Generalitat de Catalunya
Departament de Política Territorial i Obres Públiques
Departament de Medi Ambient i Habitatge
Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca

ESTAT DE LA ZONA COSTANERA A CATALUNYA

VOLUM I
Aspectes metodològics

LABORATORI D'ENGINYERIA MARITIMA
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

BARCELONA

MARÇ 2008

CIIRC
Centre Internacional d'Investigació dels Recursos Costaners

ÍNDEX

LLISTA DE FIGURES ..... **III**

LLISTA DE TAULAS ..... **V**

1. INTRODUCCIÓ **1-1**

1.1 INTRODUCCIÓ 1-1
1.2 OBJECTIUS DEL CONVENI 1-2
1.3 ESTRUCTURA DEL CONVENI 1-3
1.4 OBJECTIUS I ESTRUCTURA 1-3
1.5 EQUIP REDACTOR 1-4

2. LA COSTA CATALANA **2-1**

2.1 INTRODUCCIÓ 2-1
2.2 GEOLOGIA I GEOMORFOLOGIA 2-2
2.2.1 GEOLOGIA GENERAL 2-2
2.2.2 GEOMORFOLOGIA DEL LITORAL CATALÀ 2-4
2.3 ASPECTES CLIMÀTICS. 2-6
2.3.1 TEMPERATURA 2-6
2.3.2 VENT 2-6
2.3.3 PRECIPITACIÓ 2-7
2.4 MEDI NATURAL 2-9
2.4.1 ELS SOLS 2-9
2.4.2 VEGETACIÓ 2-10
2.4.3 PAISATGES 2-11
2.4.4EL PEIN 2-13
2.5 PLANS I PROGRAMES 2-16
2.5.1 NECESSITAT D'ORDENAR LA ZONA COSTANERA 2-16
2.5.2 EINES DE GESTIÓ A CATALUNYA 2-18

3. ZONIFICACIÓ DE LA COSTA CATALANA **3-1**

3.1 INTRODUCCIÓ 3-1
3.2 ZONIFICACIONS EXISTENTS 3-1
3.3 ZONIFICACIÓ PROPOSADA 3-5

4. DESCRIPCIÓ DE LES PLATGES **4-1**

4.1 INTRODUCCIÓ 4-1
4.2 DESCRIPCIÓ DE LA FITXA 4-1
4.3 DESCRIPCIÓ GENERAL 4-4
4.4 MORFODINÀMICA 4-7
4.5 HIDRODINÀMICA 4-10
4.6 ASPECTES MEDIAMBIENTALS 4-12
4.7 USOS 4-18
4.8 QÜESTIONARI SOBRE LA GESTIÓ DE LES PLATGES 4-21

5. ANÀLISI DE L'EVOLUCIÓ DE LA LÍNIA DE COSTA **5-1**

5.1 INTRODUCCIÓ 5-1
5.2 DADES DISPONIBLES 5-1
5.3 PRECISIÓ DE LES DADES 5-2
5.4 MÈTODE D'ANÀLISI 5-6

5.5 BALANÇ SEDIMENTARI 5-11
5.6. PROFUNDITAT DE TANCAMENT.....5-12
5.7. TRANSPORT LONGITUDINAL NET DE SEDIMENT 5-14

6. DINÀMICA LITORAL 6-1

6.1 INTRODUCCIÓ..... 6-1
6.2 CLIMA D'ONATGE 6-1
6.2.1 CARACTERÍSTIQUES MITJANES..... 6-2
6.2.2 RÈGIM DE TEMPORALS 6-7
6.3 TRANSPORT LONGITUDINAL DE SEDIMENT..... 6-11
6.3.1 MODEL DEL CERC..... 6-12
6.3.2 MODEL DE KAMPHUIS.....6-14
6.3.3 PROCEDIMENT DE CÀLCUL.....6-15
6.4. ESTAT MORFODINÀMIC 6-16

7. RESUM I CONCLUSIONS 7-1

8. REFERÈNCIES 8-1

LLISTA DE FIGURES

2.1 MAPA DE PROVÍNCIES I COMARQUES AMB FAÇANA MARÍTIMA 2-2

2.2 MAPES DE TIPUS DE COSTES DE CATALUNYA..... 2-5

2.3 MAPA DE TEMPERATURA MITJANA DE CATALUNYA (ATLES CLIMÀTIC DIGITAL DE CATALUNYA) 2-8

2.4 MAPA DE PRECIPITACIÓ ANUAL DE CATALUNYA (ATLES CLIMÀTIC DIGITAL DE CATALUNYA) 2-8

2.5 MAPA DEL PLA D'ESPAIS D'INTERÈS NATURAL DE CATALUNYA (GENCAT) 2-15

2.6. MAPA DE LA PROPOSTA DE LA XARXA NATURA 2000 DEL LITORAL SUD CATALÀ..... 2-16

2.7. CLASSIFICACIÓ DEL SÒL LITORAL DE LA ZONA DEL CAP DE CREUS REALITZADA EN L'ÀMBIT DEL PDUSC..... 2-21

2.8. RISC MUNICIPAL PER LES INUNDACIONS DEL PLA INUNCAT..... 2-25

3.1. DELIMITACIÓ DE LES MASSES D'AIGÜES COSTANERES AMB INDICACIÓ DE LA SEVA TIPOLOGIA (ACA, 2006) 3-2

3.2. DELIMITACIÓ DE TRAMS COSTANERS AL LITORAL DEL MARESME (DPTOP, 2005) 3-4

3.3. SECTORITZACIÓ (PRELIMINAR) DE LA COSTA CATALANA PER A AQUEST ESTUDI 3-7

3.4. PLATGES INCLOSES AL SECTOR 15 (PORT DE BLANES - PORT D'ARENYS) 3-8

4.1 EXEMPLE D'EINES SIG PER MESURAR ELS ELEMENTS BÀSICS D'UNA PLATJA 4-5

4.2 REPRESENTACIÓ ESQUEMÀTICA D'UN PERFIL TOPOGRÀFIC, DE LA BERMA I DEL PENDENT D'UNA PLATJA 4-5

4.3 TAMISADORA MECÀNICA 4-6

4.4 EXEMPLE DE RESULTATS OBTINGUTS EN L'ANÀLISI GRANULOMÈTRICA AMB GRADISTAT: PARÀMETRES ESTADÍSTICS I CORBA DE DISTRIBUCIÓ GRANULOMÈTRICA 4-7

4.5 EXEMPLE DE PLATJA OBERTA (MALGRAT DE MAR) 4-8

4.5 (CONTINUACIÓ) EXEMPLE DE PLATJA ENCAIXADA (TOSSA DE MAR) 4-8

4.5 (CONTINUACIÓ) EXEMPLE DE PLATJA SEMI-ENCAIXADA.....4-8

4.6 EXEMPLE DE PLATJA URBANA (LLORET DE MAR) 4-12

4.6 (CONTINUACIÓ) EXEMPLE DE PLATJA SEMIURBANA (CANYELLES) 4-13

4.6 (CONTINUACIÓ) EXEMPLE DE PLATJA NATURAL (LA FONDA - WAIKIKI) 4-13

4.7 EXEMPLE DE ZONA PROTEGIDA PER XARXA NATURA 2000 A LES PROXIMITATS D'UNA PLATJA (S'ABANELL I MALGRAT) 4-14

4.8 EXEMPLE DE MAPA D'HÀBITATS OBTINGUT DEL DEPARTAMENT DE MEDI AMBIENT PER A LA ZONA NORD DEL MARESME 4-15

4.9 EXEMPLE DEL CATÀLEG DE ZONES HUMIDES INVENTARIADES DEL DEPARTAMENT DE MEDI AMBIENT A LA DESEMBOCADURA DE LA TORDERA 4-15

4.10 EXEMPLE DE DELIMITACIÓ DEL RÈGIM URBANÍSTIC DEL SÒL I UNITATS TERRITORIALS COSTANERES AL PDUSC A LA ZONA DE LA DESEMBOCADURA DE LA TORDERA (DPTOP) 4-16

4.11 EXEMPLE DE ZONES INUNDABLES A L'INUNCAT A LA ZONA DE LA DESEMBOCADURA DE LA TORDERA (DEPARTAMENT DE MEDI AMBIENT) 4-17

5.1. ESQUEMATITZACIÓ DE L'ERROR EN LA POSICIÓ DE LA LÍNIA DE RIBA EN FUNCIÓ DE LA COTA ESCOLLIDA PER A LA SEVA DEFINICIÓ PER A DOS PERFILS DE PENDENT DIFERENT 5-5

5.2. REPRESENTACIÓ EN ARCVIEW DE LES TAXES D'EVOLUCIÓ DE LES LÍNIES DE RIBA ANALITZADES (ANYS 1995 —CELESTE—, 2000 —VERMELL— I 2004 —TARONJA—) A PARTIR DELS TRANSSECTES (VERD) GENERATS DE LA LÍNIA DE CONTROL (NEGRE) CADA 100 METRES..... 5-7

5.3. ESTIMACIÓ HIPOTÈTICA DE LA TAXA EVOLUTIVA DE LA LÍNIA DE COSTA MITJANÇANT EL MÈTODE EPR PER A DUES COSTES AMB IGUAL EPR PERÒ DIFERENT COMPORTAMENT EVOLUTIU 5-8

5.4. ESTIMACIÓ HIPOTÈTICA DE LA TAXA EVOLUTIVA DE LA LÍNIA DE COSTA MITJANÇANT EL MÈTODE LR PER A UN CONJUNT DE DADES MAL CONDICIONAT (EFECTES D'UN CONGLOMERAT DE DADES) 5-9

5.5. ESTIMACIÓ HIPOTÈTICA DE LA TAXA EVOLUTIVA DE LA LÍNIA DE COSTA QUAN EXISTEIX UN CANVI DE COMPORTAMENT 5-10

5.6. ESTIMACIÓ DE LA HS QUE S'HA D'UTILITZAR PER AVALUAR DC A PARTIR DE LA DISTRIBUCIÓ MARGINAL D'ALTURA D'ONA 5-14

6.1. ROSA D'ONATGE..... 6-3

6.2. ZONIFICACIÓ D'UN RÈGIM D'ONATGE (COPEIRO, 1978) 6-6

6.3. ALGORITME PER AL CÀLCUL DE LA CAPACITAT DE TRANSPORT LONGITUDINAL..... 6-15

6.4. CONFIGURACIÓ EN PLANTA I PERFIL PER ALS SIS PRINCIPALS ESTATS MORFODINÀMICS D'UNA PLATJA (USACE, 2002, ADAPTAT DE WRIGHT I SHORT, 1984) 6-18

6.4 (CONTINUACIÓ). CONFIGURACIÓ EN PLANTA I PERFIL PER ALS SIS PRINCIPALS ESTATS MORFODINÀMICS D'UNA PLATJA (USACE, 2002, ADAPTAT DE WRIGHT I SHORT, 1984) 6-19

LLISTA DE TAULES

4.1 EXEMPLE DE FITXA DE LES CARACTERÍSTIQUES BÀSIQUES, MORFODINÀMIQUES I HIDRODINÀMIQUES D'UNA PLATJA 4-2

4.2 EXEMPLE DE FITXA PER ALS ASPECTES MEDIAMBIENTALS I D'USOS D'UNA PLATJA 4-3

5.1 LÍNIES DE RIBA UTILITZADES PER ESTIMAR L'EVOLUCIÓ COSTANERA A LLARG TERMINI..... 5-2

5.2. ERRORS ESTIMATS EN LA POSICIÓ DE LA LÍNIA DE RIBA PER A CADA CONJUNT DE DADES..... 5-5

5.3. EXEMPLE D'ERROR MÀXIM I TAXA EVOLUTIVA MÍNIMA..... 5-10

6.1. FUNCIONS DE DISTRIBUCIÓ DE PROBABILITAT DE NO EXCEDÈNCIA PER AL RÈGIM MITJÀ..... 6-6

6.2. FUNCIONS DE DISTRIBUCIÓ PER AL RÈGIM DE TEMPORALS DE TIPUS FISHER-TIPPETT..... 6-9

6.3. POSICIONS DE DIBUIX PER AL RÈGIM DE TEMPORALS.....6-11

6.4. VALORS DEL COEFICIENT K DEL CERC (MODIFICAT DE KOMAR, 1998) (* VALOR DE K AMB HS).6-13

Capítol 1
Introducció

1.1 INTRODUCCIÓ

La gestió i/o planificació de la zona costanera requereix entendre-la com un sistema altament dinàmic, el qual evoluciona a diferents escales de temps i espai, cosa que confereix a aquesta part del territori una gran mobilitat, que condiciona qualsevol tipus d'actuació que s'hi faci. Per aquest motiu, a l'hora de plantejar qualsevol tipus de planificació en aquesta zona, incloent-hi les diferents actuacions que s'hi hagin de portar a terme, és necessari conèixer el seu estat evolutiu, és a dir, el comportament dinàmic al llarg del temps i els factors que el determinen, així com preveure el seu estat futur i facilitar-ne el seguiment.

Malgrat la necessitat de disposar d'aquest tipus d'informació, en l'actualitat es pot dir que en general hi ha una manca d'informació, almenys de manera sistemàtica, al llarg del litoral de Catalunya. La majoria de la informació existent és antiga i, en el cas de la més recent, és parcial (per a alguns trams de costa on s'han redactat alguns projectes d'enginyeria de costa) i, generalment, dispersa. A més a més, normalment la informació s'ha recollit seguint diferents mètodes, sense la sistemàtica necessària per poder ser utilitzada de manera pràctica en objectius diferents d'aquells per als quals va ser pensada (manca d'informació de base o dels mètodes d'anàlisi, precisió, etc.).

Per aquesta raó la Generalitat de Catalunya, a través del Departament de Política Territorial i Obres Públiques, el Departament de Medi Ambient i Habitatge i el Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca, ha signat un conveni de col·laboració amb el Centre Internacional d'Investigació dels Recursos Costaners per portar a terme l'estudi de l'estat de la zona costanera a Catalunya.

1.2 OBJECTIUS DEL CONVENI

L'objectiu general d'aquest conveni és fer un estudi en el qual es caracteritzi l'estat i l'evolució de la zona costanera de Catalunya i que serveixi com a referència de base per a la planificació i la gestió costanera, així com per a la redacció de qualsevol projecte que s'hagi de realitzar en aquesta zona.

Dins d'aquest objectiu general, el que es pretén és subministrar al planificador i al projectista tota la informació disponible per:

- Preveure el comportament costaner de la zona d'interès.
- Conèixer els usos i recursos existents.
- Preveure la interacció de la planificació i obra amb la costa (i, en conseqüència, poder avaluar els impactes potencialment generables).
- Dissenyar qualsevol obra de protecció costanera partint d'una anàlisi preliminar del funcionament de la zona.
- Obtenir, a partir d'aquí, orientacions sobre casos possibles per a cada tram de la costa.
- Obtenir també orientacions sobre la tipologia de mesures correctores escaients.
- Proporcionar, finalment, criteris per establir la qualitat en l'estat de la costa.

La informació recollida permetrà a la vegada generar indicadors de l'estat de la zona costanera, així com poder establir recomanacions dels usos que s'hagin de promoure. La zona costanera comprendrà, pel costat de mar, la zona més activa pel perfil de platja i àrees limítrofes en funció de la informació batimètrica i granulomètrica disponible (arribant, sempre que sigui possible, fins a la zona de plataforma d'interès per a activitats de pesca i aqüicultura). A partir d'aquí, en el cas d'existència de problemes, es podrà recomanar el tipus de solucions o la gestió dels usos que s'hagin d'implementar.

1.3. ESTRUCTURA DEL CONVENI

El desplegament del conveni s'estructura entorn d'una sèrie d'informes que recullen les activitats realitzades al llarg d'aquest. Així, l'estructura dels informes és la següent:

- Un primer document de base en el qual es recullen els aspectes bàsics de la metodologia que s'ha de seguir durant els treballs.

- Un conjunt de tres informes en els quals s'inclouen els resultats parcials obtinguts en cadascuna de les zones costaneres corresponents a les províncies de Barcelona, Girona i Tarragona. En cadascun es presenta el diagnòstic tant per a cada una de les grans unitats costaneres en què es divideix cada província com per a cada una de les unitats elementals que les componen (platges).

- Un últim document de síntesi on es valora de manera conjunta l'estat de la zona costanera de Catalunya i s'identifiquen els conflictes existents al llarg de la costa. Aquest document es redacta de manera aplicada, orientada als objectius i interessos dels tres departaments signataris d'aquest conveni quant a la gestió de la zona costanera.

1.4 OBJECTIUS I ESTRUCTURA

L'objectiu d'aquest document és presentar amb detall els principals aspectes metodològics que s'utilitzaran en el desenvolupament de l'estudi.

D'acord amb aquest objectiu, en el capítol 2 es presenta una breu introducció als aspectes generals que serveixen per caracteritzar la costa catalana. Així mateix, en aquest capítol es presenta una revisió de diferents elements de planificació existents l'àmbit dels quals sigui la zona costanera o sigui més general però inclogui la zona costanera o hi interaccioni. En el capítol 3 es presenta una primera aproximació a la

zonificació de la costa catalana amb la finalitat d'identificar les unitats costaneres en les quals es realitza l'anàlisi. En el capítol 4 es descriuen amb detall totes les variables utilitzades per caracteritzar les platges de la costa catalana, incloent-hi la metodologia de càlcul seguida. En els capítols 5 i 6 es presenten tots els aspectes metodològics referents als càlculs que s'han de realitzar per caracteritzar la dinàmica litoral i l'evolució costanera, elements bàsics en la caracterització de l'estat físic de la costa catalana. En el capítol 7 es presenta un breu resum dels aspectes considerats en el document, i en el capítol 8 s'inclouen totes les referències utilitzades en el treball.

