres que porten sediment al medi marí i de l'erosió dels mateixos materials de la costa. Mentre que les «despeses» cor-

responen a les sortides de sediment de la platja degudes fonamentalment al fet que una part del sediment és allunyat per l'acció d'onades i corrents. Òbviament, per a la formació d'una platja es requereix que el balanç sedimentari sigui positiu (les arribades de sediment superin a les sortides), però si aquestes relacions es modifiquen amb el temps una platja creixerà (acreció) o minvarà (erosió) depenent de si la resultant entre ingressos i despeses és positiu o negatiu.

Excepte a les desembocadures fluvials on es poden dipositar directament, els sediments són transportats al llarg de la platja (transport longitudinal) amb una intensitat que depèn en cada moment de l'energia de l'onatge que arriba a la costa i de l'angle entre les onades

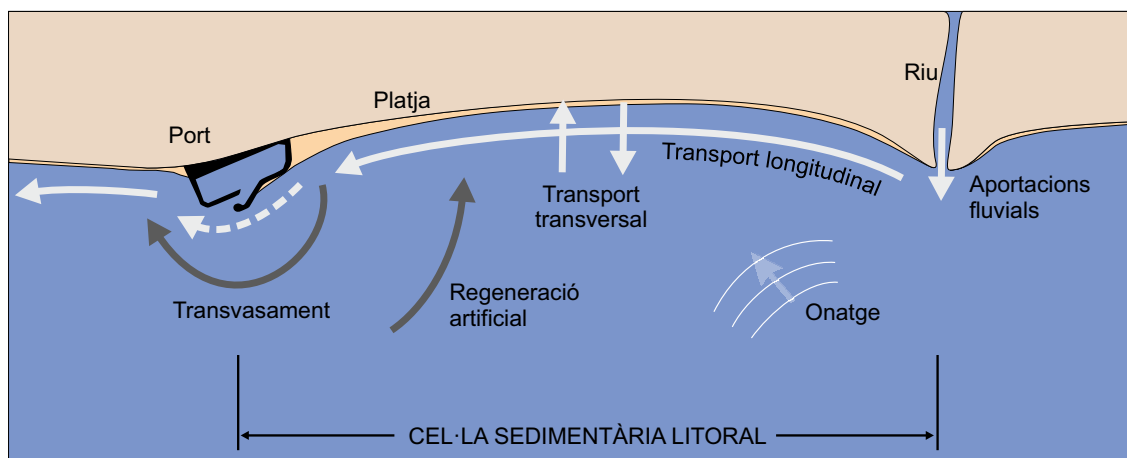


Figura 1. Esquema del balanç sedimentari en una cel·la sedimentària litoral. Els «ingressos» de sediment procedeixen fonamentalment de les aportacions fluvials, el transport transversal i les regeneracions artificials de les platges. Les «despeses» són degudes al transport transversal offshore, al ultrapassí del sediment dels límits de la cel·la per transport longitudinal i les extraccions de sorra pel transvasament cap a altres cel·les litorals.



i la platja. Dins d'una cel·la sedimentària el transport longitudinal no suposa un guany o pèrdua neta de sediment, sinó simplement una redistribució al llarg de la platja. L'exemple característic són les platges encaixades o cales, que poden presentar desplaçaments de la línia de costa en forma de rotacions causades pel transport longitudinal sense modificar el volum de sediment de la platja. No obstant això, quan els límits de la cel·la sedimentària són poc pronunciats, el transport longitudinal pot acumular sediments fins a sobrepassar aquests límits, i en aquest cas sí que es produeix un guany o pèrdua neta a la cel·la sedimentària (fig. 1). D'altra banda, el transport de sediment que es produeix amb una direcció perpendicular a la platja (transport transversal) depèn de la combinació entre les característiques de l'onatge i els corrents de la zona litoral. Al llarg d'un any, el transport transversal és més petit que el longitudinal, però té molta importància en el balanç sedimentari a llarg termini: depenent de les condicions de l'onatge el sediment pot ser transportat cap a terra, alimentant la platja, o cap a zones més profundes del litoral durant els temporals, des d'on moltes vegades no pot tornar cap a la platja i es perd per al sistema sedimentari costaner.

