

**LA SUPERVIVÈNCIA DE LA
COSTA CATALANA.
NECESSITAT
D'OBSERVACIONS, MODELS I
DECISIONS**

AGUSTÍN SÁNCHEZ-ARCILLA*
*Laboratori d'Enginyeria Marítima
Universitat Politècnica de Catalunya
- BarcelonaTech*

LA COSTA ACTUAL I LA SEVA EVOLUCIÓ

La costa catalana es caracteritza per una disminució continuada de l'espai disponible, degut a la construcció i urbanització del territori, juntament amb una erosió que es va acumulant progressivament (CIIRC, 2010). La *rigidificació* del territori i la regulació dels rius han minvat significativament les aportacions que nodreixen la costa. L'increment del valor de les activitats socioeconòmiques a la franja litoral, que no és només degut a les platges sinó també als ports, passejos marítims i altres equipaments sovint no considerats (Sierra *et al.*, 2016), fa augmentar la vulnerabilitat de les zones costaneres. Aquesta evolució es veu agreujada per la demanda de seguretat i estabilitat per a les nostres activitats i infraestructures, en una societat cada vegada amb més aversió pel risc. Les projeccions actuals de canvi climàtic i, en particular, la pujada del nivell mitjà del mar i la modificació dels patrons d'onatge dibuixen escenaris preocupants per als trams de costa més vulnerables (Sánchez-Arcilla *et al.*, 2016). Aquests trams han estat identificats al *Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya* com els deltes (Ebre, Llobregat i Tordera), costes *rigidificades* (com ara el Maresme) i platges urbanes (com ara les de Barcelona). El retrocés projectat de la línia de vora (Fig. 1) mostra la necessitat d'un pla per a adaptar el territori i les ciutats costaneres als futurs escenaris de clima marítim.

* E-mail: agustin.arcilla@upc.edu

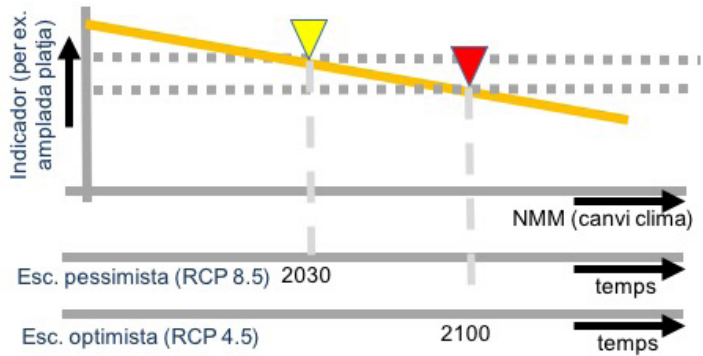


FIGURA 1. Retrocés de la línia de vora a la Barceloneta, projectat per al 2100 i sense considerar barreres (Sánchez-Arcilla *et al.*, 2016) (dalt). Diagrama esquemàtic de com s'hauran de prendre les decisions en funció de l'ample de platja i segons l'escenari climàtic considerat, il·lustrat pels RCP 8.5 i 4.5 (baix).

PERSPECTIVA HISTÒRICA AMB LLIÇONS DEL PASSAT RECENT

La progressiva ocupació de l'espai costaner i l'aplicació continuada de solucions d'enginyeria tradicional, moltes vegades sense prou autocrítica, han conduït a un consens tècnic i social sobre la necessitat de noves solucions per a preservar els valors naturals, socials i econòmics de la nostra costa. Malgrat això, continuem amb una tendència a implementar solucions tradicionals (per exemple, barreres a l'erosió o inundació) amagades darrere nous formats o materials i, sobretot, sense assajos previs (Dae-Hong *et al.*, 2017) que, abans d'impactar el minvant territori costaner, quantifiquin el comportament de les noves solucions i la seva eficiència. L'aplicació d'aportacions massives de sorra, sense analitzar les disponibilitats del material sedimentari per a la nostra costa ni la durada d'aquestes aportacions artificials, han resultat en una segmentació de la societat costanera catalana i de molts països envers aquest tipus d'actuació. Una fracció desitja platges artificials per al *proper estiu* sense més consideracions, mentre que una altra les rebutja, pel seu impacte mediambiental, juntament amb el seu cost i la seva duració limitada. Les intervencions tradicionals han resultat tenir un cost i uns impactes elevats, amb una eficiència i durada variables i de vegades discutides. Per aquest motiu, s'estan plantejant noves intervencions (Sierra *et al.*, 2017), basades en el funcionament natural de la costa i anomenades *solucions naturals*. Aquestes intervencions imiten, per exemple, les barres de platja submergida, com una mena de dics paral·lels però construïts amb tubs flexibles (Fig. 2). Les solucions més prometedores redueixen el transport de sorra i la mobilitat del fons mitjançant el desenvolupament de praderies o alguers (Fig. 2), que aconsegueixen aquests efectes amb la capacitat d'una autoadaptació parcial al canvi de clima.