1.5 EQUIP REDACTOR

L'equip redactor d'aquest estudi està compost pels membres del Laboratori d'Enginyeria Marítima següents:

- Dr. José A. Jiménez, oceanògraf, cap de l'Àrea de Morfodinàmica i Gestió Costanera del LIM/UPC i catedràtic de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona (ETSECCPB).
- Dra. Herminia I. Valdemoro, oceanògrafa, investigadora de l'Àrea de Morfodinàmica i Gestió Costanera del LIM/UPC i tècnica de recerca de la UPC.
- Dr. Vicenç Gracia, geòleg, investigador de l'Àrea de Morfodinàmica i Gestió Costanera del LIM/UPC i professor ajudant de l'ETSECCPB.
- Francesco Solé, ambientòleg, investigador de l'Àrea de Morfodinàmica i Gestió Costanera del LIM/UPC.
- Dr. Eduard Ariza, ambientòleg, investigador de l'Àrea de Morfodinàmica i Gestió Costanera del LIM/UPC.
- E. Tonatiuh Mendoza, oceanògraf, investigador de l'Àrea de Morfodinàmica i Gestió Costanera del LIM/UPC.

El director de l'estudi és:

- Dr. Agustín Sánchez-Arcilla, enginyer de camins, canals i ports, catedràtic de l'ETSECCPB i director del Laboratori d'Enginyeria Marítima de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Capítol 2
La costa catalana

2.1 INTRODUCCIÓ

La costa ha estat des de sempre una franja de territori de la qual l'home ha extret un gran benefici, tant des del punt de vista dels recursos naturals com dels seus valors estètics i, més recentment, com a zona de generació d'una gran part d'activitats d'esbarjo, de la qual treu un profit econòmic. Aquest interès ha portat a un model de distribució de la població amb tendència a concentrar-se vora el mar i, en aquest sentit, no n'és una excepció la costa catalana. D'acord amb el Pla director urbanístic del sistema costaner (PDUSC, 2004), la zona litoral catalana, entesa com la franja des de la línia de costa fins a 500 m terra endins, representa el 7 % de tot el territori de Catalunya, malgrat que concentra gairebé la meitat de la població.

Des d'una perspectiva geogràfica, la franja litoral catalana s'estén des del cap de Portbou, a la comarca de l'Alt Empordà, fins a la desembocadura del riu de la Sénia, al sud, que posa fi a la comarca del Montsià. Això representa una longitud total de costa de 580 km, segons el Pla de ports de Catalunya (2006), o de 670 km, segons el PDUSC (2004).

A la figura 2.1 es presenta el mapa geopolític de Catalunya, en el qual s'observen tres de les quatre províncies que confronten amb el mar i que de nord a sud es corresponen amb les províncies de Girona, Barcelona i Tarragona, que al seu torn es divideixen en 12 comarques: l'Alt Empordà, el Baix Empordà, la Selva, el Maresme, el Barcelonès, el Baix Llobregat, el Garraf, el Baix Penedès, el Tarragonès, el Baix Camp, el Baix Ebre i el Montsià.

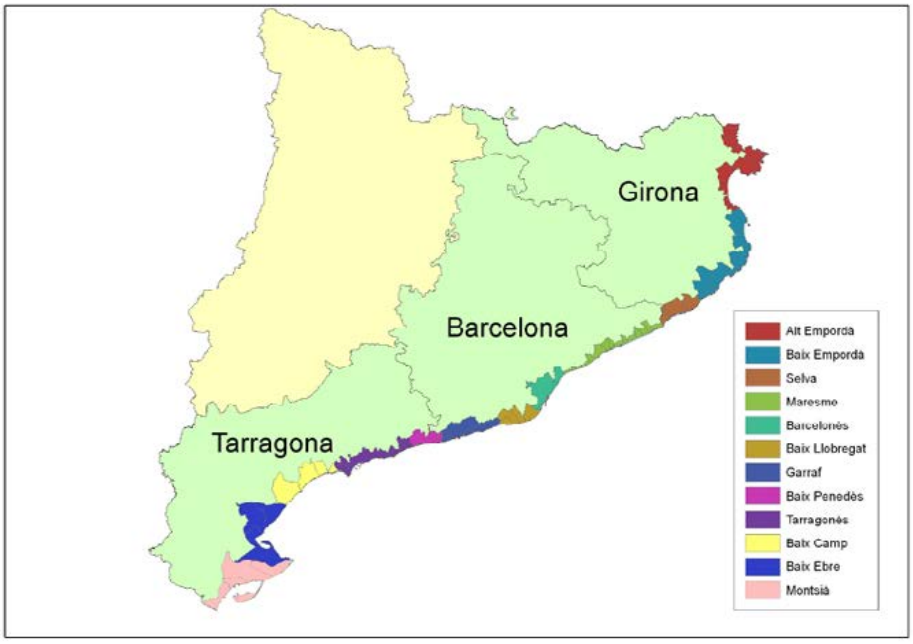

Figura 2.1 Mapa de províncies i comarques amb façana marítima

En aquest capítol es presenta una descripció dels diferents factors físics que caracteritzen la costa catalana i que van des d'aspectes geològics i geomorfològics fins a climatològics, incloent-hi elements com la temperatura, el règim de vents i el grau de precipitacions. Seguidament es descriuen elements relacionats amb el medi natural com la tipologia dels sòls, la coberta vegetal i el paisatge. El capítol inclou els aspectes més rellevants del Pla d'espais d'interès natural de Catalunya, on s'estableixen les zones geogràfiques de Catalunya amb valors naturals d'interès general mitjançant un règim jurídic especial destinat a garantir-ne la conservació. Així mateix, el capítol conclou amb una breu revisió dels principals plans existents a Catalunya que tenen com a àmbit d'aplicació la zona costanera o, d'alguna manera, hi tenen influència.

2.2 GEOLOGIA I GEOMORFOLOGIA

2.2.1 Geologia general

A grans trets Catalunya presenta un registre geològic complex on es poden distingir

dues grans etapes: el cicle hercinià (eres primària, secundària i terciària) i el plegament alpí.

A l'inici de l'era primària Catalunya formava part d'una conca oceànica en la qual es dipositaven materials sedimentaris fins que van experimentar processos de metamorfisme (esquists silurians). Al final d'aquesta era va tenir lloc una fase de plegament (plegament hercinià), que va determinar un període de sedimentació irregular de materials calcaris (devonià) i conglomerats, cosa que va provocar la formació d'àrees emergides, amb relleus amb una orientació NW-SE i on el mar inundava les parts que ara corresponen als Pirineus i el sector meridional del Sistema Mediterrani. L'era secundària i l'inici del terciari es caracteritzen pel fet de ser períodes en què es produeix una acumulació de sediments en ambdues fosses marines, la fossa pirinenca i la fossa mediterrània.

En la segona etapa, coneguda com a plegament alpí, els sediments van experimentar una elevació i van formar els Pirineus i el Sistema Mediterrani, mentre es desenvolupava un procés d'enfonsament del massís de l'Ebre. Les fases de descompressió posteriors van provocar l'enfonsament del massís catalanobalear i l'aparició de les fosses tectòniques del Sistema Mediterrani (Depressió Prelitoral) i els Pirineus (Cerdanya). L'actual Depressió Central va passar per una etapa de mar interior on s'acumulaven els materials al·luvials procedents dels relleus pirinencs i mediterranis. La dessecació progressiva d'aquest mar, juntament amb l'aparició d'alguns fenòmens de vulcanisme (Olot) i l'acció erosiva, van originar la geologia i relleu actuals de Catalunya.

En l'actualitat, la costa de Catalunya pot dividir-se en quatre grans àrees segons les característiques geològiques de la seva part continental (Pla de ports de Catalunya, 2006):

- El límit oriental dels Pirineus: constituït per materials paleozoics metamòrfics i granítics, molt resistents a l'erosió. Destaquen les unitats de la península del cap de Creus i la costa des de Llançà fins a Banyuls de la Marenda.

- La Depressió de l'Empordà: constituïda per materials al·luvials recents, és una depressió que tendeix a ser reblerta pels aportaments dels rius Muga, Fluvià i Ter. Aquests aportaments esdevenen els trams de costa baixa de tipus deltaic i contribueixen a la formació de maresmes.
- El sistema litoral català des del Barcelonès fins al cap de Begur, constituït per la Serralada Litoral, la Depressió del Vallès - Penedès i la Serralada Prelitoral, constituïda per roca calcària a la zona del Garraf, per roca granítica a la zona del Barcelonès i del Maresme i per roca granítica i metamòrfica a la part de la Costa Brava més meridional.
- Les estribacions de la Serralada Prelitoral, que incideix a l'alçada del cap de Salou i continua fins a la seva confluència amb el Sistema Ibèric. Està constituïda per materials de tipus calcari.

2.2.2 Geomorfologia del litoral català

Des d'un punt de vista físic, el relleu costaner català està format per dues alineacions muntanyoses paral·leles: la Serralada Prelitoral i la Serralada Litoral, separades entre si per la Depressió Prelitoral. Aquestes serralades es troben paral·leles a la costa, amb una orientació NE-SW.

L'Institut Geològic i Miner d'Espanya defineix el litoral com la zona d'interfície entre el mar i el continent i el divideix en tres zones: la zona supralitoral, situada per sobre del límit superior de l'onatge, que presenta diferents formes (dunes, platges, penya-segats, etc.); la zona interlitoral, on l'onatge té major acció i on es presenta la màxima energia, i la zona infralitoral, la part submergida, que al Mediterrani està situada aproximadament a uns 20 m.

En funció de la seva geomorfologia, la zona supralitoral es classifica en: costes abruptes, costes baixes i deltes, la distribució de les quals al llarg del litoral català es pot veure a la figura 2.2.

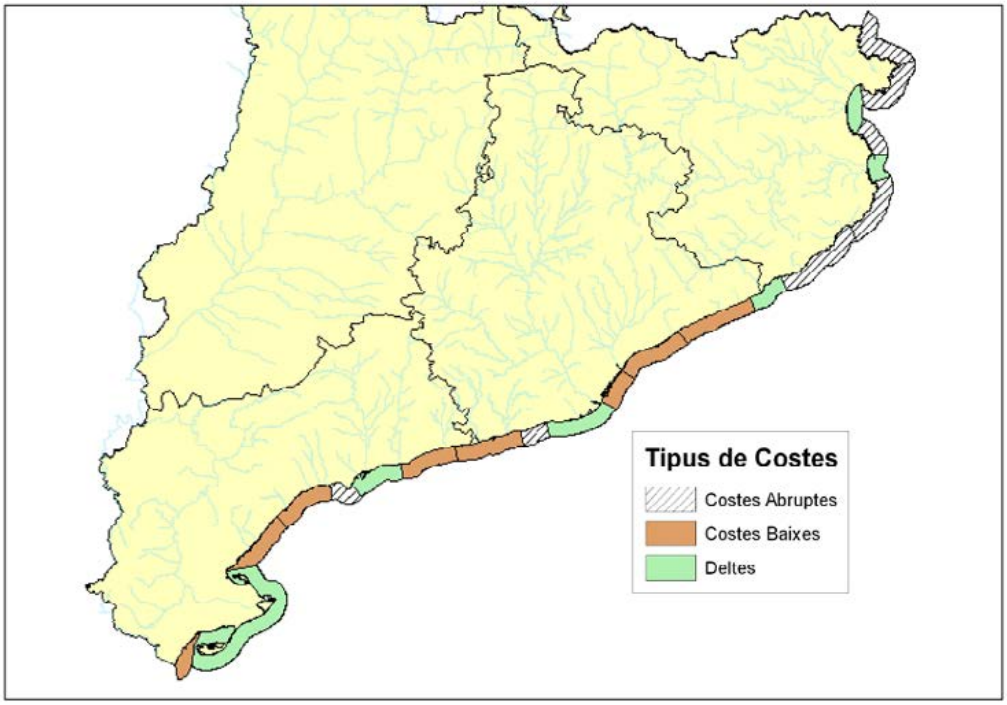

Figura 2.2 Mapes de tipus de costes de Catalunya

Els deltes són importants dipòsits sedimentaris formats a partir dels aportaments d'un riu quan desemboca al mar. Aquests aportaments constitueixen la font principal d'alimentació de materials sòlids a les platges. Les rieres i les rambles del litoral també aporten materials sòlids, encara que les seves dimensions són molt més petites que les dels deltes creats pels rius.

Les costes baixes es caracteritzen pel fet de tenir pendents relativament suaus, sense grans desnivells, i les seves platges es divideixen en platges encaixades i platges obertes. Les platges encaixades s'instal·len a recer dels entrants rocosos del litoral, mentre que les platges obertes són de gran longitud variable. Es caracteritzen pel fet de tenir una línia de platja en planta poc encorbada i estar associades a les planes deltaiques.

Les costes abruptes poden ser de dos tipus: costes rocoses i costes escarpades. Les costes rocoses es caracteritzen pel fet de ser de pendent inferior a les costes escarpades i d'alçada menor a 20 m. Les costes escarpades, en funció de la seva alçada (més de

20 m), es classifiquen en costes de petits i grans penya-segats. En aquest darrer tipus de costa escarpada no es troben les platges de grans dimensions. En canvi, són característiques les platges encaixades en entrants d'aigua dels penya-segats. Són les anomenades *cales*.

2.3 ASPECTES CLIMATICS

2.3.1 La temperatura

Situada dins de la zona temperada de l'hemisferi nord, entre els 40º 32' i els 42º 53', Catalunya presenta un clima mediterrani amb temperatures mitjanes anuals relativament elevades que van des dels 0 °C a les zones més fredes dels Pirineus fins als 17 °C al sector costaner (vegeu la figura 2.3). *L'amplitud tèrmica anual* més gran es troba a les planes interiors, amb una variació d'entre 18-21 °C, i a la zona costanera presenta una oscil·lació d'entre 13-15 °C, la qual cosa fa que a les comarques litorals les gelades siguin escasses i els estius més frescos.

El patró i la distribució de la temperatura són el resultat d'una sèrie de factors, entre els quals el mar té un paper primordial, ja que actua com a regulador tèrmic. En general es distingeixen dues grans masses d'aire: la tropical marítima, caracteritzada per un anticicló procedent de l'Àfrica amb aire sec i calent que es presenta a l'estiu, i la polar marina, una massa d'aire freda i seca procedent de l'Atlàntic nord i que es presenta fonamentalment durant els mesos freds de l'any.

2.3.2 El vent

Diversos factors influeixen en la direcció del vent: d'una banda, els centres d'acció, les masses d'aire i la circulació atmosfèrica regional, i d'una altra, els factors geogràfics, la cobertura vegetal, etc.

Els vents predominants al territori català, tant per la seva freqüència com per la seva intensitat, són la tramuntana i el mestral. La tramuntana és un vent fort, sec i fred que arriba a la plana empordanesa, de direcció nord-nord-oest; bufa amb molta intensitat, sobretot durant els mesos freds, de novembre a març. El mestral es canalitza pel Pirineu Occidental i la vall de l'Ebre. Al llarg del tram entre el cap Salou i el delta de l'Ebre és el vent predominant.

El ponent és un vent que arriba amb força a les costes catalanes després de travessar la península Ibèrica i generalment està associat a depressions situades al nord d'Europa. El garbí és un vent d'origen tèrmic, que origina les marors de la costa central i sud i que es reforça amb les entrades de fronts atlàntics. El migjorn, el xaloc i el llevant són vents bastant humits que estan associats normalment a fronts càlids. La situació sinòptica que els genera és una depressió al nord de l'Àfrica, afegida a un anticicló al nord d'Europa.

2.3.3 La precipitació

La configuració del relleu català es tradueix en una gran variabilitat de precipitacions, amb valors superiors als 1.200 mm en les àrees d'alta muntanya i valors per sota dels 300 mm a les planícies occidentals. L'isohieta dels 700 mm s'utilitza com a marca de referència per separar la Catalunya denominada humida de la seca.

La zona costanera es troba dins de la Catalunya seca (vegeu el mapa de la figura 2.4). Tanmateix, algunes zones pròximes a la costa són més plujoses que les interiors, a causa d'alineacions muntanyoses que retenen l'aire humit procedent del Mediterrani, cosa que impedeix que les precipitacions arribin a l'interior. El règim pluviomètric estacional descriu la distribució de les pluges prenent com a referència temporal les estacions de l'any. En el cas de la franja costanera, l'estació més plujosa és la tardor, especialment els mesos de setembre i octubre, i els mínims de pluja es produeixen el mes de juliol, amb valors semblants a les mitjanes de gener i febrer.