Morfodinàmica de les platges

La configuració d'una platja és funció de la interacció i l'ajust entre la seva morfologia i els processos hidrodinàmics com les onades o els corrents generats pel vent (morfodinàmica de la platja). Wright i Short (1984) van introduir el concepte d'estat morfodinàmic d'una platja a partir de dues situacions extremes (platja reflectant i platja dissipativa) i quatre estats entremetjats, cadascun caracteritzat per una morfologia i una tipologia de processos dominants. La platja reflectant es caracteritza per forts pendents on les onades arriben a la platja sense trencar i estan constituïdes per sediment gruixut. Amb l'altre extrem estan les platges dissipatives, caracteritzades per un pendent molt suau, sediment més fi i on les onades trenquen a una certa distància i perden part de la seva energia abans d'arribar a la platja. Aquests autors van proposar utilitzar un paràmetre senzill basat en el nombre de Dean (Ω) (Dean, 1973) per a una primera caracterització de l'estat morfodinàmic:

$$\Omega = H_b / (w_s T) \quad (1)$$

on H_b és l'alçada de l'onada en el moment en el que trenca, T el període de l'onatge i w_s la velocitat de sedimentació de les partícules que és proporcional al diàmetre dels grans de sediment. Els valors de Ω oscil·len en platges naturals entre 1,5 per platges molt reflectants fins a valors superiors a 5 per a les més dissipatives.

En qualsevol cas demostra que les característiques del sediment també són fonamentals en la configuració morfològica de la platja.

Com es desprèn de la seva definició (equació 1), l'estat morfodinàmic no és una característica permanent de la platja, sinó que les platges canvien la seva morfologia a partir de l'onatge. Tradicionalment es parlava d'un perfil de tempesta o d'hivern i un perfil de bonança o d'estiu relacionats amb un clima d'onatge més energètic a l'hivern que a l'estiu. Durant l'hivern el paràmetre d'estat morfodinàmic estarà més a prop de característiques dissipatives (perfil de pendent suau, l'ona trenca abans d'arribar a la riba) mentre que a l'estiu serà més reflectant. Els canvis morfològics associats als efectes de temporals o als cicles estacionals de l'onatge produeixen pèrdues i/o guanys temporals de la platja emergida, però no tenen perquè estar relacionats amb una tendència erosiva o acrecional secular, que està causada pel balanç sedimentari.

Els conceptes generals de la dinàmica sedimentària de la costa del Maresme ja es van descriure per Serra i Sorribas (1995) en aquesta revista. Les platges del Maresme, constituïdes per sediments grollers, estan més a prop dels estats morfodinàmics reflectants que dissipatius. El diàmetre del sediment que constitueix les platges del Maresme varia des de 0,64 mm (zona Premià de Mar-El Masnou) fins a 1,41 mm (zona Arenys de Mar-Blanes) (Generalitat de Catalunya, 2010). Així, assumint que la velocitat de sedimentació d'una partícula sedimentària de quars d'1 mm de diàmetre és d'aproximadament 0,14 m/s, l'estat morfodinàmic oscil·laria entre 1,4 i 3,6 per a combinacions d'onades característiques de condicions de calma i temporal extrems ($H_b=1$ m i $T=5$ s; i $H_b=5$ m i $T=10$ s respectivament).

A partir de les observacions de la boia d'onatge de Blanes es pot dir que cada any tenen lloc de mitjana quatre temporals amb alçades d'ona superiors als 2 metres i amb una duració mitjana de 21 hores (Xarxa d'Instruments Oceanogràfics i Meteorològics, XIOM, Generalitat de Catalunya). La màxima altura d'ona significativa mesurada ha estat de 5,2 metres i té un període de retorn d'uns 12 anys. Les onades més grans arriben del NE i del SSW i els mesos més energètics són des d'octubre fins a febrer. Aquestes condicions d'onatge i la pròpia orientació de la línia de costa generen una resultant del transport longitudinal cap al sud-oest. S'han fet moltes estimacions de la quantitat de sediment desplaçat per transport longitudinal amb resultats molt diferents (CEDEX, 1979; Guanche *et al.*, 2006). L'ordre de magnitud mitjà del transport longitudinal net deu d'estar a prop dels 50.000 m³ anuals, amb variacions significatives espacials al llarg de la costa i en el temps depenent del clima d'onatge de cada any.