L'eficiència d'aquestes solucions ha de ser testada en laboratori abans d'una implantació indiscriminada a la costa real. El comportament dels dics paral·lels a la costa o els ports-illa, construïts per a no interrompre el transport de sediments, han mostrat que la construcció sense assajos previs pot resultar en elevats costos i impactes, amb una eficiència molt limitada o, fins i tot, negativa. Tot això hauria de promoure dissenys i projectes més curosos, quantificats amb assajos hidràulics i models numèrics, per a no perjudicar el funcionament natural de la costa. Només així es podran justificar les noves solucions, en termes de costos, beneficis i impactes per a la supervivència d'un territori costaner de qualitat. Qualsevol intervenció hauria de considerar el cost de construcció, manteniment, mitigació de l'impacte local (és a dir, sobre l'ecosistema proper o el paisatge litoral) i de l'impacte global (és a dir, mesurat per l'empremta de carboni de les intervencions). Tot això basat en una delimitació quantitativa del que és la zona costanera (Sánchez-Arcilla *et al.*, 2019) i una previsió anticipada (García Sotillo *et al.*, 2020) dels impactes. Aquesta informació ja està disponible, i la figura 2 mostra l'empremta de carboni per a algunes de les intervencions costaneres més freqüents.

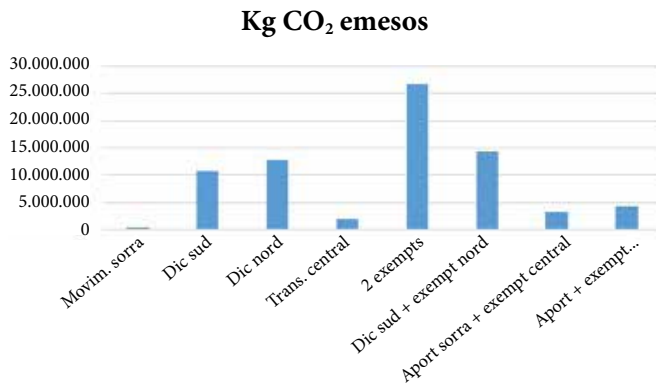


FIGURA 2. Assajos al canal d'onatge del LIM/UPC a Barcelona per a solucions costaneres naturals (dalt, rèpliques de praderia marina —esquerra— al costat de proteccions amb sacs de fibra natural farcits de sorra —dreta—), i l'empremta de carboni per a intervencions d'enginyeria tradicional (baix).

EL TEMPORAL GLORIA I LES SEVES CARACTERÍSTIQUES

El temporal *Gloria*, ocorregut durant la quarta setmana del gener de 2020, va ser un dels més energètics mai enregistrats a la costa catalana. Malgrat que no va arribar als màxims d'altura d'onada registrats al Mediterrani occidental, que encara corresponen als 9,8 m d'altura d'onada significativament del desembre de 1999 a la costa de l'Alguer, les onades que van arribar a alguns trams de la costa catalana van ultrapassar tots els registres previs. L'impacte d'aquest temporal, per la seva durada i energia —i agreujat per l'estat de salut minvant de la nostra costa—, va resultar devastador. La figura 3 mostra el trencament de la barra del Trabucador al delta de l'Ebre, fenomen recurrent i típic d'aquestes platges barrera, però

empitjorat amb el decurs del temps. El progressiu enfonsament del delta (per la seva subsidència més la pujada del nivell mitjà del mar per l'escalfament global) més l'impacte de les onades del *Gloria*, van produir una erosió i un trencament de la platja que superaven amb escreix els experimentats en temporals anteriors. Ja s'han començat a estudiar les característiques físiques i estadístiques d'aquest temporal, que se situa en l'asíntota de la distribució probabilística extremal per a la costa del delta, la qual cosa suggereix un possible canvi en la tendència dels temporals a la costa catalana; una tendència que, si es manté, es podria atribuir a un canvi del clima marítim.