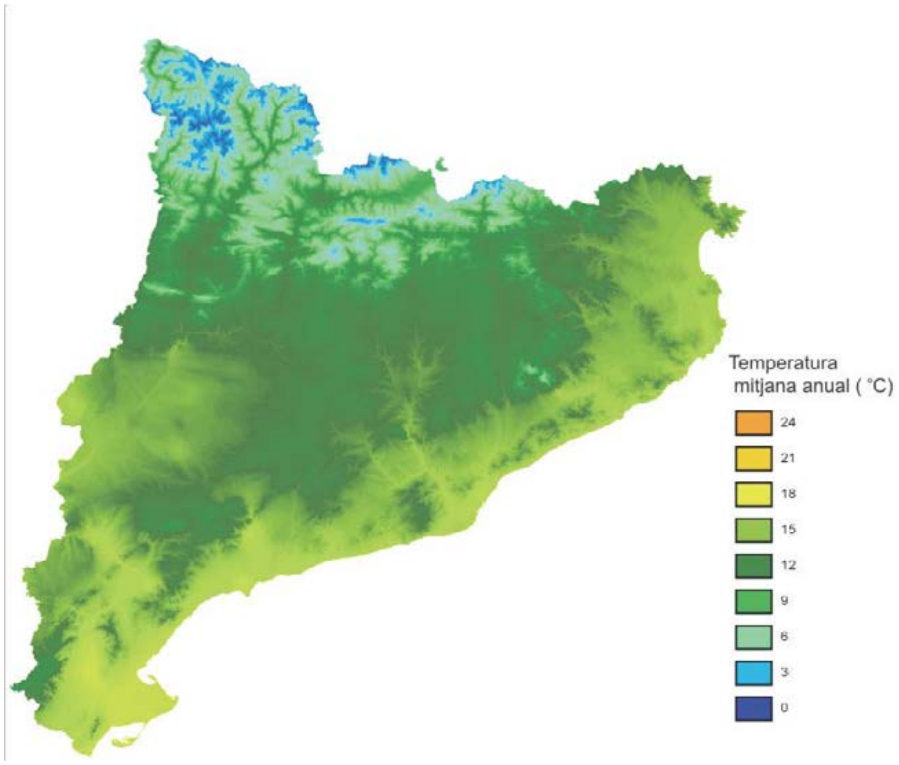

*Figura 2.3 Mapa de temperatura mitjana de Catalunya (*Atles climàtic digital de Catalunya*)*

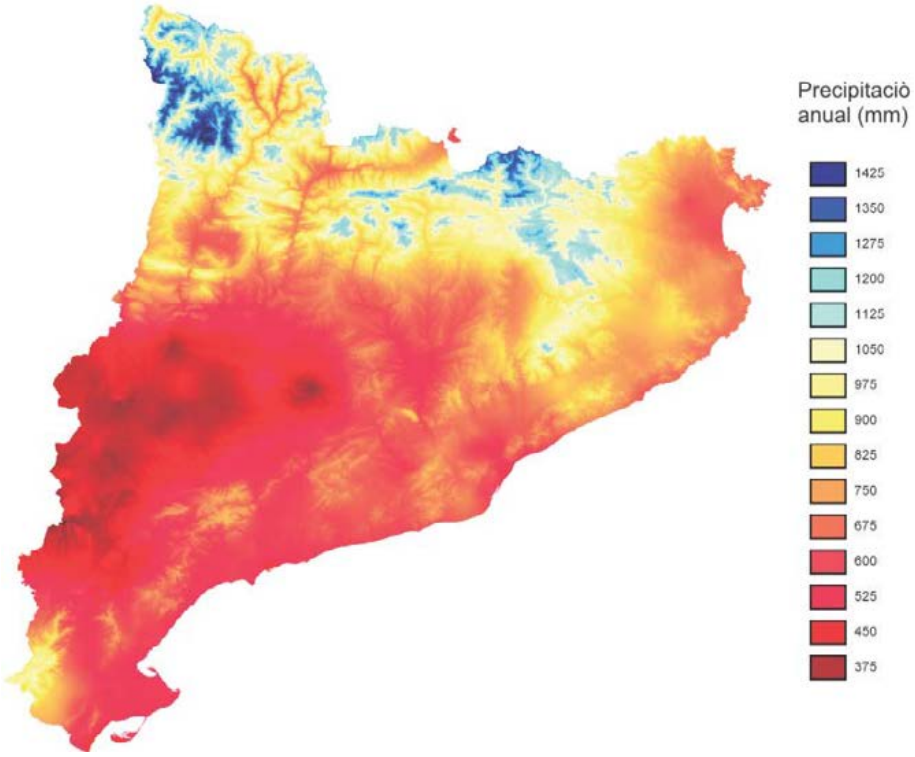

*Figura 2.4 Mapa de precipitació anual de Catalunya (*Atles climàtic digital de Catalunya*)*

2.4 MEDI NATURAL

2.4.1 Els sòls

En termes geològics, i de manera general, existeixen els terrenys *primaris*, *secundaris*, *terciaris* i *quaternaris*. Els *primaris* són restes de massissos hercinians parcialment incorporats als relleus dels Pirineus i del Sistema Mediterrani que estan constituïts per materials granítics i esquistosos. Els *secundaris* són predominantment calcaris i es presenten a les zones del Prepirineu. Els terrenys *terciaris* i *quaternaris* estan formats per argiles i són conglomerats.

Si només es consideren els factors climàtics com la latitud i altitud, s'obté el concepte de *sòl zonal*. Dins d'aquest grup cal considerar en primer terme els sòls que no han pogut evolucionar per falta de calor i presenten un perfil de tipus AC, és a dir, el que està compost per una capa de matèria orgànica més o menys evolucionada (A), directament disposada sobre la roca mare (C). Aquests sòls són propis de muntanya (Pirineus).

Dins d'aquesta classificació hi ha els sòls denominats *bruns*, que experimenten un procés de brunificació. Es presenten en climes temperats, on la vegetació natural permanent és el bosc caducifoli o mixt. El perfil A hi presenta una molt bona estructura, de tipus grumollós gruixut. Aquest tipus de sòl és present tant als Pirineus com a les serralades costaneres catalanes amb àrees molt extenses, particularment en les formes intermèdies amb caràcter més meridional: bru meridional i bru fersial·lític.

Els *sòls fersial·lítics* corresponen a una primera fase evolutiva dels denominats *sòls amb sesquiòxids*, en els quals la gran alteració dels materials primaris provoca que la matèria orgànica de la superfície tingui una degradació ràpida i condueix a una concentració dels rovells. Aquests tipus de sòls abunden al litoral, ja que són propis de climes càlids i es formen sota l'alzinar mediterrani.

2.4.2 La vegetació

A les planes baixes, on el clima és relativament càlid i mediterrani, predominen les plantes d'origen meridional. A mesura que es va ascendint es pot observar que aquestes són substituïdes per plantes d'origen europeu, i s'arriba a un punt en el qual les muntanyes presenten una vegetació semblant a la de l'Europa atlàntica. Als sectors més elevats dels Pirineus la vegetació s'assembla cada vegada més als paratges alpins, siberians i escandinaus.

En termes de vegetació, el territori es divideix en tres grans regions fitogeogràfiques: la mediterrània, l'euro-siberiana i la boreoalpina. Aquestes al seu torn se subdivideixen en unitats inferiors, que corresponen a modificacions locals de la vegetació, en la variació de la qual intervenen el relleu, l'exposició, el clima local o l'acció de l'home. Aquestes variacions són tan marcades que no es troben grans extensions d'una vegetació determinada, sinó una sèrie d'agrupacions de diferents tipus.

Com ja s'ha dit, excepte els Pirineus i algunes parts muntanyoses altes, la resta del territori de la comunitat pertany a la regió mediterrània. En la vegetació mediterrània destaca el predomini de les plantes endèmiques, amb algunes de procedents de les terres orientals d'Europa i Àsia, dels deserts subtropicals i molt poques de l'Àfrica tropical. Abunden les plantes perennifòlies, tant si són *aciculifòlies* com *planifòlies*.

Són freqüents les adaptacions a la sequera, com la marcada tendència a la reducció de la mida de les plantes, l'altura escassa dels arbres, les fulles petites en general recobertes de vernís, que evita una transpiració forta. Abunden els fulls de limbe molt estret i en molts casos diminuts, o en forma d'escames, com el xiprer o les savines. Altres plantes, com les ginestes, gairebé no tenen fulles; d'altres es panseixen en temps sec i es recomponen en temps plujós, com és el cas dels cists o estepa blanca.

Entre les plantes herbàcies són molt freqüents les de fulles dures, com l'espart. Un gran nombre d'herbes anuals neixen a la tardor i a la primavera creixen i floreixen en poc

temps i moren a l'estiu, passant el període de sequera estival en forma de llavors.

Predominen les plantes llenyoses, arbusts i arbres, amb un sistema radical molt potent que els permet assolir profundes capes freàtiques i els dipòsits d'humitat que es formen a l'hivern, gràcies als quals poden resistir el període estiuenc.

Dins de les principals comunitats vegetals al litoral català es troba el *bosc esclerofil·le*. És un bosc de fulla plana, petita i verda durant tot l'any, format bàsicament per alzinars i suredes. Als territoris no conreats ni urbanitzats predominen les bardisses amb o sense pins. Les formacions de garrigues són les més freqüents. Una altra comunitat és la de les *màquies esclerofil·les,* característiques de clima més sec. Al litoral es troben les *màquies termòfiles*, que poden ser de dos tipus: la *màquia provençal* d'ullastre i llentiscle, en la qual es barregen espècies mediterrànies meridionals que només es troben a la costa septentrional. En el llentiscle dominen els arbusts com el garric (*Quercus coccifera*) i l'ullastre, que s'estén des de la desembocadura del Llobregat cap al sud.

La vegetació pròpia del litoral marí és molt particular i característica. A les platges de sorra predominen les gramínies seques i fins i tot s'hi troben espècies ornamentals com el lliri de mar. L'*Ammophila arenaria* fixa la sorra, que, en acumular-se, inicia la formació de les dunes. A les parts on la sorra no és tan mòbil es troben altres plantes, com les mates d'*Arthrocnemum fruticosum*, molt ramificades i pràcticament desproveïdes de fulls. On la salinitat és menor apareixen joncs (*Juncus maritimus*) i plantatges *(Plantago crassifolia*). Finalment, als deltes i prop de la boca dels rius prolifera una vegetació de canyís, pròpia de zones lacustres.

2.4.3 Els paisatges

Emmarcant la zona catalana es troben dos tipus de paisatges: el domini euro-siberià i el domini mediterrani. Com que aquí estem caracteritzant la zona litoral, només esmentem les característiques del segon domini.

Al territori català poden distingir-se variacions paisatgístiques relacionades amb el mar, o bé per la distància o bé per la presència de relleus més o menys contigus a la costa. Aquest fet condueix a considerar dos subdominis, el *subhumit* i el *mediterrani àrid* (*Geografía de España*, 1991).

En el *subdomini subhumit* les influències marítimes són acusades, particularment la humitat ambiental. Es divideix en altres unitats de rang inferior, com la *megageocora de l'alzinar provençal* i la del *garrigar*, de tendència més marítima la primera i continental la segona.

— La *megageocora de l'alzinar provençal* inclou al seu torn dues unitats inferiors, diferenciades bàsicament pel relleu i la litologia. La més septentrional, la *macrogeocora de l'Empordà*, està constituïda per una plana oberta al mar, formada per materials geològics tous (argiles, llims), que originen sòls agrícoles molt bons, en un paisatge totalment alterat per l'home (agricultura, turisme). La meridional, denominada *de les Gavarres i Montnegre*, s'estén per una franja costanera des del cap de Begur fins al riu Llobregat. Aquí el relleu definidor és el de la Serralada Litoral, juntament amb les característiques dels materials, molt pobres en carbonats. L'alzinar típic ha estat substituït per la sureda.

— La *megageocora del garrigar* s'estén per les vores de la Depressió Central, al peu dels Pirineus. L'acusada disminució de la influència marítima origina un paisatge constituït per un altre tipus d'alzinar, el garrigar, una mica més fràgil que l'alzinar marítim i que ha estat molt castigat per l'acció de l'home, de manera que en bona part ha estat substituït per la pineda de pi blanc.

El subdomini mediterrani àrid, amb més de quatre mesos àrids a l'estiu, està representat en la comunitat per dues unitats, però només una, la *megageocora de la màquia del litoral meridional*, es troba prop del mar. Situada al sud del Llobregat, els seus relleus poc acusats són propicis al creixement d'una vegetació arbòria en la qual l'alzinar cedeix el lloc a una màquia de llentiscle i margalló.

2.4.4 El Pla d'espais d'interès natural de Catalunya

Com s'ha vist, a Catalunya coincideixen un bon nombre d'ambients naturals representatius de moltes de les estructures de paisatge. Aquesta varietat determina una extraordinària diversitat biològica que s'ha preservat fins als nostres dies. No obstant això, la intensa humanització que ha sofert el territori ha transformat paisatges, ha modelat grans extensions i ha modificat contorns en molt poc temps. En aquest sentit, l'Administració pública ha dedicat un seguit d'esforços a preservar determinades parts del territori considerades excepcionals pels valors naturals que atresoren. A Catalunya se superposen tres tipus o nivells diferents de normes conservacionistes de la natura, segons el seu àmbit territorial i també el tipus de mesures que contenen per dur a terme la seva finalitat proteccionista.

Un primer nivell, de protecció horitzontal, el constitueix la normativa d'aplicació general a tot el territori del país. Així, la legislació d'espècies protegides, de control de la contaminació i de l'impacte ambiental, d'aigües, de costes, forestal, urbanística, etc. conté disposicions amb contingut proteccionista, de compliment obligatori a qualsevol indret, amb independència de l'àrea concreta.

Un segon nivell, de protecció territorial, correspon precisament al Pla d'espais d'interès natural (PEIN). Consisteix a establir sobre determinades zones que contenen valors naturals d'interès general (és a dir, es refereix al conjunt del territori de Catalunya) un règim jurídic destinat a garantir la conservació d'aquests valors davant les causes de degradació potencials que poden afectar-los significativament (urbanitzacions, pedreres, infraestructures, grans variacions de l'ús del sòl, etc.). És, doncs, una reserva del sòl amb valors naturals remarcables, que així queda exclòs de transformacions importants.

Un tercer nivell de protecció el constitueixen els anomenats genèricament *espais naturals de protecció especial*, que poden adoptar alguna de les modalitats següents: parcs nacionals, parcs naturals, paratges naturals d'interès nacional i reserves naturals. Es tracta d'espais que, tot i que també formen part del PEIN, necessiten una regulació

jurídica pròpia i una gestió individualitzada i especialment acurada. Addicionalment, en alguns d'aquests espais es practica una protecció particularment activa, consistent a destinar esforços humans i materials i recursos a realitzar tasques amb la finalitat de preservar i potenciar els valors naturals de l'espai.

El PEIN és un instrument de planificació territorial amb categoria de pla territorial sectorial. Això significa que el seu abast comprèn tot el territori de Catalunya i que les seves disposicions normatives són de compliment obligatori per a les administracions públiques i per als particulars.

Els objectius fonamentals que la llei encomana al PEIN són dos. D'una banda, ha d'establir una xarxa d'espais naturals que sigui congruent, prou àmplia i suficientment representativa de la riquesa paisatgística i la diversitat biològica dels sistemes naturals del nostre país.

D'altra banda, el segon objectiu fonamental assignat al Pla consisteix en la delimitació i l'establiment de les mesures necessàries per a la protecció bàsica d'aquests espais naturals.

El PEIN defineix i delimita una xarxa de 145 espais naturals (vegeu la figura 2.5) representatius de l'àmplia varietat d'ambients i formacions que es troben a Catalunya, amb una superfície global acumulada d'aquests espais equivalent aproximadament al 21 % del nostre territori.

En la figura 2.6 podem veure els espais de la zona sud del litoral català inclosos en la proposta catalana per a la Xarxa Natura 2000. Hi ha dos espais considerats d'interès comunitari (LIC) que pertanyen a l'àmbit marí: el litoral meridional tarragoní i el delta de l'Ebre. En el primer cas, es pretén la protecció d'alguns hàbitats, com els alguers de posidònia, les llacunes costaneres, els penya-segats de les costes mediterrànies, prats i jonqueres halòfils mediterranis, matollars halòfils mediterranis i termoatlàntics, rius mediterranis amb vegetació *Glaucion flavi*, matollars termomediterranis i predesèrtics,

prats mediterranis, bosquines i matollars meridionals de rambles, rieres i llocs humits (*Nerio-Tamaricetea*) i pinedes mediterrànies. En el segon cas, es busca la protecció de llacunes costaneres, grans cales i badies d'aigües somes, vegetació anual colonitzadora de codolars litorals rics en matèria orgànica, comunitats de salicòrnia i altres plantes anuals colonitzadores de sòls argilosos o arenosos salins, espartinars, prats i jonqueres halòfils mediterranis, matollars halòfils mediterranis i termoatlàntics, matollars halonitròfils, comunitats halòfiles dels sòls d'humitat molt fluctuant, dunes, estanys naturals eutròfics amb vegetació natant o poblaments submersos de grans espigues d'aigua, aiguamolls calcaris amb mansega, i alberedes, salzedes i altres boscos de ribera. A més, l'espai del delta de l'Ebre presenta gran interès per les aus que s'hi troben. En ambdues zones també s'hi troben altres espècies definides a l'annex II de la directiva Hàbitats, i per això mereixen mesures de preservació específiques.