Figura 2. Fotografies aèries del port del Masnou separades 30 anys i mostrant gairebé la mateixa problemàtica: ocupació de la zona de rereplatja, interrupció del transport sedimentari longitudinal per la presència del port i problemes d'erosió a les àrees més allunyades del port (fotografies cortesia de Promoció Portuària del Port del Masnou (esquerra) i Ports de la Generalitat de Catalunya (dreta)).

Aquest transport longitudinal net cap al sud-oest és el responsable de la característica asimètria de la línia de costa al llarg del Maresme quan hi ha obstacles al transport longitudinal, amb una platja al nord-est de l'obstacle molt més ampla que la localitzada al sud-est, a la qual gairebé no arriben sediments (fig. 2).

Una curta història (geològica)

Per poder comprendre la configuració actual de les platges del Maresme hem de remuntar-nos a l'últim màxim glacial, fa uns 20.000 anys, quan el nivell del mar era uns 120 m per sota del nivell del mar actual. Llavors, les platges estaven situades més de 15 km mar endins de les actuals i una gran àrea ocupada per sorres i aiguamolls i travessada per rius i rieres s'estenia des d'aquella "platja" fins a la línia de costa actual. A partir d'aquell moment, la pujada generalitzada de les temperatures en el planeta afavoreix el desglaç de part dels casquets polars i el nivell marí comença a pujar ràpidament. A mesura que el mar anava ocupant zones topogràficament més elevades (transgressió marina), la força de l'onatge i els corrents anaven erosionant i transportant tot el sediment que trobaven al seu pas. La transgressió marina no va ser un

procés continu, sinó que va passar per diferents fases d'alentiment o fins i tot de parada que van generar dipòsits sedimentaris costaners, alguns dels quals poden identificar-se en l'actualitat. Alguns dipòsits sedimentaris d'aquest període donen lloc a graons que se situen a diferents profunditats. Durán *et al.* (2013) identifiquen cinc grans graons a la plataforma nord del Maresme que estan situats a 30-65 m, 74-78 m, 78-90 m, 94-95 m i 105-115 m i atribueix cada un d'ells amb un període d'estabilització o petita baixada del nivell marí dintre de la tendència transgressiva general. Aquestes alineacions són subparal·leles (60°N) a la costa fins als 55 m de fondària, però canvien d'orientació a més profunditat, bàsicament en dos grups de 30° i 90°N d'orientació (Liquete *et al.*, 2007).

Restes d'aquell període són les grans barres de sorra longitudinals que s'estenen des de Vilassar de Mar a Calella a fondàries entre els 40 i els 100 m (Díaz i Maldonado, 1990). La més profunda és la més antiga i la seva formació es va iniciar fa 15.000 anys. La ràpida transgressió marina va continuar fins aproximadament fa 6.500 anys, quan la pujada del nivell del mar es va alentir i finalment es va estabilitzar en una posició semblant a l'actual fa uns 3.000 anys. L'estabilització o l'alentiment



de la pujada del nivell marí conjuntament als aportos sedimentaris del continent i el retreballament dels dipòsits generats durant la transgressió afavoreixen la formació de dipòsits sedimentaris costaners progradants denominats prisma o falca litoral. A la zona de Premià de Mar-Masnou s'han identificat dos prismes litorals que són subparal·lels a la línia de costa actual (Ercilla *et al.*, 2010): el prisma més antic s'estén de la línia de costa fins als 30 m de fondària i el més recent fins als 15 metres. Morfològicament es caracteritzen per la presència de terrasses senyalades per canvis bruscos en el pendent del perfil litoral.