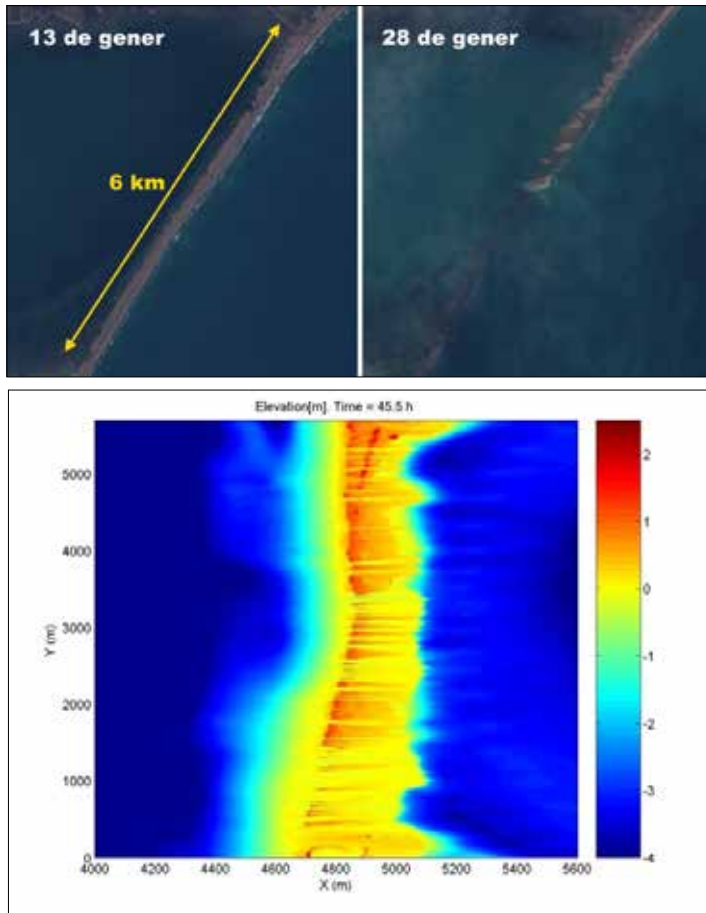


FIGURA 3. Barra del Trabucaador (delta del Ebre), abans i després del trencament pel temporal *Gloria* (esquerra, cortesia ICGC). Modelat d'aquest fenomen amb codis hidromorfodinàmics per a una predicció i alerta primerenca dels riscos costaners (dreta).

La combinació d'un onatge prou energètic amb una marea meteorològica continuada (pel vent de llevant i la baixa pressió atmosfèrica) va produir danys importants a tota la costa catalana el gener de 2020. Els seus efectes als ports mereixen una menció especial, pel seu impacte a tota l'economia del país. Els danys a dics de recer i equipaments portuaris són, de vegades, *oblidats* quan es parla de l'impacte de temporals a la costa. Malgrat això, els danys a dics, espigons, passejos marítims i altres infraestructures, mostren la vulnerabilitat de la nostra costa, malgrat que per a alguns trams del litoral català el temporal *Gloria* no presentava uns períodes de retorn excepcionals. L'impacte costaner experimentat arreu d'aquest litoral demostra la pèrdua de funcionalitat natural de la costa, on la manca de sorra i d'espai d'acomodació agreugen l'impacte conjunt d'onatge i mareas meteorològiques. Això resulta en una degradació progressiva de l'estat de la nostra costa, il·lustrat per un nou temporal que, durant el març de 2020, menys de dos mesos després del *Gloria*, i amb molta menys energia, va a tornar a trencar la barra del Trabucador degut a la seva pèrdua de resiliència, associada a l'artificialització progressiva del territori costaner i fluvial.

OBSERVACIONS, MODELS I ANÀLISI. NECESSITAT DE DECISIONS

L'evolució del clima marítim, incloent-hi les components meteorològiques i oceanogràfiques, està disponible des de fa anys, com mostren les pàgines web lliurement accessibles de serveis meteorològics, portuaris i de la xarxa europea Copernicus. Basats en aquesta informació, existeixen models prou calibrats que permeten predir (Lin-Ye *et al.*, 2020) de manera estadística i determinista l'onatge, el nivell del mar, els corrents i el transport de sediments per a qualsevol tram de la costa catalana. D'aquests resultats es poden obtenir, de manera directa, prediccions sobre l'impacte de temporals com el *Gloria* i l'afectació resultant per a platges i ports. L'afectació sobre les platges va associada a la seva erosió i inundació, com mostra la figura 3 per a la barra del Trabucador. Pel que fa als ports, l'afectació s'associa a l'estabilitat i l'ultrapassament dels dics o l'onatge dins el domini portuari. Aquests sistemes de predicció (Fig. 3, panell inferior) combinen models meteorològics, hidrodinàmics i morfodinàmics i han estat calibrats per a nombroses campanyes amb dades locals i imatges de satèl·lit com ara Sentinel, dins del marc de recents projectes europeus de recerca desenvolupats al LIM/UPC. Malgrat la desaparició de la xarxa catalana per a dades meteoceanogràfiques, anomenada XIOM (Xarxa d'Instrumentació Oceanogràfica i Meteorològica), els models han continuat la seva validació dins la recerca europea i nacional dels grups LIM i CIIRC de la UPC. Per aquest motiu resulta sorprenent que no es considerin aquestes prediccions per a una planificació activa de la costa, que resultaria en una reducció dels riscos sota els temporals més energètics com ara el *Gloria* el 2020.