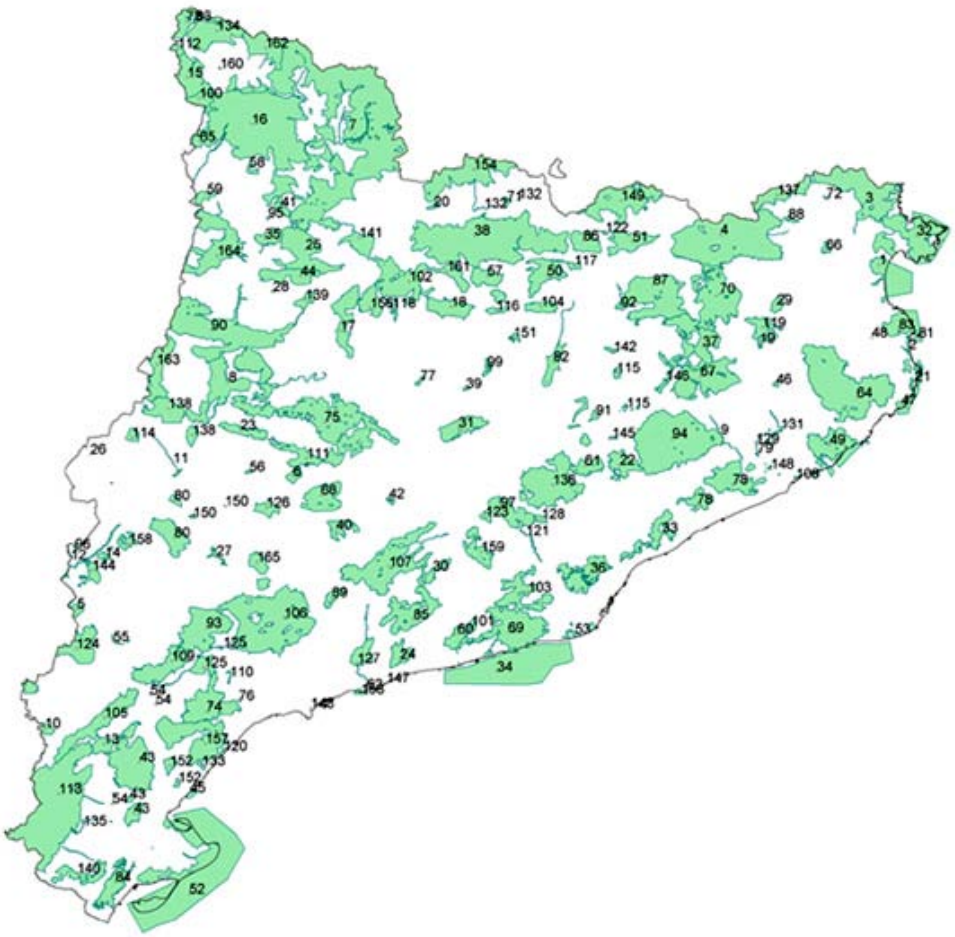

Figura 2.5 Mapa del Pla d'espais d'interès natural de Catalunya (PEIN)

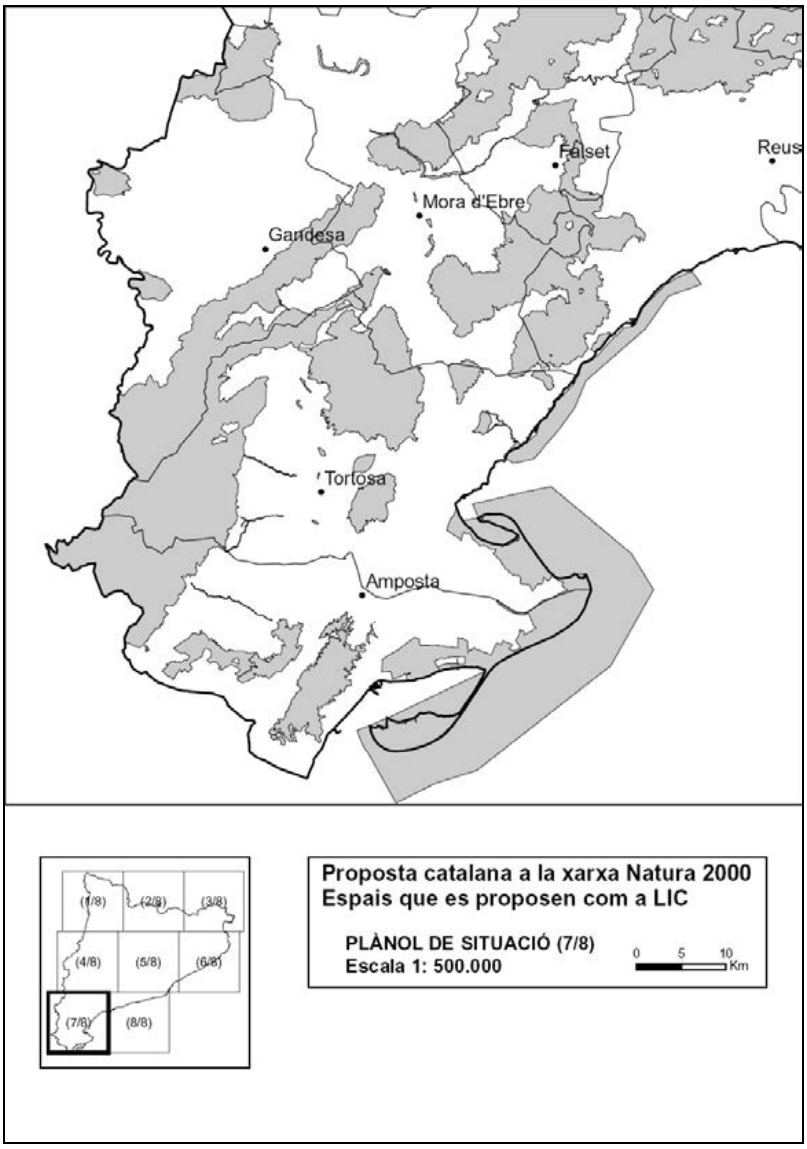

Figura 2.6. Mapa de la proposta de la Xarxa Natura 2000 del litoral sud català

2.5 PLANS I PROGRAMES

2.5.1. Necessitat d'ordenar la zona costanera

Les zones costaneres són espais de molta variabilitat, diversitat i multifuncionalitat, amb una gran quantitat de paisatges, usos i activitats que interactuen entre si de manera

complexa. D'altra banda, la pressió humana al litoral és cada cop més important. Al final del darrer segle, el 60 % de la població mundial estava localitzada en una franja de 100 km de la zona costanera (Von Bodungen i Turner, 2001), i es preveu que aquest percentatge augmentarà en les dècades vinents. Alguns dels efectes de l'activitat humana són una activitat constructiva desmesurada, l'explotació de recursos naturals, els abocaments i l'extracció de sorra. L'erosió de la franja costanera és, a més, un procés que afecta moltes zones d'Europa (Eurosion, 2004). A l'oest del Mediterrani, una gran part de la pressió antropogènica a la zona costanera està causada pel turisme, que és el factor principal de canvis en aquesta àrea (Departament d'Indústria, Comerç i Turisme, 2002).

A Espanya, el desenvolupament costaner s'ha basat en els darrers 20 anys en la Llei de costes 22/1988. Malgrat que aquesta llei ha esdevingut molt important per assegurar l'accés públic a la costa i per a la protecció dels espais naturals vulnerables, no ha comportat la implementació de mesures de gestió integrades amb una visió global del territori (Barragán, 2003).

En l'àmbit internacional, durant les darreres dècades, per gestionar la complexitat dels ecosistemes costaners, ha sorgit un nou enfocament més integrat i holístic: la gestió integrada de zones costaneres (GIZC). Aquesta nova visió inclou la planificació i l'anàlisi coordinades que es duen a terme en diferents disciplines, amb el concepte de la sostenibilitat com a objectiu més important. Els processos de GIZC requereixen la gestió proactiva dels recursos naturals i humans. Els objectius s'han d'establir d'acord amb les funcions assignades a les àrees costaneres (De Groot, 2002) i la planificació s'ha d'adaptar als objectius definits temporalment. La transparència en la gestió i la participació activa de tots els agents implicats (Barragán, 2003) són necessàries per gestionar les incerteses en la gestió dels sistemes complexos. El procés de la gestió costanera s'ha transformat d'una disciplina absolutament tècnica a una disciplina científica de natura social. La importància del capital social per assolir una gestió ambiental efectiva també ha estat reconeguda (Pretty, 2003).

La Recomanació de la UE sobre gestió integrada de zones costaneres (COM (2000) 545), impulsada pel Parlament Europeu l'any 2000, ha estat el factor principal que ha dut al desenvolupament, per primera vegada, d'una estratègia d'aquestes característiques a la zona costanera espanyola que permeti resoldre les mancances i els desequilibris actuals. Les conseqüències d'aquesta estratègia són algunes iniciatives autonòmiques i el desplegament del Pla director per al desenvolupament sostenible de la costa per tot el litoral espanyol.

Dins l'Estratègia de la gestió integrada de zones costaneres, el desplegament de plans i programes és una eina bàsica. Permeten aplicar pràctiques dirigides a garantir l'equilibri territorial i la coordinació en les intervencions que es fan en els espais litorals. El seu desplegament comporta la creació d'indicadors de seguiment dels diferents processos costaners, per conèixer l'estat del litoral i implementar mesures de gestió proactives i transversals.

2.5.2. Eines de gestió a Catalunya

La zona costanera catalana està afectada per diferents plans i programes que ajuden a ordenar les activitats i els assentaments urbans en el territori. De manera general, aquests són els plans territorials, els plans directors, els plans sectorials i els plans especials. El nombre de plans que afecten els municipis costaners de Catalunya és elevat. A continuació es presenta un recull dels que tenen més influència i són més representatius.

El *Pla territorial general de Catalunya* defineix els objectius d'equilibri territorial d'interès general per a Catalunya. Determina que la costa catalana haurà de quedar sota les directrius de quatre plans territorials parcials: *Comarques de Girona*, *Regió Metropolitana*, *Camp de Tarragona* i *Terres de l'Ebre*. Els tres primers actualment s'estan elaborant i l'únic que ja està operatiu és *el Pla territorial de les Terres de l'Ebre*. Aquest pla estableix mesures sobre l'organització dels sistemes territorials i fixa un marc de referència per al desenvolupament de les revisions dels plans generals

d'ordenació urbana i assenyala mesures de protecció complementària sobre el medi.

Els plans directors, territorials o urbanístics tenen una importància cabdal en l'estructuració de les activitats al litoral. Els plans directors territorials concreten les directrius establertes al *Pla territorial general* o als plans territorials parcials.

A Catalunya només hi ha un pla director territorial amb influència a la zona costanera, *el Pla director territorial de l'Empordà*. Aquest pla ordena el creixement urbanístic i orienta la cooperació intermunicipal amb la definició de 13 sistemes urbans i territorials. Limita el creixement de la segona residència i de nous habitatges en localitzacions aïllades. Promou noves activitats turístiques i la compatibilitat en la protecció d'espais naturals i del paisatge, la connectivitat ecològica i l'ús agrícola.

Els plans directors urbanístics s'utilitzen per desenvolupar la planificació urbanística del territori en coherència amb el planejament territorial. Estableixen les directrius per coordinar l'ordenació urbanística d'un territori d'abast supramunicipal, el desenvolupament urbanístic sostenible, la mobilitat de les persones i mercaderies i el transport públic, les mesures de protecció del sòl no urbanitzable i els criteris per a la seva estructuració orgànica, la concreció de les grans infraestructures i la programació de polítiques supramunicipals de sòl i habitatge. N'hi ha quatre que afecten la zona costanera:

- El *Pla director urbanístic de les activitats industrials i turístiques del Camp de Tarragona* estableix mesures que han de permetre harmonitzar les diferents activitats econòmiques, industrials i de lleure que conviuen al Camp de Tarragona. Promou el creixement econòmic, tot mantenint la qualitat i la coherència territorial per impedir la degradació.

- El *Pla director urbanístic del delta de l'Ebre* estableix l'ordenació global del territori, per afavorir les explotacions agrícoles, ramaderes i aqüícoles i crear serveis necessaris per a l'explotació turística i la implantació industrial.

- El *Pla director urbanístic del sistema costaner (PDUSC-1)* té l'objectiu d'identificar i preservar del desenvolupament urbanístic massiu els espais costaners classificats actualment com a sòl urbanitzable no delimitat i com a sòl no urbanitzable. En la figura 2.7 es presenta un exemple de classificació del PDUSC-1 per a la zona del cap de Creus.

- El *Pla director urbanístic dels àmbits del sistema costaner integrats pels sectors de sòl urbanitzable delimitat sense el pla parcial aprovat (PDUSC-2)* cobreix 44 sectors de zona costanera. Sorgeix de la necessitat d'identificar alguns sectors de sòl urbanitzable delimitat sense pla parcial aprovat, amb valors com el paisatge, la vinculació amb la ribera del mar, la morfologia acusada i altres, o necessitats de regulació a causa de situacions com la població isolada, l'ús, intensitat o densitats inadequades, entre d'altres.

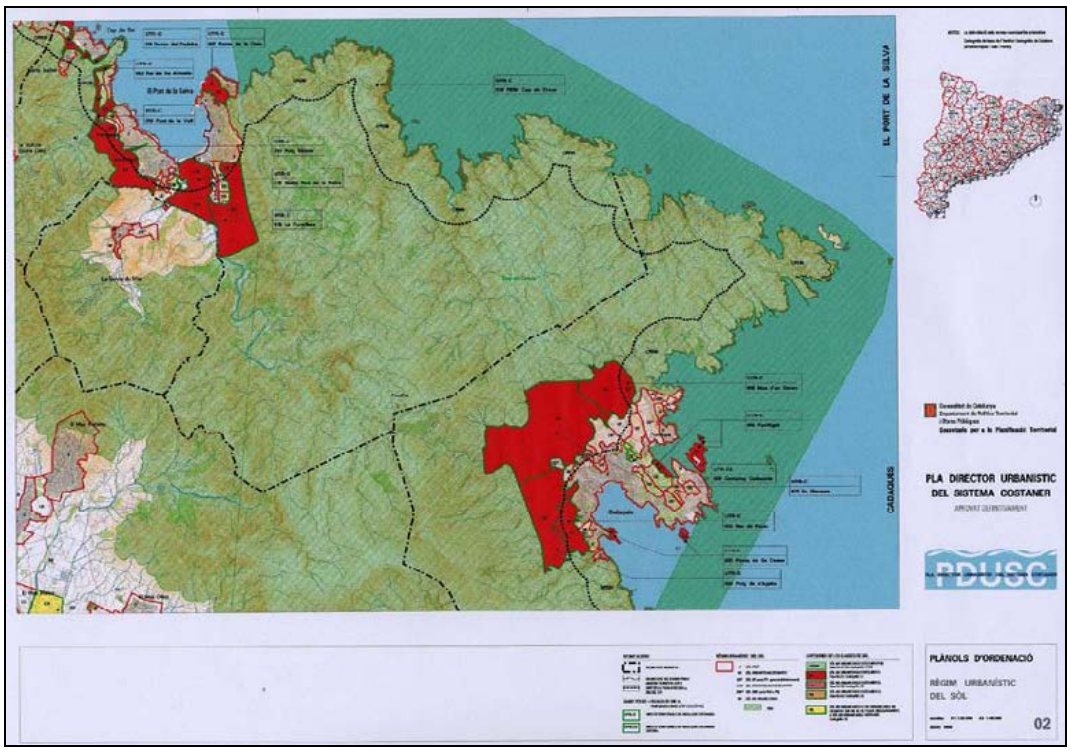

Figura 2.7. Classificació del sòl litoral de la zona del cap de Creus realitzada en l'àmbit del

PDUSC. En verd s'observen els espais inclosos en el PEIN i en vermell el sòl no urbanitzable costaner C1 (sòls amb valor intrínsec i capacitat de connector entre l'àmbit litoral i l'interior)

Els plans sectorials tenen incidència territorial en àmbits temàtics concrets i contenen una estimació dels recursos disponibles, de les necessitats i dels dèficits, territorialitats en el sector corresponent, i també contenen la determinació de les prioritats d'actuació i la definició d'estàndards i normes de distribució territorial. N'hi ha diversos que tenen efectes reguladors a la zona costanera:

- El *Pla d'infraestructures de transport de Catalunya 2006-2026 (PITC)* defineix de manera integrada la xarxa d'infraestructures viàries, ferroviàries i logístiques per a Catalunya en l'horitzó temporal del 2026.

- El *Pla director d'infraestructures 2001-2010 (PDI)* recull totes les actuacions en infraestructura de transport públic per al decenni 2001-2010 en l'àmbit de la Regió Metropolitana de Barcelona.

- El *Pla de ports de Catalunya* és l'instrument, dins el marc de les directrius de l'ordenació territorial, que té per objecte l'establiment dels criteris per a la utilització portuària adequada i racional de la costa catalana, i també l'atenció preferent vers la conservació del litoral i la gestió correcta del medi ambient. El Pla prioritza els ports existents, en comptes de promoure'n de nous, optimitza l'espai disponible i potencia les instal·lacions amb menys impacte ambiental. Els problemes principals detectats són l'afecció a la dinàmica litoral, l'acumulació de sediments en algunes bocanes, la manca d'espai, la necessitat de millora en la integritat port - nucli urbà, l'envelliment de les instal·lacions, la necessitat de millores en les mesures de lluita contra la contaminació marina accidental, els ultrapassaments i l'agitació per l'acció de temporals i les deficiències en els accessos.