Els afloraments rocosos en les platges i en la plataforma interna modifiquen la morfologia submarina i també són indicatius d'antigues posicions de la línia de costa. Per exemple, Serra (2002) diferencia sis conjunts de barres o *beachrocks* davant de Mataró situades entre els 5 i 30 m de fondària i Garau (2006) també descriu la barra de Santa Susanna, a 3 m de fondària.

El desenvolupament d'una barra submergida (*spit*) des de la desembocadura de La Tordera cap al sud-oest és un altre dels elements morfològics rellevants i que ens pot donar pistes de com estava funcionant el sistema sedimentari costaner en el passat. El *spit* és un dipòsit sedimentari progradant, alimentat pel sediment del riu i generat per l'acció de l'onatge. La cresta del *spit* se situa a menys de 5 m de fondària en les proximitats del riu, i s'estén paral·lelament a la costa fins a Santa Susanna, on es fa lleugerament oblic a la costa fins arribar a fondàries de 10 metres a 6 km al sud de La Tordera, i acaba en una plana de sorra (Serra *et al.*, 2007). Aquesta barra de arena es va començar a desenvolupar fa 2.000 anys i encara és activa en l'actualitat (Serra i Sorribas, 1993). El perfil transversal del *spit* mostra una banda cap a terra amb pendents suaus i la banda cap a mar molt abrupta que pot arribar fins als 30 m de fondària.

La història més recent de les platges

La primera activitat humana que va modificar substancialment la geomorfologia costanera va ser la transformació dels aiguamolls i zones dunars associades a rius i rieres per a les activitats agrícoles o per raons sanitàries (Panareda i Boccio, 2008). Les rieres es varen canalitzar i les zones amb inundacions freqüents es varen drenar i protegir amb murs de contenció. La història més recent de les platges del Maresme està marcada per la construcció de la primera línia fèrria de l'Estat espanyol: Barcelona-Mataró l'any 1948 i fins a Tordera l'any 1859. Aquesta línia es va construir en bona part a sobre de la platja existent en aquell moment. Les dues actuacions sostenien a la platja una "reserva"

d'espai i sediment important per poder mantenir el seu dinamisme. Uns anys més tard varen començar els problemes d'erosió al llarg d'aquest tram de costa i es va construir una escullera de protecció. A continuació, la construcció dels ports Arenys de Mar (1907), Premià de Mar (1971), El Balis (1972), El Masnou (1972), Mataró (1989) amb les seves successives ampliacions i la construcció de desenes d'espigons al llarg de la costa van limitar la capacitat de transport longitudinal i van modificar la redistribució del sediment al llarg de la línia de costa (fig. 2). Finalment, el desenvolupament turístic i urbanístic de la regió a partir dels anys seixanta va tenir entre d'altres conseqüències l'ocupació de tota la franja costanera, l'explotació d'àrids de les lleres dels rius o la canalització i/o regulació de les descàrregues de rius i rieres.

En definitiva, la configuració actual de la línia de costa de les platges del Maresme està determinada fonamentalment per la presència d'estructures que dificulten o impedeixen el pas del transport longitudinal d'arena cap al sud-oest. Com a conseqüència, l'amplada de les platges té tendència a augmentar cap a la cara nord d'aquestes estructures. No obstant això, els processos naturals juguen un paper important en la forma de la línia de costa. A gran escala, els deltes de La Tordera i Santa Susanna modifiquen la tendència rectilínia de la costa. A més petita escala, per exemple, la presència de "ones d'arena" que són com oscil·lacions en la forma en planta de la platja que es repeteixen aproximadament cada quilòmetre ha estat reconeguda des del port d'Arenys fins gairebé La Tordera (Falqués *et al.*, 2013). Aquestes ondulacions al llarg de la platja són mòbils, amb una distribució consistent amb la batimetria a 5 metres de fondària i semblant relacionades amb una aproximació molt obliqua de l'onatge a la costa. Les diferències entre els sortints i els entrants de les oscil·lacions donen variacions de l'amplada de la platja de més de 40 m (Falqués *et al.*, 2013).