CONCLUSIONS

Una costa tan valuosa com la catalana, sotmesa a una degradació progressiva com la de molts altres països, necessita una monitorització permanent i, per tant, el restabliment de les xarxes de mesura marítimes com la desapareguda XIOM. L'experiència d'altres crisis recents mostra el cost d'una reducció d'informació i de mitjans per a tota la societat. El desenvolupament de models meteoceanogràfics acoblats i validats (amb dades *in situ* i de satèl·lit) fan recomanable la seva introducció per a la presa de decisions costaneres, reduint riscos i costos per a tota la població i les seves activitats. Alguns d'aquests sistemes s'han implementat operativament durant proves pilot (per exemple, les desenvolupades pel LIM/UPC amb altres institucions catalanes i espanyoles), sempre amb resultats satisfactoris. La presa de decisions avançades en comptes de reactives, és a dir, com a reacció a temporals o a altres esdeveniments, resultaria en una adaptació més eficient i econòmica de la nostra costa. Ja existeixen models per a aquesta adaptació, segons l'escenari climàtic considerat (Fig. 1) però sempre considerant quins indicadors serien més rellevants per a actuar amb anticipació. Els indicadors depenen del tram de costa i de l'activitat socioeconòmica considerada, però l'experiència d'altres països europeus mostra que sempre és millor actuar anticipadament que no reactivament i precipitadament, després d'haver patit l'impacte d'un esdeveniment natural o produït per l'home que, malgrat ser possible, no s'havia previst degudament.

BIBLIOGRAFIA

- CIIRC (2010). *Estat de la zona costanera a Catalunya (Llibre Verd de la Costa Catalana)*. Generalitat de Catalunya, Barcelona. Disponible en línia a: <<https://www.icgc.cat/Llibre-verd-de-la-zona-costanera-a-Catalunya>> [Consulta: 23 de maig de 2020].
- DAE-HONG, K.; SÁNCHEZ-ARCILLA, A., i CÁCERES, I. (2017). «Depth-integrated models of onshore and offshore sandbar migration». *Ocean Modelling*. Vol. 110, p. 21-31. Doi: 10.1016/j.ocemod.2016.12.011.
- GARCÍA SOTILLO, M.; CERRALBO, P.; LORENTE, P.; GRIFOLL, M.; ESPINO, M.; SÁNCHEZ-ARCILLA, A., i ÁLVAREZ-FANJUL, E. (2020). «Coastal forecasting in Spanish ports: SAMOA operational service». *Journal of Operational Oceanography*. Vol.13,núm.1,p.37-54.Do:10.1080/1755876X.2019.1606765.
- LIN-YE, J.; GARCIA, M.; GRACIA, V.; ORTEGO, M.I.; LIONELLO, P.; CONTE, D.; PÉREZ, B., i SÁNCHEZ-ARCILLA, A. (2020). «Modelling of future extreme storm surges at the NW Mediterranean coast (Spain)». *Water*. Vol. 12, núm. 2, p. 472:1-472:24. Doi: 10.3390/w12020472.

- SÁNCHEZ-ARCILLA, A.; GRACIA, V.; SIERRA, J.P.; GARCIA, M., i MÖSSO, C. (2016). *Sistemes costaners i dinàmica litoral*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.
- SÁNCHEZ-ARCILLA, A.; LIN-YE, J.; GARCIA, M.; GRACIA, V., i PALLARÉS, E. (2019). «The land-sea coastal border: a quantitative definition by considering the wind and wave conditions in a wave-dominated, micro-tidal environment». *Ocean Science*. Vol. 15, p. 113-126. Doi: 10.5194/os-15-113-2019.
- SIERRA, J.P.; CASANOVAS, I.; MÖSSO, C.; MESTRES, M., i SÁNCHEZ-ARCILLA, A. (2016). «Vulnerability of Catalan ports to wave overtopping due to different scenarios of sea level rise». *Regional Environmental Change*. Vol. 16, p. 1457-1468. Doi: 10.1007/s10113-015-0879-x.
- SIERRA, J.P.; GARCÍA, M.; GRACIA, V., i SÁNCHEZ-ARCILLA, A. (2017). «Green measures for Mediterranean harbors under a changing climate». *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Maritime Engineering*. Vol. 170, núm. 2, p. 55-66. Doi: 10.1680/jmaen.2016.23.