- El *Pla de l'energia de Catalunya 2006-201*5 vol garantir el subministrament de qualitat per a tothom amb un cost ajustat i racionalització. Aquest pla és una

estratègia compromesa amb el desenvolupament sostenible i té cinc objectius: crear infraestructures de recerca, promoure la participació activa dels diferents agents, elaborar un pla industrial d'implantació i creixement d'empreses fabricants de tecnologia energètica, estimular l'esperit emprenedor per fomentar la innovació empresarial i crear grups interdisciplinaris de recerca.

- El *Pla hidrològic de les conques internes de Catalunya* té com a objectiu que hi hagi aigua disponible per als diferents sectors i àrees demandants, sempre que aquesta demanda estigui d'acord amb l'ordenació del territori i en harmonia amb el medi ambient i la resta de recursos naturals**.**

- El *Pla de gestió del districte de conca fluvial de Catalunya* ha de prendre el relleu del pla hidrològic de les conques internes.

- El *Pla sectorial de cabals de manteniment de les conques internes de Catalunya* defineix un règim de cabals mínims per sota dels quals la vida piscícola i el funcionament dels ecosistemes fluvials poden mostrar dificultats per mantenir-se.

- El *Programa de sanejament d'aigües residuals urbanes 2005 (PSARU 2005*) és un instrument de planificació hidrològica que desplega el *Pla de sanejament de Catalunya*, on es defineixen totes les actuacions destinades a la reducció de la contaminació originada per l'ús domèstic de l'aigua. El pla preveu l'assoliment d'uns objectius de qualitat definits.

- El *Programa de sanejament d'aigües residuals industrials* (PSARI-2003) és un instrument creat per aconseguir el control dels nivells exigits per a les substàncies que estan regulades. També pren en consideració la llista de les substàncies prioritàries aprovada per la Decisió 2544/2001/CE.

- Al *Pla director de protecció contra avingudes al Maresme* i al *Pla director de protecció contra avingudes al Besòs* es defineixen obres per evitar danys històrics

per les avingudes a la comarca, es caracteritzen les conques i les subconques i es detecten els problemes. Es proposen mesures de gestió per convertir les situacions detectades de risc mitjà o alt en situacions de risc baix.

- Els *Criteris d'ordenació i regulació dels usos recreatius i protecció del medi físic en la part deltaica del riu Fluvià* regulen les activitats recreatives i la protecció del medi físic mitjançant les facultats que el Reglament del domini públic hidràulic atribueix a l'organisme de conca.

- El *Programa de desenvolupament rural* pretén modernitzar l'estructura, adaptar les produccions al mercat i fomentar que el valor afegit de les produccions agroindustrials beneficiïn l'agricultor. L'*Inventari de zones humides de Catalunya* intenta facilitar l'aplicació i el compliment de la Llei 12/1985, d'espais naturals, en relació amb la protecció de les zones humides. Constitueix la base per a la redacció de futurs plans sectorials de les zones humides. Les *Bases per a les directrius de connectivitat ecològica de Catalunya* són una eina per avançar en la conservació de la biodiversitat com a valor patrimonial únic i insubstituïble i com a font de qualitat de vida per a les persones.

Finalment, els plans especials amb una incidència més forta a la costa són el CAMCAT i l'INUNCAT. El CAMCAT (Pla especial d'emergències per contaminació accidental de les aigües marines de Catalunya) estableix la coordinació adequada en operacions que siguin necessàries, concreta la resposta davant un episodi de contaminació marina i la col·laboració en la lluita contra la contaminació. Les mesures establertes en cada Pla d'actuació municipal (PAM) pel risc de contaminació marina han d'estudiar-se, i també s'han de tenir en compte les establertes en altres plans d'actuació relacionats amb la contaminació marina. L'INUNCAT (Pla especial d'emergències per inundacions de Catalunya) fa front a les emergències per inundacions, estableix els avisos, l'organització i els procediments d'actuació dels serveis de la Generalitat de Catalunya, de les altres administracions públiques i de les entitats privades. També quantifica i localitza els aspectes fonamentals per a l'anàlisi del risc, la vulnerabilitat i la zonificació

del territori, i estableix les èpoques de perill i el desplegament de mitjans i recursos i localització d'infraestructures de suport per als treballs d'actuació en cas d'emergència.

En referència a la franja costanera, el Pla estableix les zones inundables per a períodes de retorn de 50, 100 i 500 anys, la població present, les instal·lacions i els serveis, les vies de comunicació i el risc de les diferents zones (figura 2.8). A més, preveu el risc provocat per l'onatge i les determinacions del Pla d'actuació municipal. Finalment, també considera l'existència d'instal·lacions vulnerables que requereixen plans d'autoprotecció, i altres plans d'actuació relacionats amb el risc d'inundacions.

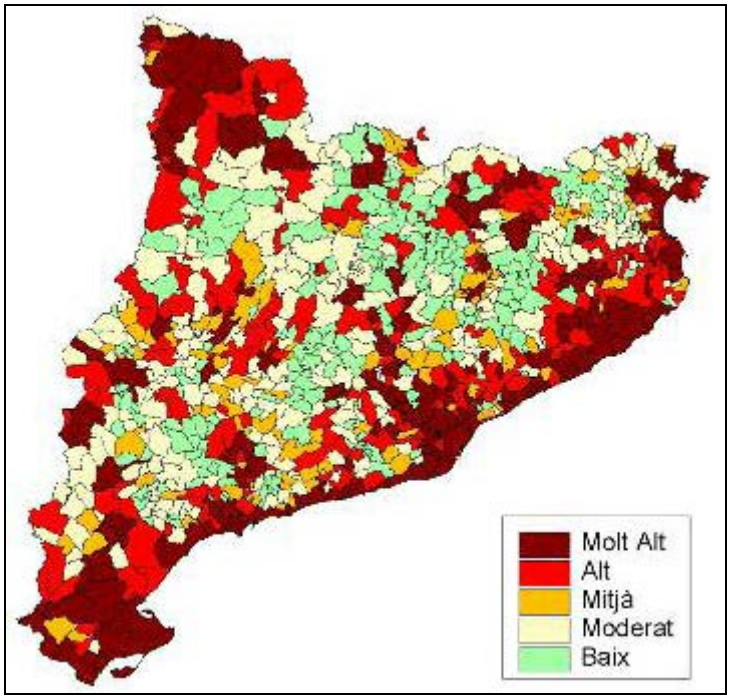

Figura 2.8. Risc municipal per les inundacions del Pla INUNCAT

En l'àmbit metropolità, cal considerar també el *Pla estratègic litoral de la Regió Metropolitana de Barcelona*, que s'encarrega de definir una línia d'actuació futura conjunta per als 27 municipis de l'àrea metropolitana. A partir d'una diagnosi integral inicial, s'elaboren propostes estratègiques en diversos camps: protecció del paisatge litoral, restauració ecològica del litoral, transformació urbana, reconversió de la xarxa viària, millora del transport públic i el ferrocarril, oportunitats de desenvolupament

econòmic, canvis socials, cultura i gestió integrada.

Capítol 3
Zonificació

3.1 INTRODUCCIÓ

En aquest capítol es presenta la zonificació realitzada a la costa catalana per a l'elaboració d'aquest estudi. Aquesta zonificació es basa en l'aplicació d'una sèrie de criteris adoptats d'acord amb l'objectiu bàsic de l'estudi —que és caracteritzar l'estat i l'evolució de la zona costanera de Catalunya— i que serveixin com a referència base per a la planificació i gestió costaneres.

3.2 ZONIFICACIONS EXISTENTS

Existeixen diferents propostes de zonificació de la costa catalana, realitzades sobre la base de l'aplicació de determinats criteris de classificació segons els objectius marcats en cada estudi dels quals formen part. A continuació es descriuen breument aquelles zonificacions més relacionades amb els objectius d'aquest treball com a antecedents que cal considerar a l'hora de zonificar la costa. Aquestes són les realitzades per l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) per delimitar les masses d'aigües costaneres per a l'aplicació de la Directiva marc de l'aigua a les conques internes de Catalunya; la realitzada pel Departament de Política Territorial i Obres Públiques (DPTOP) en la redacció del Pla de ports de Catalunya, i l'adoptada en el marc del Pla especial d'emergències per contaminació accidental de les aigües marines a Catalunya (CAMCAT).

Com s'ha dit anteriorment, una de les zonificacions existents a la costa catalana és la realitzada per l'Agència Catalana de l'Aigua per delimitar les masses d'aigües costaneres per aplicar la Directiva marc de l'aigua (ACA, 2006). S'hi utilitza com a criteri de definició de les unitats al llarg de la costa el canvi en la tipologia del substrat de la zona

i, posteriorment, se li aplica un criteri de subdivisió sobre la base de l'existència d'algun canvi en la qualitat ecològica. Com a resultat de l'aplicació d'aquests criteris, s'obtenen 32 masses d'aigües costaneres al llarg del litoral català (figura 3.1).

La determinació d'aquest nombre de masses d'aigua s'ha realitzat segons el criteri dels experts, que han interpretat les dades de qualitat obtingudes de les xarxes de control que l'ACA té al litoral català. La delimitació de les masses d'aigua s'ha establert des de la línia de costa fins a una milla mar endins.

Atesa la importància que té la Directiva marc de l'aigua en la gestió de la zona costanera, a l'hora de descriure les característiques de les unitats costaneres bàsiques en aquest estudi (les platges), s'indicarà a quina massa d'aigua costanera pertanyen.

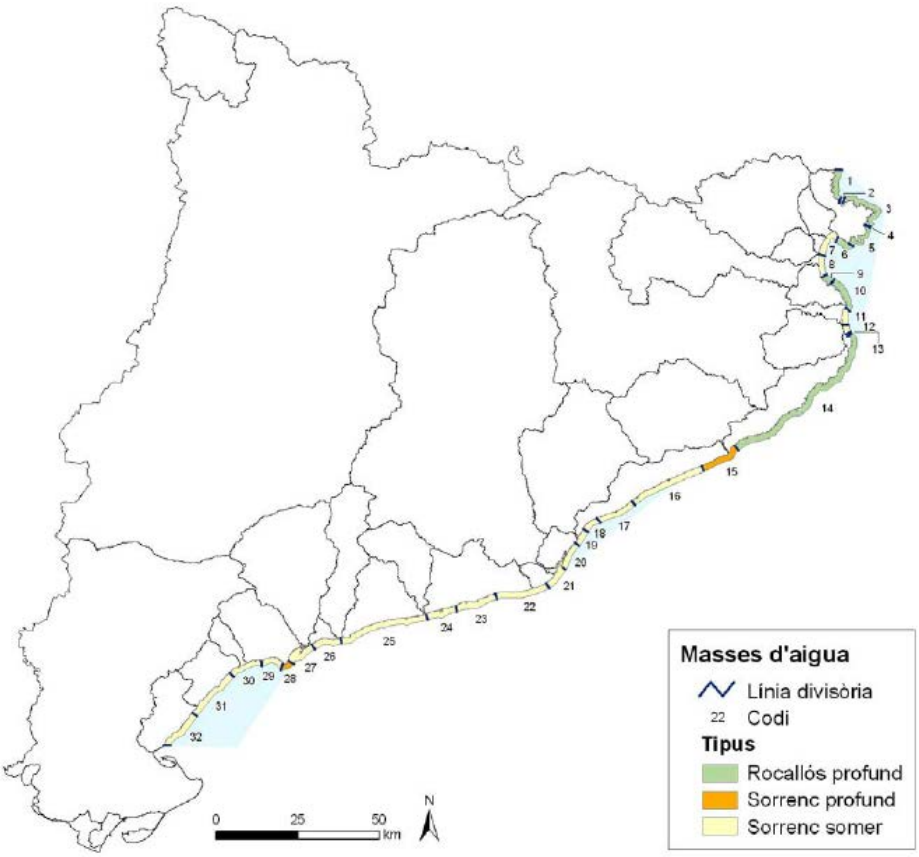

Figura 3.1. Delimitació de les masses d'aigües costaneres amb indicació de la seva tipologia (ACA, 2006)

En el Pla de ports de Catalunya (2005) existeixen dos nivells de sectorització de la costa catalana. En un primer nivell es defineixen les unitats bàsiques de la costa catalana en funció de la morfologia litoral i la continuïtat dinàmica. Aquesta divisió es fa tenint en compte l'estudi del Pla de ports del 1983 i 2001 i resulta en una costa catalana dividida en set grans zones:

A. Costa Brava (Tordera)
B. Maresme (Besòs)
C. Barcelona (Llobregat)
D. Garraf
E. Vilanova - Tarragona
F. Tarragona - Cap Roig
G. Delta de l'Ebre

Una vegada definits aquests grans sectors, es divideix la costa en trams menors en funció de la seva dinàmica litoral, de manera que finalment s'identifiquen un total de 200 trams al llarg de tota la costa, que són definits per l'existència en els seus límits d'algun element que suposi una discontinuïtat en la dinàmica litoral. Com a exemple, en la figura 3.2 es poden veure els trams triats per a un sector de la costa del Maresme.

Finalment, en el marc del CAMCAT s'han definit 20 zones homogènies en les quals s'ha dividit el litoral català en funció del tipus de costa (sorrenca, costa alta, costa baixa, deltes, badies, zones antropitzades...) i de les comunitats dels organismes que els habiten. Aquestes zones són:

1) Cap de Creus
2) Badia de Roses
3) Massís del Montgrí i illes Medes
4) Badia de Pals
5) Costa Brava (sa Riera de Begur - Blanes)
6) Delta de la Tordera

7) Maresme

8) Àrea Metropolitana de Barcelona (Montgat - Port de Barcelona)

9) Delta del Llobregat

10) Garraf

11) Baix Penedès (Vilanova i la Geltrú - roc de Sant Gaietà de Roda de Barà)

12) Tarragonès Nord (roc de Sant Gaietà - platja del Miracle de Tarragona)

13) Tarragona

14) Cap de Salou

15) Baix Camp (Salou - illeta del Torn de Vandellòs i l'Hospitalet de l'Infant)

16) L'Ametlla (illeta del Torn - l'Ampolla)

17) El Fangar

18) Ebre exterior

19) Els Alfacs

20) Alcanar (Sant Carles de la Ràpita - riu de la Sénia)

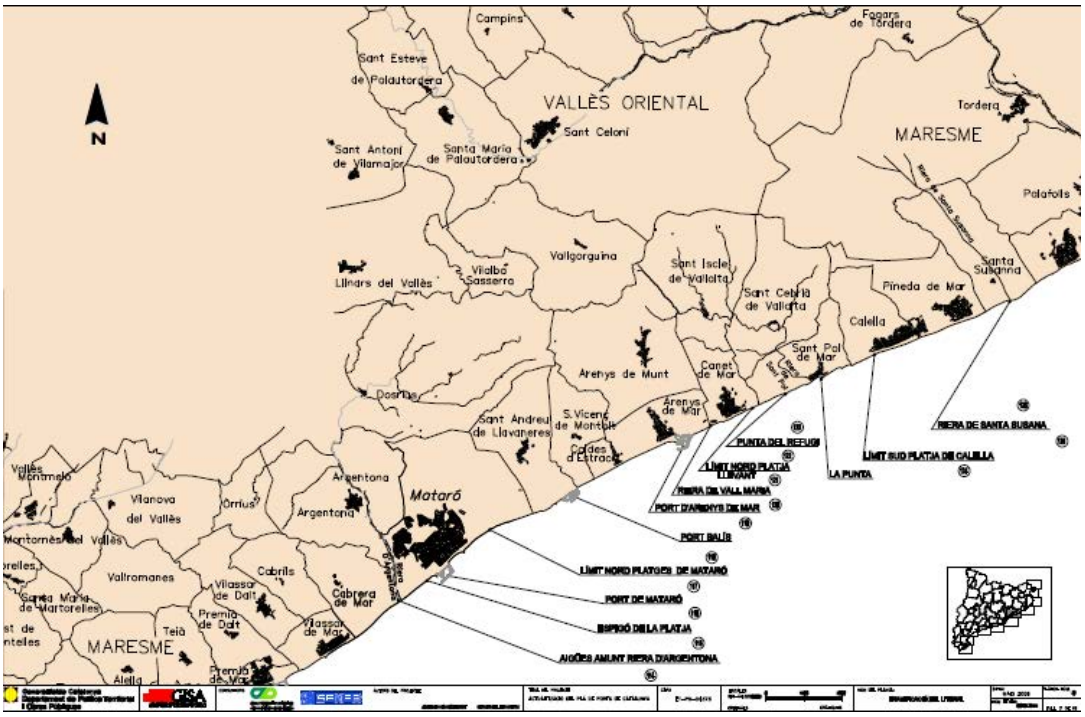

Figura 3.2. Delimitació de trams costaners al litoral del Maresme (DPTOP, 2005)

3.3 ZONIFICACIÓ PROPOSADA

A l'hora de realitzar aquest estudi s'ha adoptat una zonificació de la costa catalana a diferents nivells. En primer lloc, s'ha aplicat una sectorització a gran escala utilitzant com a criteri el fet d'estar localitzat a cadascuna de les províncies litorals de Catalunya.

Aquest tipus de classificació només s'utilitza a l'hora de presentar els resultats de l'estudi per volums, cadascun corresponent a les tres províncies costaneres: Girona, Barcelona i Tarragona. Tenint en compte la sectorització abans presentada en 7 trams segons la morfologia costanera (DPTOP):

- la província de Girona inclouria el sector Costa Brava,
- la província de Barcelona inclouria els sectors Maresme, Barcelona i Garraf, i
- la província de Tarragona inclouria els sectors Vilanova-Tarragona, Tarragona-Cap Roig i delta de l'Ebre.