La primera regeneració artificial de platges a l'Estat espanyol es va fer al Maresme l'any 1986 (Lechuga, 2003). Des de llavors, gairebé uns 15 milions de metres cúbics de sorra s'han abocat per alimentar les platges del Maresme (Guillén, 2008). Els motius per entendre per què va ser aquesta zona la primera i els abocaments de sorra han estat els més grans són diversos: necessitat de protegir les estructures de transport situades a prop de la costa dels efectes de les onades, l'existència d'una important indústria turística de "sol i platja" i, molt rellevant, la presència a la plataforma continental interna del Maresme de grans quantitats de sorres susceptibles de ser dragades i utilitzades per a regeneracions artificials. Mentre que als anys vuitanta la regeneració artificial de les platges es va percebre com



una alternativa d'actuació "tova" per combatre l'erosió enfront de les alternatives "dures" que es basaven en la construcció d'espigons i esculleres, actualment sembla evident que una solució global i duradora basada en regeneracions massives de sorres no és viable. L'entrada de sorra al sistema litoral en forma de regeneració suposa uns "ingressos" en el nostre balanç sedimentari que ràpidament són redistribuïts per les onades amb l'arribada dels temporals amb unes pèrdues de sediment que obliguen a una nova regeneració al cap de pocs temps (típicament 2-4 anys).

Mentre que les regeneracions basades en l'extracció de sorres de fora del sistema litoral i la seva injecció a les platges semblen reservades actualment a situacions molt particulars, les regeneracions basades en l'optimització dels recursos existents a la mateixa zona litoral poden ajudar a combatre els problemes d'erosió (fig. 1). En aquest cas es tracta de millorar la gestió de les sorres basant-se en la redistribució més adequada al llarg de la costa: aprofitant les sorres acumulades a les bocanes dels ports i al costat nord dels espigons per abocar-les en zones més problemàtiques. Aquest principi va ser el del projecte del "Servei de Dragatges" que va fer diversos assaigs a les zones del Masnou i de Premià de Mar (BEACHMED, 2011).

L'impacte dels temporals

Els riscos es perceben en més claredat durant els fenòmens sobtats d'alta energia com els temporals marins i es manifesten bàsicament com erosió i inundació de la zona costanera (fig. 3). El risc associat a l'erosió i la inundació del nostre litoral és un fenomen recent, estretament relacionat amb l'explosió demogràfica i l'ocupació urbanística de la costa i el turisme massiu iniciat a meitat del segle XX. Respecte a aquests fenòmens, la costa del Maresme té una perillositat mitjana en comparació amb altres trams de la costa catalana, més petita que la perillositat en zones deltaïques i més gran que els trams de zona rocosa (Guillén, 2008). Per exemple, Blasco (2011) comenta la pràctica desaparició durant el temporal de Sant Esteve de 2008 de gairebé 700.000 m³ de sorra abocada a les platges abans de l'estiu de 2008. Aquest autor indica que la platja d'Arenys de Mar va perdre el 75% de l'aportació de sorra i que les platges de Vilassar de Mar i Premià de Mar van retrocedir fins a 30 m. Cal destacar que el temporal del 26 de desembre de 2008 va ser especialment energètic, amb altures significants d'onada davant de la costa del Maresme fins a 4,65 m, períodes d'onatge molt llargs fins a 14 s i una durada de més de 72 hores (dades de la boia oceanogràfica de Blanes, XIOM).

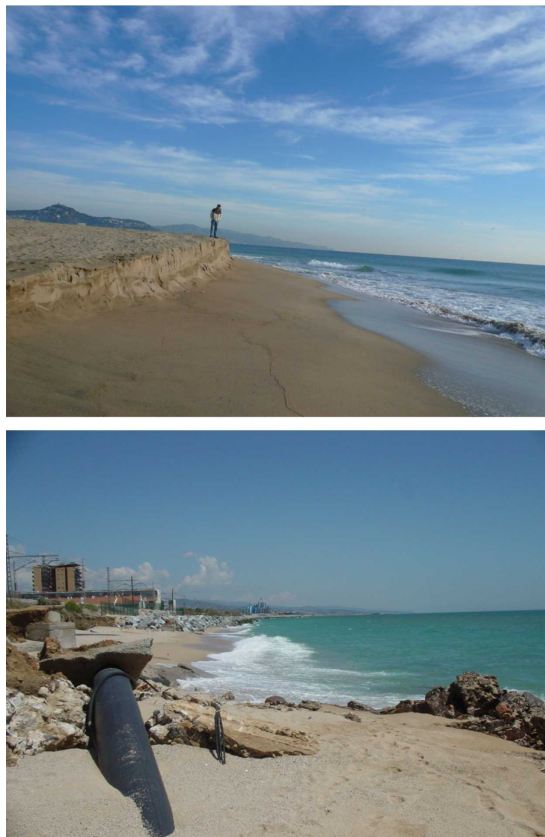


Figura 3. Els impactes dels temporals són molt diferents segons el grau d'ocupació del rereplatja. A dalt, la punta de La Tordera és erosionada i es forma un petit escarpament que indica el nivell fins on ha arribat l'onatge. La fotografia inferior correspon a Cabrera de Mar i il·lustra els danys causats a les infraestructures que ocupen el rereplatja durant el temporal (fotos: J. Serra).

No obstant això, la resposta de les platges al temporal és desigual i depèn de la configuració prèvia de la platja quan arriba el temporal i del seu grau d'ocupació urbanística (fig. 3). Sánchez *et al.* (2012) analitzen la resposta de les platges de Santa Susanna al mateix temporal de Sant Esteve de 2008 utilitzant dades topogràfiques obtingudes amb metodologia LIDAR per l'Institut Cartogràfic de Catalunya abans i després del temporal (Ruiz, 2010). El temporal va causar una pèrdua de volum de sediment a la platja emergida d'uns 6.600 m³, que representen la pèrdua d'aproximadament 3 m³ per cada metre lineal de platja (Sánchez *et al.*, 2012). Aquestes quantitats, tot i ser significatives, són molt inferiors a les estimades, per exemple, a la platja de Bogatell de Barcelona, amb unes pèrdues superiors a 10 m³ per metre lineal de platja durant el mateix temporal. A més, la platja de Santa Susanna augmentà el seu volum de sediment durant els sis mesos posteriors al temporal amb una taxa de més de 5 m³ per metre lineal de platja, el que suposa que el volum de sorra de la platja emergida era superior a l'agost de 2009



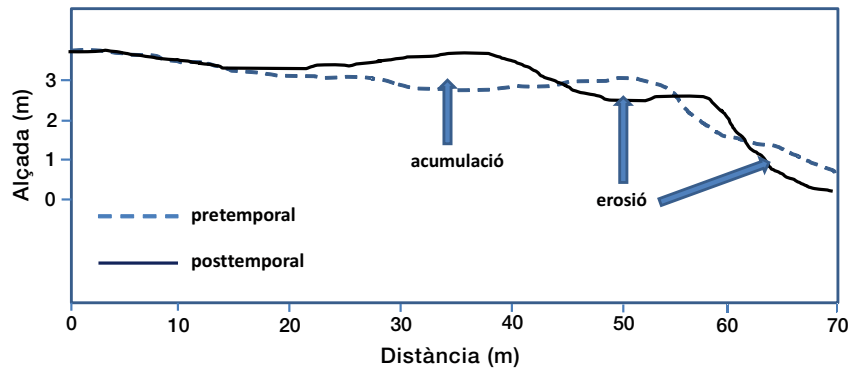


Figura 4. Exemple dels efectes del temporal de Sant Esteve de 2008 a la platja de Santa Susanna, mitjançant la comparació dels perfils abans i després del temporal (basat en Sánchez *et al.*, 2013). S'observa l'erosió de la platja a la seva zona més pròxima a la riba i l'acumulació de sediment a la part alta de la platja com a conseqüència de l'arribada d'aigua carregada de sediment durant el pic del temporal.