El **primer nivell de sectorització** de la costa catalana està determinat per la identificació de cel·les litorals. Aquestes cel·les es poden definir com a trams de costa independents des del punt de vista de la dinàmica litoral. Aquesta independència de la dinàmica litoral no vol dir que no tinguin connexió amb la costa adjacent, sinó que aquesta connexió es pot fer a partir de condicions de contorn.

Un exemple clar seria un tram de costa delimitat per dos ports esportius en el seu extrem (tram port del Masnou - port de Premià, al Maresme), que, encara que aquí es consideri com una cel·la costanera independent, té connexions amb la costa a ponent amb el material que pogués sortir cap a ponent i, aigües amunt, amb el material que li pogués arribar per *bypass* de sediment cap al sud a través del port.

Per a cadascun d'aquests sectors es fa una caracterització de la dinàmica litoral que determina el funcionament evolutiu, el qual es caracteritza a llarg termini.

Els diferents sectors de cadascuna les províncies s'especifiquen en cada un dels volums d'anàlisis de què consta aquest estudi (volums 2, 3 i 4). En la figura 3.3 es pot veure una divisió preliminar en trams de la costa catalana.

D'acord amb aquesta divisió, a continuació es defineixen a manera d'exemple els trams seleccionats per a la costa de Barcelona:

N. sector	Tram
15	Port de Blanes - port d'Arenys
14	Port d'Arenys - port del Balís
13	Port del Balís - port de Mataró
12	Port de Mataró - port de Premià
11	Port de Premià - port del Masnou
10	Port del Masnou - port de Badalona
9	Ciutat de Barcelona
8	Port de Barcelona - port Ginesta
7	Garraf - Vilanova

Cal tenir en compte que, en el cas de trobar-nos amb un tram de costa format per diverses platges o unitats de petita extensió cadascuna de les quals es poguessin considerar com a cel·les litorals (e. g. la Costa Brava o el Garraf), en aquest estudi es defineix com a unitat bàsica el tram en la seva totalitat, i l'anàlisi de cadascuna de les unitats més petites es presenta de manera diferenciada.

El **segon nivell de sectorització** de la costa catalana el determina la presència d'una platja com a unitat bàsica o elemental. Aquestes han estat seleccionades atès que la platja pot considerar-se com l'element costaner mínim sobre el qual es pot incidir des del punt de vista de la gestió. Així, encara que en alguns casos el canvi d'una platja a una altra només sigui per criteris administratius (pertinença a un ajuntament o un altre),

en aquest estudi s'identifica de manera estricta la presència de cadascuna de les platges "oficials" del tram (unitat costanera) considerat. A manera d'exemple, en la figura 3.4 es presenten totes les platges pertanyents al tram port de Blanes - port d'Arenys. Cadascuna d'aquestes unitats bàsiques (platges) queda definida per un conjunt de variables que en caracteritza l'estat físic, ambiental i els usos i infraestructures en aquells aspectes d'interès per a aquest estudi (vegeu el capítol 4).

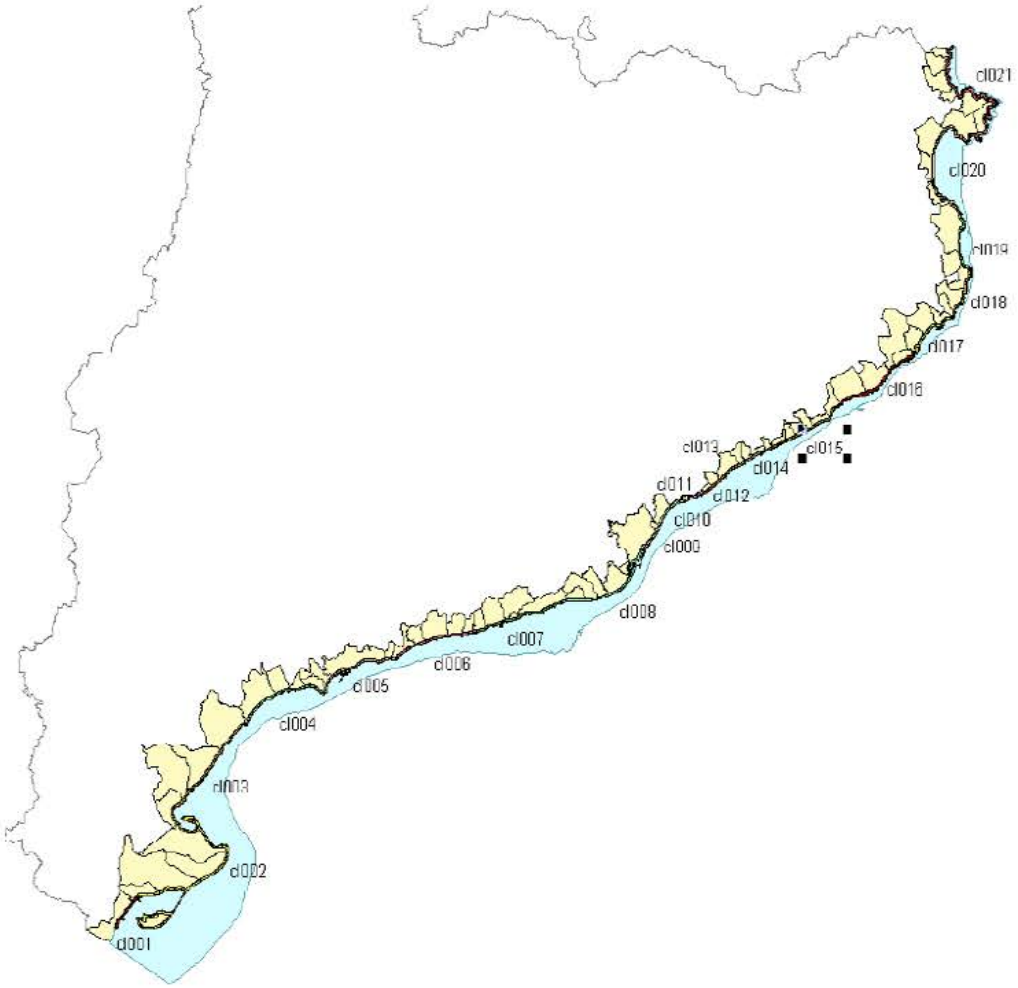

Figura 3.3. Sectorització (preliminar) de la costa catalana per a aquest estudi

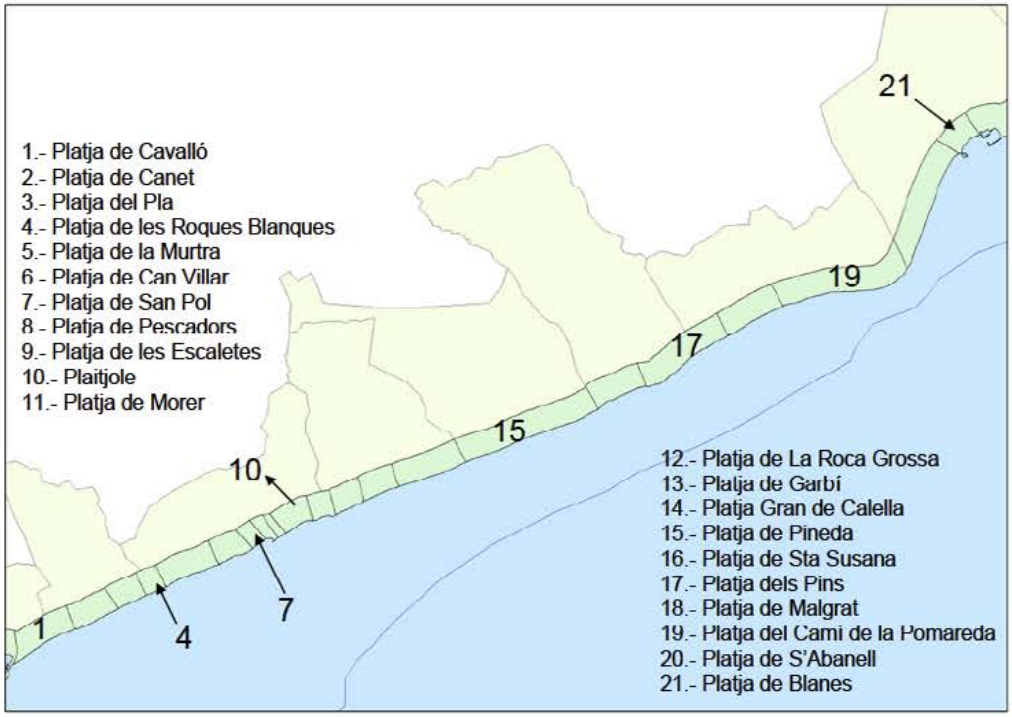

Figura 3.4. Platges incloses al sector 15 (port de Blanes - port d'Arenys)

Capítol 4
Descripció de les platges

4.1 INTRODUCCIÓ

Per a cada una de les unitats costaneres elementals, les platges, es fa una anàlisi específica en la qual es caracteritzen tots aquells paràmetres que es considera necessari conèixer per poder prendre decisions quant a la seva gestió. Així, s'inclou informació detallada de les principals variables que determinen el seu estat físic, dades sobre infraestructures i serveis existents i identificació de problemes i/o conflictes que puguin condicionar la gestió del tram. Encara que tota aquesta informació s'inclou en una base de dades georeferenciada que pot ser gestionada a través d'ArcGis a efectes pràctics, cada platja es descriu mitjançant una fitxa en la qual s'inclouen totes les dades. En aquest capítol es descriuen les diferents variables analitzades, així com les eines utilitzades per al seu càlcul.

4.2 DESCRIPCIÓ DE LA FITXA

En general una fitxa (vegeu la taula 4.1) presenta una capçalera d'identificació en la qual apareix el nom de la platja i un codi identificador. Les lletres del codi representen, respectivament, la comarca (per exemple, a la fitxa: SE = la Selva) i el municipi de pertinença (per exemple, a la fitxa: BL = Blanes), i el número identifica la platja dins del municipi o ajuntament. També s'han definit espacialment les unitats costaneres a través de la localització en coordenades UTM d'un punt representatiu pres a la part central de la platja. La toponímia es basa en l'ICC, a més de la utilitzada en els ajuntaments.

Platja de s'Abanell	SEBL20				
Comarca:	la Selva	**TM**	Blanes	**Localització (utm)**	482064 4612364
Descripció general		**Morfodinàmica**		**Hidrodinàmica**	
Longitud[1] (m):	2.382	**Tipus de platja** (segons extrems)	Semiencaixada	**Clima d'onatge**[4]	
		extrem llevant:	Sa Palomera	quadrant:	III
Amplada[1] (m)		extrem ponent:	-	Hs mitjana (m):	0,63
mitjana:	32			Tp mitjana (s)	5,28
màxima:	52	**Estat evolutiu**[3]:		Direcció més freqüent:[5]	202
mínima:	17	Comportament evolutiu[3]	Erosiva	Direcc. flux d'energia mitjana:[5]	96
		evolució mitjana (m/a):	-1,07	Hs amb T_R 10 anys (m):	4,4
Superfície[1] (m^2):	75.522	erosió mitjana (m/a):	-1,36	Hs amb T_R 100 anys (m):	6,2
		long. zona d'erosió (m):	1.894		
Altura berma[2] (m)		acreció mitjana (m/a):	0,15	**Nivell del mar**[6]	
màxima:	2,9	long. zona d'acreció (m):	488	rang (m):	-0,30 / +0,47
mínima:	1,6	long. zona d'equilibri (m)		nivell amb T_R 10 a (m):	0,41
		anàlisi (esquema)		nivell amb T_R 100 a (m):	0,45
Pendent estran:[2]	0,15	**Presència d'obstacles** (S/N):	N		
		tipus:		**Remunta de l'onatge**	
Sediment[2]		nombre:		mitjana (m):	0,769
d_{50} (mm):	1,398			Ru amb T_R 10 anys (m):	3,94
μ (mm):		**Obres d'alimentació** (S/N):		Ru amb T_R 100 anys (m)	5,36
σ (mm):	0,379	volum (m^3):			
color:		tipus material:	N	**Onatge** (esquemes)	
		última aportació			
Orientació mitjana platja:[1]	20	data:		**Corrents** (esquemes):	
(dreta respecte al N)		volum (m^3):			
		tipus material:			
		Estat morfodinàmic modal (Ω):	0,7		
Batimetria recent (S/N):	S		Reflectant		
codi:	GEOTEYCO	**Profunditat tancament** (m):	7,4		
any:	1997	**Taxes transport longitudinal**			
		net (m^3/a):			
		brut (m^3/a):	56.144		
		cap a ponent (m^3/a):	123.933		
			90.039		

Taula 4.1 Exemple de fitxa de les característiques bàsiques, morfodinàmiques i hidrodinàmiques d'una platja

Platja de s'Abanell SEBL20

Aspectes mediambientals		Ús			
Massa d'aigua costanera DMA (ACA)	15 (Blanes-Pineda de Mar)	**Tipus d'ús principal:**	Recreatiu/turístic	**Accés**	PM / VU
Tipus entorn:	Urbà (N) Semiurbà (S)	**Altres usos/activitats:**	Nàutic (creuers a platja)	**Accés minusvàlids (nombre)**	S
Figures o règim de protecció:	- Xarxa Natura 2000 (Set. 2006) ES5110007 (riu i estanys de la Tordera) - Terrestre	**Port (S/N)**	N	**Pàrquings (S/N)** **tipus:** **capacitat:** **distància (m)**	S PO 0
Posidònia (S/N):	S	**Zona d'ancoratge (S/N):**	N	**Transport públic (S/N):** **tipus:**	S bus
Hàbitats (terrestres)	16a (Platges arenoses...) 24a (Llits i marges de rius...) 82a2 (Conreus herbacis...) 86a (Àrees urbanes...)	**Grau d'ocupació:**	Intensiu		
Hàbitats d'interès comunitari:	3280 (Rius mediterranis..) 6430 (Herbassars higro...) 92A0 (Alberedes, salzedes)	**Sistema de gestió / certificació:**	Bandera blava		
Zones humides catalogades	S	**Característiques d'ús rerepaís:**	Urbà (N) Càmpings (S)	**Problemes accés (S/N)** **descripció:**	
Espècies d'especial interès	S (*Cymodocea*)	**Infraestructures:** **passeig marítim (S/N)** **longitud passeig (m)** **altres**	 S Dessaladora Revestiment	**Conflictes d'ús (S/N)** **descripció:**	
Zona inclosa al PDUSC:	S	**Pla d'usos:**	S		
Zona inclosa a l'INUNCAT:	S	**Concessions:** **gandules (nombre i/o m²):** **lloguer barques (nombre i/o m²)** **quiosc, bars, etc. (nombre)**		**Problemes d'infraestructures (S/N)** **passeig:**	S Ultrapassament sota tempestes (sorra i aigua al passeig i danys ocasionals)
Presència rius / rieres (S/N):	S (2) Riera Blanes (N) Tordera (S)	**Servei neteja (S/N)**	S		
Dunes (S/N): cota[1] (m): àrea[2] (m²): vegetació: (S/N, m²):	N	**Servei de salvament i socorrisme:**	S	**dessaladora**	Instal·lacions en platja afectades per l'impacte de les onades
Col·lectors/pluvials:	N	**Altres serveis / instal·lacions:**	N	**Altres problemes i conflictes**	N

Taula 4.2 Exemple de fitxa per als aspectes mediambientals i d'usos d'una platja

4.3 DESCRIPCIÓ GENERAL

Els paràmetres que es refereixen a les característiques bàsiques de la platja (longitud, amplada, superfície i orientació) s'han mesurat utilitzant el sistema d'informació geogràfica Arcview 3.2 sobre l'últim ortofotomapa publicat per l'Institut Cartogràfic de Catalunya (figura 4.1), a escala 1:5.000, fent servir la projecció universal transversal de Mercator (UTM).

L'última data disponible completa per a la totalitat de la costa catalana i que ha estat utilitzada en aquesta fase es correspon amb el vol realitzat l'any 2004.

***Longitud* (m):** correspon a la distància en metres entre els extrems de la platja mesurada al llarg de la meitat de l'ample seguint l'orientació de la costa.

***Superfície* ($m^{2)}$:** calculada com l'àrea del polígon que engloba la zona seca de la platja (identificada sobre la foto aèria).

***Amplada* (m):** s'obtenen diversos mesuraments de l'ample de la platja seca (espaiats 100 metres al llarg de la platja) perpendicularment a la línia de riba. A partir d'aquests mesuraments es calcula l'*amplada mitjana* (valor mitjà de totes les mesures), *amplada màxima* (valor d'ample màxim) i *amplada mínima* (valor d'ample mínim).

***Orientació mitjana de la platja* (◦):** definida com l'angle que forma la costa respecte al nord mesurat en sentit horari sobre l'ortofotomapa corresponent.

Un segon grup de paràmetres s'ha determinat a partir d'una sèrie de mesuraments realitzats a cada una de les platges, en els quals es va obtenir un perfil de la part subaèria de la platja perpendicularment a la línia de riba. Aquest perfil es va obtenir mitjançant un aixecament topogràfic amb GPS diferencial. Els paràmetres mesurats a partir d'aquests perfils són (vegeu la figura 4.2):

Altura de berma (m): s'han calculat les altures màxima i mínima de la berma sobre el

nivell del mar.

Pendent d'estran: pendent mesurat als encontorns de la línia de riba.