que abans del temporal (Sánchez *et al.*, 2012). L'anàlisi dels canvis morfològics generats pel temporal en aquesta platja revela que la resposta pot ser més complexa que la simple erosió de la riba de la platja. La comparació de perfils de platja abans i després del temporal posa de manifest l'erosió a la part baixa de la platja, amb pendents més forts després del temporal, però també una acumulació de sediment a la part més alta de la platja com a conseqüència de l'arribada d'aigua carregada de sediment durant el pic del temporal (fig. 4). Per aquest motiu, el balanç sedimentari en el perfil queda molt més equilibrat que quan es considera únicament la part baixa de la platja. Aquest depòsit de sorra a la part alta de la platja suposa una redistribució, però no una pèrdua de sediment per al sistema costaner. Al contrari, en àrees on el rereplatja està urbanitzat aquesta acumulació difícilment tindria lloc i, amb les mateixes condicions de temporal, el balanç sedimentari seria més negatiu.

Tot i que els temporals com el de Sant Esteve de 2008 tenen una recurrència superior als 10 anys, cada any ocorren temporals, de menor intensitat, però amb capacitat suficient per a generar problemes d'erosió i inundació en diferents trams de la costa. En general, els trams de platja menys urbanitzats tenen més capacitat d'adaptació als efectes dels temporals i més capacitat de recuperació (fig. 4).

Comentaris finals

L'evolució geològica recent (20.000 anys) de la costa del Maresme està caracteritzada per un ràpid retrocés (erosió) de la línia de costa en resposta a la pujada del nivell del mar. No obstant això, l'estabilització del nivell del mar durant els últims 3.000 anys i l'arribada de grans quantitats de sediment des del continent va afavorir la progradació costanera i la construcció d'una línia de costa sedimentària al llarg de tot el Maresme semblant a l'existent actualment.

Des de fa uns 100 anys, l'ocupació del rereplatja per la urbanització de la costa, la construcció de ports, espigons i esculleres i la disminució de les aportacions de materials procedents de La Tordera i de les rieres del Maresme han fet canviar la distribució del sediment al llarg de la costa, han limitat la mobilitat i la recuperació naturals de les platges i han generat un balanç sedimentari global negatiu que dona lloc a una tendència erosiva en molts trams de la costa. La construcció d'espigons i les regeneracions artificials de les platges realitzades durant les últimes dècades han estat infructuoses per aconseguir solucionar la problemàtica d'aquestes platges. La construcció de dics submergits és una alternativa que de vegades es planteja, però que difícilment pot ser considerada viable, tant per qüestions d'efectivitat morfodinàmica com econòmiques.

En definitiva, sembla que durant les properes dècades el balanç sedimentari continuarà sent negatiu i els problemes dels fenòmens litorals se seguiran produint. Probablement, l'objectiu futur per a les platges del Maresme no hauria de ser tant aconseguir una platja continua al llarg de tot el territori, com una zonificació dels trams de costa amb diferents característiques. A curt termini, les prioritats de protecció de vies de transport i passeigs marítims requereixen intervencions puntuals. Aquestes actuacions han d'estar acompanyades d'una gestió dels recursos de sorra (via transvasaments) per optimitzar la seva distribució al llarg de la costa i, a més llarg termini, de mesures tendents a recuperar les aportacions de la Tordera i a la naturalització de la costa en contrast a l'antropització soferta durant l'últim segle. Dins d'aquestes mesures, la recuperació dels espais de rereplatja per a la dinàmica litoral implicaria el desplaçament cap a l'interior de la via fèrria i de la carretera en els trams on se situen molt a prop de la línia de costa o afectarien passeigs marítims i d'altres espais urbanitzats.



Bibliografia

- BEACHMED. (2011). *Resultats del Projecte BeachMed-e.Catalunya*. Generalitat de Catalunya, Departament de Territori i Sostenibilitat, 217 pp.
- Blasco, D. (2011). *Evolución costera del Maresme Norte (Blanes-Arenys)*. Tesina d'especialitat, Universitat Politècnica de Catalunya, 75 pp.
- CEDEX (1979). *Estudio de la dinámica litoral en la costa Peninsular Mediterránea y Onubense: Provincias de Barcelona y Gerona*. Dirección General de Puertos y Costas.
- Dean, R.G. (1973). Heuristic models of sand transport in the surf zone. *Proceedings Conf. on Engineering Dynamics in the surf zone, Sydney, Australia*, pp. 208-214.
- Díaz, J.I. i Maldonado, A. (1990). Transgressive sand bodies on the Maresme Continental Shelf, Western Mediterranean Sea. *Marine Geology*, 91: 53-72.
- Durán, R., Canals, M., Lastras, G., Micallef, A., Amblas, D., Pedrosa-Pàmies, R. i Sanz, J.L. (2013). Sediment dynamics and post-glacial evolution of the continental shelf around the Blanes submarine canyon head (NW Mediterranean). *Progress in Oceanography*, 118: 28-46.
- Ercilla, G., Estrada, F., Casas, D., Durán, R., Nuez, M., Alonso, B. i Farrán, M. (2010). The El Masnou infralittoral sedimentary environment (Barcelona province, NW Mediterranean Sea): morphology and Holocene seismic stratigraphy. *Scientia Marina*, 74(1): 179-196.
- Falqués, A., Caballeria, M., Ribas, F. i van den Berg, N. (2013). Shoreline sand waves along the Catalan coast. *Proceedings Coastal Dynamics, Bordeaux, France*, pp. 575-585.
- Garau, C. (2006). Las playas y su proceso genético. *Revista de Obras Públicas*, 3469: 21-54.
- Generalitat de Catalunya. (2010). Llibre verd de l'estat de la zona costanera a Catalunya, (http://www.igc.cat/web/ca/costa_lvzcc.html)
- Guanche, R., González, M. i Medina, R. (2006). Longshore Transport on the Maresme Coast (Barcelona). *Proceedings Coastal Dynamics 2005, Barcelona*, pp. 1-14.
- Guillén, J. (2008). Fenòmens litorals. In: Vilaplana M., Payàs B. (coord.) *RISKCAT: Els riscos naturals a Catalunya*. Generalitat de Catalunya, Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible, Informes del CADS 6, ISBN: 978-84-393-7836-5 (llibre i CD), 226 pp.
- Lechuga, A. (2003). Assesment of nourishment project at the Maresme coast, Barcelona, Spain. *Shore and Beach*, 71(2): 3-7.
- Liquete, C., Canals, M., Lastras, G., Amblas, D., Urgeles, R., De Mol, B., De Batist, M i Hughes-Clarke, J.E. (2007). Long-term development and corrent status of the Barcelona continental shelf: A source-to-sink approach. *Continental Shelf Research*, 27: 1779-1800.
- Panareda, J.M. i Boccio, M. (2008). Efectos de la dinámica litoral inducidos por la actividad humana en áreas urbanizadas: el caso del Maresme (Barcelona). *Territoris*, 7: 55-68.
- Ruiz, A. (2010). ALS Processing at the Institut Cartogràfic de Catalunya. *1st European Lidar Mapping Forum. Den Haag, Netherlands*. 30.11.2010-1.12.2010.
- Sánchez, I., Guillén, J., Jiménez, J. i Ruíz, A. (2012). Uso de modelos lidar para el análisis multitemporal de la vulnerabilidad costera ante temporales excepcionales en litorales altamente antropizados. *XV Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica, Madrid, AGE-CSIC*, pp. 635-644.
- Serra, J. (2002). Els condicionants geomorfològics de les praderies de posidònia del Maresme. *L'Atzavara*, 10: 7-10.
- Serra, J. i Sorribas, J. (1993). Las barras de arena infralitorales del Maresme: formación y cronología. *Geogaceta*, 14: 29-31.
- Serra, J. i Sorribas, J. (1995). Característiques dinàmiques de la costa del Maresme. *L'Atzavara*, 6: 4-10.
- Serra, J., Valois, X. i Parra, D. (2007). Estructura del prodelta de la Tordera (costa del Maresme, NO Mediterráneo) a partir del análisis sísmico de alta resolución. *Geogaceta*, 41: 211-213.
- Wright, L.D. i Short, A.D. (1984). Morphodynamic variability of surf zones and beaches. *Marine Geology*, 56: 93-118.