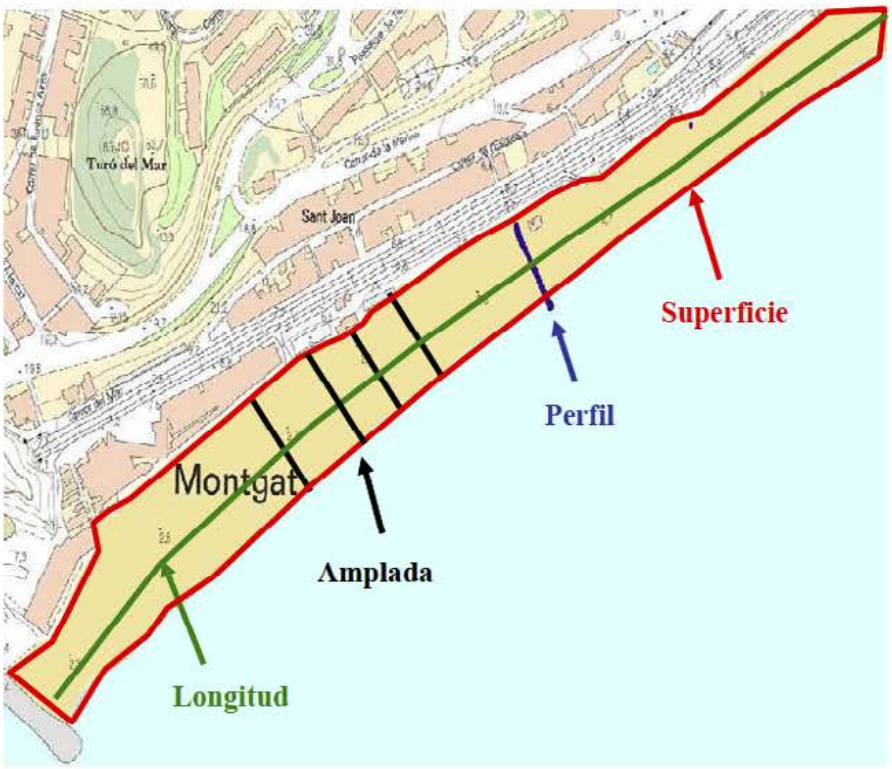

Figura 4.1 Exemple d'eines SIG per mesurar els elements bàsics d'una platja

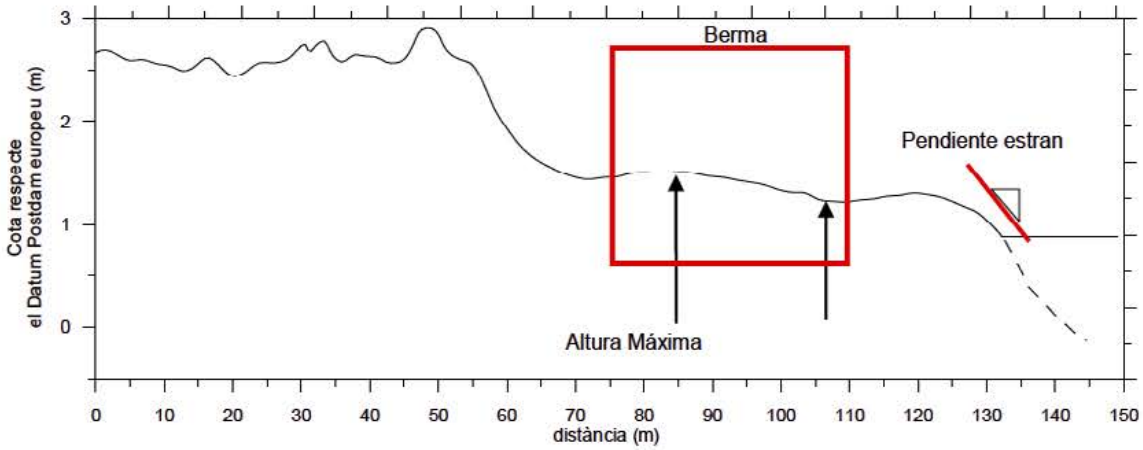

Figura 4.2 Representació esquemàtica d'un perfil topogràfic, de la berma i del pendent d'una

platja

***Sediment*:** per caracteritzar el sediment de cada platja s'ha pres una mostra representativa de sorra al centre de la platja, en les proximitats de la línia de riba.

Aquesta mostra s'ha analitzat en laboratori amb una tamisadora mecànica (figura 4.2), després del rentatge i assecatge en estufa a fi d'obtenir-ne la distribució granulomètrica utilitzant una bateria de tamisos amb una diferència en pas de malla de 0,25 Φ. Els resultats del tamisatge de les mostres es van tractar amb el programa Gradistat (Blott i Pye, 2001), que permet obtenir els paràmetres que defineixen la distribució granulomètrica (mida mitjana de partícula, grau de selecció —*sorting*—, asimetria —*skewness*— i angulositat —*kurtosis*—), mitjançant el mètode gràfic (Folk i Ward, 1957) i el mètode dels moments (Friedman, 1961).

d_{50}: diàmetre associat a la mitjana de la distribució (percentil 50).
μ: diàmetre mitjà del sediment
σ: desviació estàndard de la distribució (mesura de la dispersió de les dades al voltant del valor mitjà)
color: valor qualitatiu del color típic del sediment de la platja

Figura 4.3 Tamisadora mecànica

SIEVING ERROR: 0.1%

SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **S'abanell** ANALYST & DATE: checco, 28-05-07

SAMPLE TYPE: Unimodal, Very Well Sorted TEXTURAL GROUP: Sand

SEDIMENT NAME: Very Well Sorted Very Coarse Sand

	µm	ϕ
MODE 1:	1500.0	-0.582
MODE 2:		
MODE 3:		
D_{10}:	1124.1	-0.900
MEDIAN or D_{50}:	1397.9	-0.483
D_{90}:	1865.9	-0.169
(D_{90} / D_{10}):	1.660	0.188
(D_{90} - D_{10}):	741.8	0.731
(D_{75} / D_{25}):	1.262	0.484
(D_{75} - D_{25}):	325.8	0.336

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 1.0%
SAND: 100.0%	MEDIUM SAND: 0.0%
MUD: 0.0%	FINE SAND: 0.0%
	V FINE SAND: 0.0%
V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%
COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%
MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%
FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%
V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.0%
V COARSE SAND: 98.9%	CLAY: 0.0%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	µm	µm	ϕ	µm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1335.4	956.5	-0.443	1419.2	-0.505	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	379.4	4.952	0.288	1.205	0.269	Very Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	-1.978	-4.009	7.032	0.112	-0.112	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	8.285	17.27	180.3	1.110	1.110	Mesokurtic

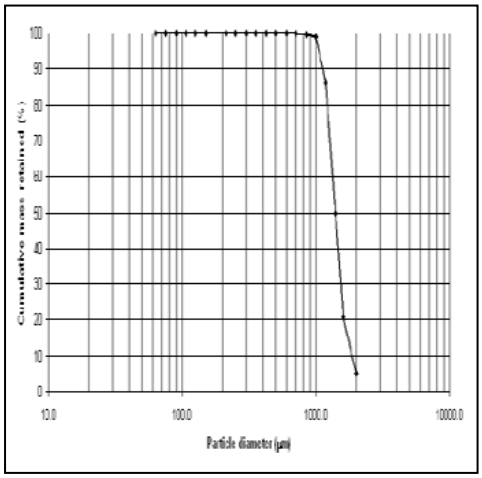

Figura 4.4 Exemple de resultats obtinguts en l'anàlisi granulomètrica amb Gradistat: paràmetres estadístics i corba de distribució granulomètrica

***Batimetria recent*:** finalment, encara que en aquest estudi no s'han realitzat aixecaments batimètrics del fons, en aquelles zones on s'hagi localitzat l'existència d'una batimetria recent i aquesta estigui disponible, s'esmenta a través d'un codi i l'any en què es va realitzar (e. g. GEOTEYCO, 1997).

4.4 MORFODINÀMICA

En aquesta secció es presenten una sèrie de variables que serveixen per caracteritzar els principals aspectes morfodinàmics d'una platja. La majoria d'aquestes variables han estat obtingudes en l'anàlisi realitzada per a la unitat costanera on aquesta s'engloba (vegeu la descripció completa del tipus d'anàlisi als capítols 5 i 6).

***Tipus de platja*:** en aquest apartat es classifica la platja segons la tipologia dels seus extrems. Així, es consideren les platges *encaixades* (limitades en ambdós costats per obstacles, siguin naturals o artificials), platges *semiencaixades* (limitades per un obstacle només en una banda) i platges *obertes* (on hi ha absència d'obstacles físics en els extrems) (vegeu la figura 4.5). En el cas de l'existència d'obstacles, se'n descriu

també el tipus (e. g.: esculleres, roques o esculls, dic de recer o contradic). Aquest tipus d'informació ajuda a entendre el comportament evolutiu de la platja i, en gran part, determina l'evolució del seu balanç sedimentari.

Figura 4.5 Exemple de platja oberta (Malgrat de Mar)

Figura 4.5 (continuació) Exemple de platja encaixada (Tossa de Mar)

Figura 4.5 (continuació) Exemple de platja semiencaixada (el Masnou a ponent i Ocata a llevant)

***Estat evolutiu*:** en aquest apartat es presenten els paràmetres bàsics de l'evolució de la línia de costa al llarg de la platja, obtinguda en l'anàlisi de la unitat costanera on es troba, a partir de les dades de línia de riba (vegeu el capítol 5).

Comportament evolutiu: informació qualitativa en la qual es classifica el comportament característic de la platja (platja en erosió: retrocés de la línia de riba; acreció: avenç de la línia de riba; estable: equilibri).

Evolució mitjana: taxa d'evolució mitjana de la línia de riba per a la totalitat de la platja.

Erosió mitjana: taxa d'erosió mitjana de la línia de riba calculada sobre la part de la platja sotmesa a erosió.

Longitud de la zona d'erosió: longitud del tram de la platja sotmès a erosió.

Acreció mitjana: taxa d'avenç mitjana de la línia de riba calculada sobre la part de la platja sotmesa a acumulació.

Longitud de la zona d'acreció: longitud del tram de la platja sotmès a acumulació.

Longitud de la zona d'equilibri: longitud del tram de la platja estable.

Anàlisi (esquema): referència a l'esquema de transport de la unitat en la qual es troba la platja.

Presència d'obstacles: identificació de l'existència d'obstacles al transport de sediment a la platja o que puguin afectar-lo (e. g.: dics, esculleres, roques). En el cas que existeixin, s'especificarà el tipus i el nombre d'obstacles al llarg de la platja. Si s'escau, la interferència amb el transport de sediment es quantificarà en l'anàlisi de la unitat costanera.

Obres d'alimentació: en el cas que s'hagin realitzat obres d'alimentació artificial de sediment a la platja, es caracteritzaran a través de les variables següents:

Volum: quantitat de sediment aportat en m^3.

Tipus de material: sorra de dragatge, sauló, etc.

Última aportació: *data* i *volum* aportat en l'última alimentació realitzada.

Aquesta informació s'obtindrà de la Direcció General de Costes (Ministeri de Medi Ambient) i de les altres administracions quan en tingui (e. g., ajuntaments).

Estat morfodinàmic modal: estat morfodinàmic més freqüent de la platja d'acord amb l'esquema de Wright i Short (1984), definit a partir de les característiques del sediment que la conforma i les condicions d'onatge en rompents, obtingut a partir del paràmetre adimensional de Dean (1973).

$$\Omega = \frac{H_b}{\omega_s T} \tag{4.1}$$

On ω_s és la velocitat de caiguda del sediment, H_b l'altura d'ona en rompents i T el període associat. Al capítol 6 es presenta tota la informació rellevant sobre aquesta variable.

Profunditat de tancament: fondària a partir de la qual els canvis en el fons són poc importants i el transport longitudinal és poc rellevant a efecte de l'evolució de la línia de la costa i definida a partir de l'aproximació de Hallermeier (1981). Vegeu el capítol 6 per a la descripció d'aquesta variable.

Taxes de transport longitudinal: estimacions de la capacitat de transport de sediment de l'onatge, expressades en m^3/any com a: component net (component resultant), valor brut (suma de components en valor absolut) i quantitat associada cap a ponent d'una platja, obtinguda a partir de l'equació de CERC (vegeu-ne detalls al capítol 6). Aquestes variables s'obtindran de l'anàlisi de dinàmica litoral realitzada per a la unitat costanera on s'englobi la platja.

4.5 HIDRODINÀMICA

Clima d'onatge: en aquest grup de variables es presenten els paràmetres principals que serveixen per definir el clima d'onatge característic de la platja. Aquest s'obté a partir de

l'anàlisi de les dades d'onatge existents en el quadrant d'onatge on s'englobi la platja.

Quadrant: quadrant d'onatge en el qual es troba la platja. Aquests quadrants es defineixen com a zones amb unes condicions homogènies d'onatge en aigües profundes (vegeu el capítol 3).

Hs mitjana: mitjana estadística de les *Hs* de les ones del quadrant.

Tp mitjana: mitjana estadística dels *Tp* de les ones del quadrant.

Direcció més freqüent: direcció de l'onatge amb major freqüència de presentació en el quadrant.

Direcció del flux d'energia mitjana: direcció resultant del flux d'energia de l'onatge en el quadrant.

Hs amb T_R 10 anys: Hs associada a un període de retorn de 10 anys obtinguda del clima extremal de l'onatge del quadrant.

Hs amb T_R 100 anys: Hs associada a un període de retorn de 100 anys obtinguda del clima extremal de l'onatge del quadrant.

Nivell del mar: en aquest grup de variables es presenten els paràmetres principals que serveixen per caracteritzar les variacions en el nivell mitjà del mar tant d'origen astronòmic com meteorològic.

Rang: amplitud de la marea astronòmica.

Nivell amb T_R 10 anys: nivell màxim del residu meteorològic associat a un període de retorn de 10 anys obtingut del clima extremal del nivell del mar del quadrant.

Nivell amb T_R 100 anys: nivell màxim del residu meteorològic associat a un període de retorn de 100 anys obtingut del clima extremal del nivell del mar del quadrant.

Remunta de l'onatge: altura màxima sobre el nivell mitjà del mar a la platja a causa de l'onatge, calculada amb la fórmula d'Stockdon et al. (2006) (vegeu-ne detalls al capítol 6). Per als càlculs s'utilitzen els valors de l'onatge del quadrant on s'engloba la platja i com a pendent s'usa un valor característic del tipus de sediment existent.

Ru mitjana: mitjana estadística de les *Ru* de les ones del quadrant.

Ru amb T_R 10 anys: valor associat a un període de retorn de 10 anys obtingut del clima extremal de remunta.

Ru amb T_R 100 anys: valor associat a un període de retorn de 100 anys obtingut del clima extremal de remunta.

***Onatge (esquemes)*:** en aquest apartat es fa referència als esquemes de propagació de l'onatge a la platja (altura d'ona i direcció) en el cas que aquests existeixin.

***Corrents (esquemes)*:** en aquest apartat es fa referència als esquemes de corrents a la platja en el cas que existeixin.

4.6 ASPECTES MEDIAMBIENTALS

En aquest apartat s'inclou una sèrie d'informacions bàsiques sobre els aspectes naturals i mediambientals de la platja amb la finalitat de caracteritzar-ne el potencial valor natural i que serveixi també per identificar possibles conflictes. La major part d'aquesta informació s'obté a partir de bases de dades ja existents, extraient la informació rellevant per a cada platja.

Massa d'aigua costanera: especificació de la massa d'aigua costanera utilitzada per l'ACA per a l'aplicació de la Directiva marc d'aigües a la qual pertany la platja.

Figura 4.6 Exemple de platja urbana (Lloret de Mar)

Tipus d'entorn: informació qualitativa de l'entorn en el qual es troba la platja segons el grau de presència o influència de l'home en l'entorn. S'han considerat tres tipus principals: platges *urbanes* (situades en nuclis urbans o zones amb un alt grau d'urbanització), *semiurbanes* (situades fora de nuclis urbans, encara que amb presència humana significativa, com podria ser en zones amb urbanitzacions turístiques) i *naturals* (situades en zones amb molt poca presència humana) (vegeu la figura 4.6).

Figura 4.6 (continuació) Exemple de platja semiurbana (Canyelles)

Figura 4.6 (continuació) Exemple de platja natural (la Fonda - Waikiki)

Figures o règim de protecció: en aquest apartat s'indica la presència de zones

protegides a les proximitats de la platja i del tipus de protecció existent. En el cas que n'hi hagi, s'identifiquen amb el codi oficial corresponent. Aquesta informació s'extreu de les bases de dades del Departament de Medi Ambient (vegeu la figura 4.7).

Posidònia: variable qualitativa que indica la presència o no de prades de *Posidonia oceanica* a les proximitats de la platja. Aquesta informació s'obté a partir dels inventaris de prades realitzats pel Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural i el Departament de Medi Ambient.

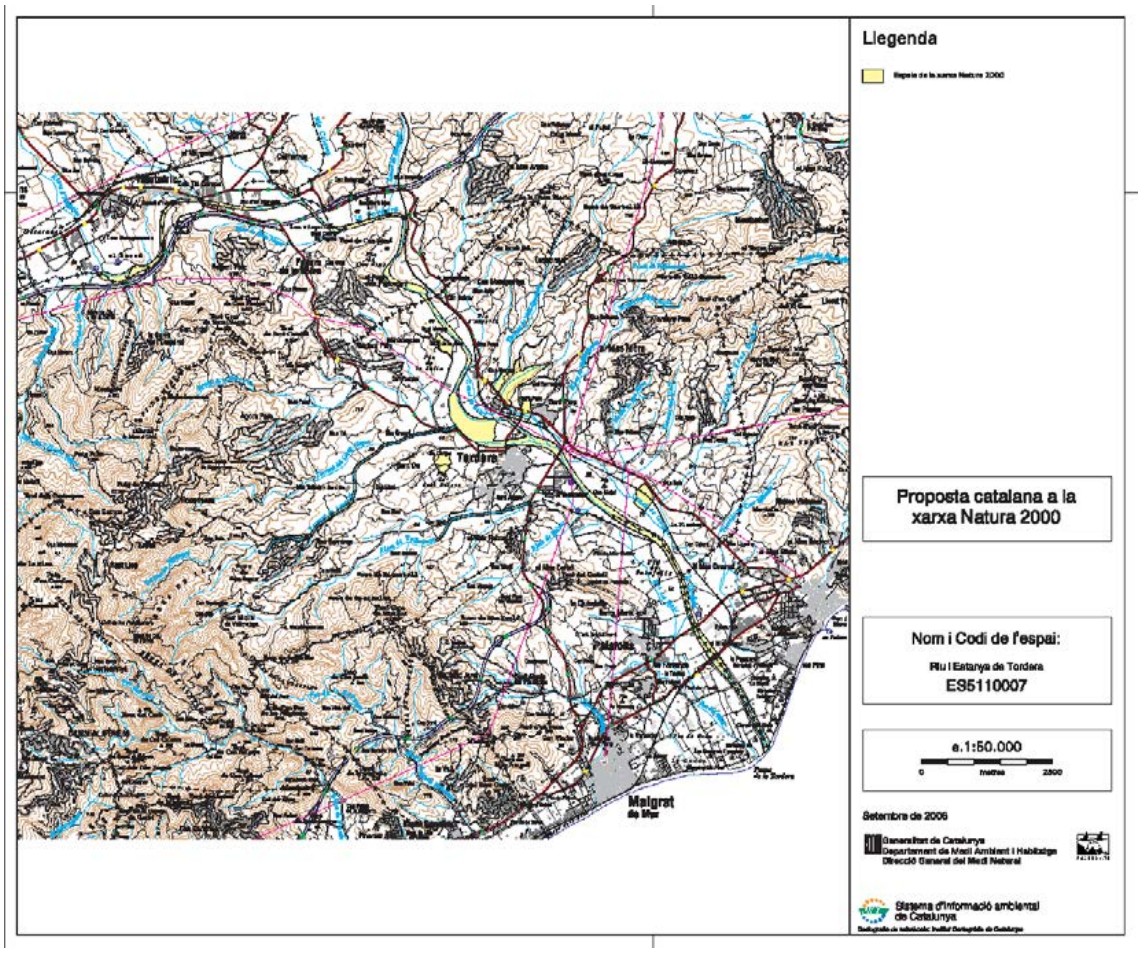

Figura 4.7 Exemple de zona protegida per Xarxa Natura 2000 a les proximitats d'una platja (s'Abanell i Malgrat)

***Hàbitats (terrestres i d'interès comunitari*):** en aquest apartat s'indiquen els tipus d'hàbitats presents a les proximitats de la platja, fent èmfasi en aquells d'interès

comunitari. En el cas que n'hi hagi, s'identifiquen amb el codi oficial corresponent. Aquesta informació s'extreu de les bases de dades del Departament de Medi Ambient (vegeu la figura 4.8).

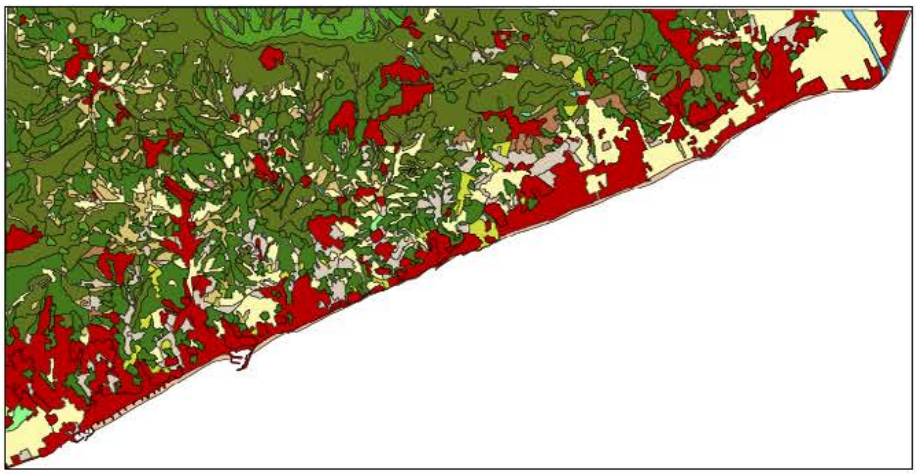

Figura 4.8 Exemple de mapa d'hàbitats obtingut del Departament de Medi Ambient per a la zona nord del Maresme

Zones humides catalogades: en aquest apartat s'indica l'existència de zones humides catalogades a les proximitats de la platja. En el cas que n'hi hagi, s'identifiquen amb el codi oficial corresponent. Aquesta informació s'extreu de les bases de dades del Departament de Medi Ambient (vegeu la figura 4.9).

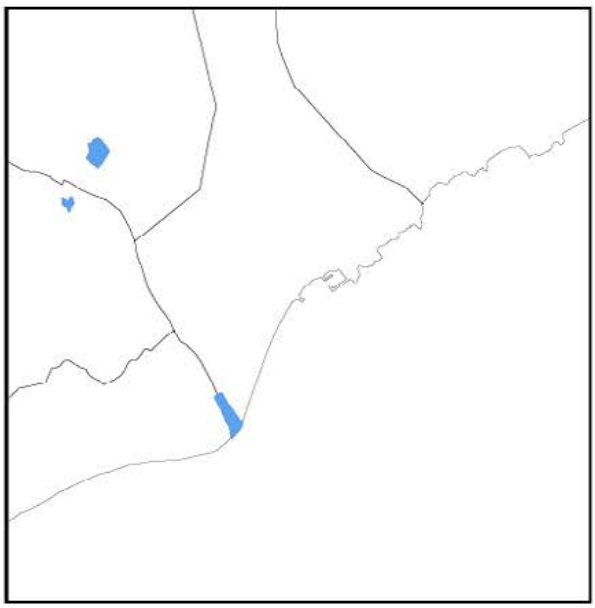

Figura 4.9 Exemple del catàleg de zones humides inventariades del Departament de Medi Ambient a la desembocadura de la Tordera

***Espècies d'especial interès*:** en aquest apartat s'indica l'existència d'espècies d'especial interès o protecció a les proximitats de la platja. En el cas que n'hi hagi, s'identifiquen quines són. Aquesta informació s'extreu de les bases de dades del Departament de Medi Ambient.

***Zona inclosa al PDUSC*:** en aquest apartat s'indica el règim urbanístic del sòl a les proximitats de la platja d'acord amb el Pla director urbanístic del sistema costaner (PDUSC) i PDUSC-2, a partir de la base de dades del Departament de Política Territorial i Obres Públiques (vegeu la figura 4.10). Si s'escau, s'identificarà el codi de la unitat territorial de regulació costanera existent.

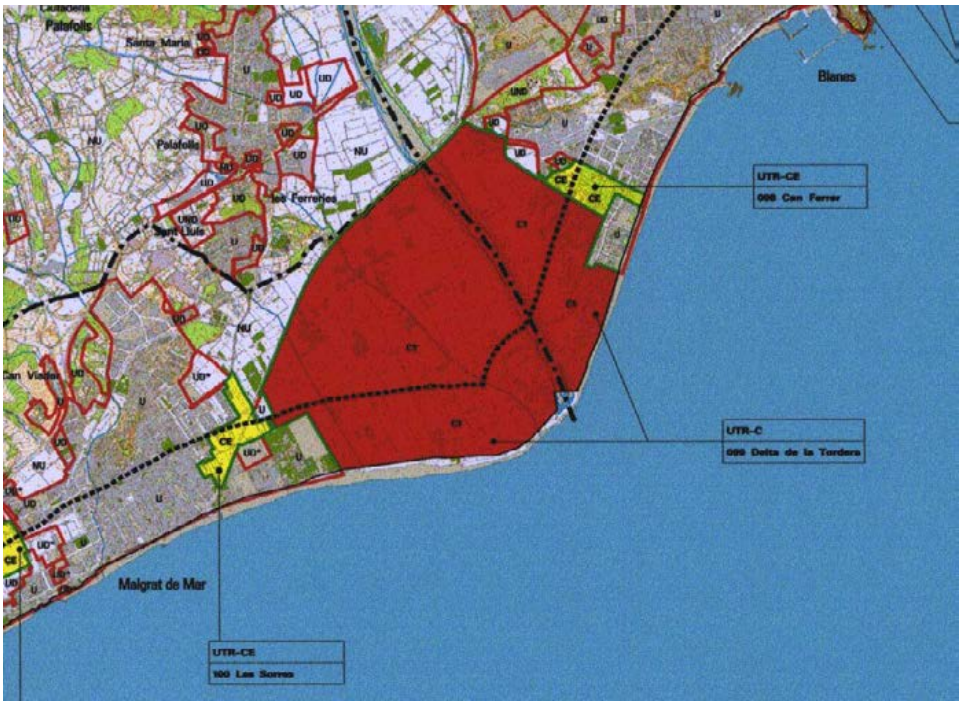

Figura 4.10 Exemple de delimitació del règim urbanístic del sòl i unitats territorials costaneres al PDUSC a la zona de la desembocadura de la Tordera (DPTOP)

***Zona inclosa a l'INUNCAT*:** en aquest apartat es reporta l'existència de zones inundables a les proximitats de la platja d'acord amb l'INUNCAT (Pla d'emergències per inundacions), en el qual es delimiten les línies d'inundació corresponents a 50, 100 i 500 anys de període de retorn en els rius més importants de les conques internes de

Catalunya (vegeu la figura 4.11).

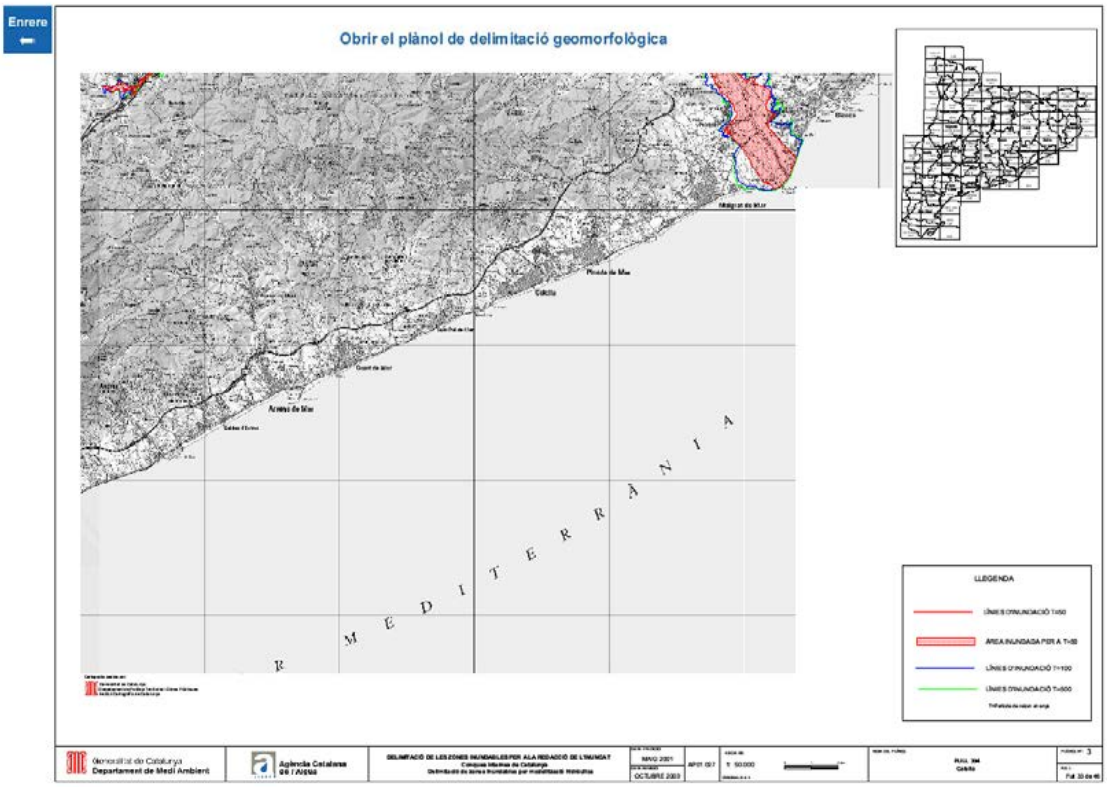

Figura 4.11 Exemple de zones inundables a l'INUNCAT a la zona de la desembocadura de la Tordera (Departament de Medi Ambient)

***Presència de rius o rieres*:** informació qualitativa sobre la presència de desembocadura de rius i rieres a les proximitats de la platja. Se n'indica tant el nombre com el nom, en el cas que n'hi hagi. Aquesta informació s'obté directament a la platja.

Dunes: informació sobre la presència d'àrees dunars a la platja. En el cas que n'hi hagi, s'indica la *cota* màxima de la duna (mesurada directament a la platja), l'àrea que ocupa (superfície mesurada a la platja o en foto aèria) i la presència de *vegetació*.

***Col·lectors pluvials*:** informació qualitativa sobre la presència de col·lectors pluvials a la platja i del nombre, en cas que n'hi hagi. Aquesta informació s'obté a través d'observacions directes a la platja.

4.7 USOS

La caracterització dels usos d'una platja ha estat descrita segons els aspectes que apareixen a la fitxa. Les fonts d'informacions utilitzades provenen de la revisió dels plans d'usos vigents (Pla de ports de Catalunya, PDUSC, INUNCAT) i d'observacions directes a la platja.

Tipus d'ús principal: indicació del principal tipus d'ús de la platja o funció que té.

Altres usos o activitats: altres tipus d'usos que puguin verificar-se a la platja.

Port: presència d'alguna instal·lació portuària pels volts de la platja i nom.

Zona d'ancoratge: existència de zones d'ancoratge a les proximitats de la platja, encara que siguin de temporada.

Grau d'ocupació: informació qualitativa sobre el grau d'ocupació de la platja durant la temporada d'ús.

Sistema de gestió o certificació: informació sobre l'existència d'algun sistema de certificació o similar de la gestió realitzada a la platja. En cas positiu, se n'indica el tipus (e. g.: ISO14001, bandera blava, Q de qualitat turística).

Característiques d'ús del rerepaís: en aquest apartat s'indica el tipus d'ús del sòl a les proximitats de la platja. Aquesta informació s'extreu de les bases de dades del Departament de Medi Ambient i d'observacions *in situ*.

Infraestructures: detall de la presència d'infraestructures a la platja. En el cas que n'hi hagi, se n'indica el tipus. Específicament es considera la presència o no de passeig marítim al llarg de la platja i la seva longitud.

Pla d'usos: informació sobre l'existència o no d'un pla d'usos específic per a la platja.

Concessions: existència i tipus de concessions a la platja. S'indica, si s'escau, una magnitud representativa de la seva intensitat.

Il·luminació: informació sobre l'existència d'il·luminació a la platja i tipus d'il·luminació existent. Això últim es documentarà a partir d'una base de dades de tipus fotogràfic que es crearà.

Sanitaris: informació sobre l'existència de sanitaris a la platja i tipus. Així mateix, s'especificarà el tipus de gestió del servei (e. g.: públics de gestió municipal o públics associats a alguna concessió).

Servei de salvament i socorrisme: informació sobre l'existència i tipus del servei de salvament i socorrisme a la platja. Inclou també variables quantitatives, com pot ser el nombre de torres de vigilància, personal que s'hi dedica, etc.

Altres serveis o instal·lacions: informació sobre qualsevol altre tipus de serveis o instal·lacions a la platja no inclosos en els apartats anteriors.

Accés: informació sobre el tipus d'accés principal a la platja (e. g.: passeig marítim (PM), vial urbà (VU), etc.)

Accés per a minusvàlids: existència d'accessos adaptats per a minusvàlids.

Pàrquings: existència i tipus d'aparcament a les proximitats de la platja. Si es disposa d'informació quantitativa (capacitat i distància), també s'hi inclou.

Transport públic: informació sobre l'existència i el tipus de transport públic cap a la platja.

Problemes d'accés: informació sobre l'existència i tipus de problemes relacionats amb l'accés a la platja.

Conflictes d'ús: informació sobre l'existència i tipus de problemes o conflictes entre diferents usos de la platja.

Problemes d'infraestructures: informació sobre l'existència i tipus de problemes en les infraestructures existents a la platja (e. g. : ruptura o danys al passeig marítim durant temporals, etc.).

Afectació relacionada amb l'atermenament del domini públic: informació sobre l'existència i tipus de problemes relacionats amb l'ocupació o delimitació del domini públic.

Altres problemes i conflictes: informació sobre l'existència i tipus de qualsevol problema o conflicte no inclòs en els apartats anteriors.

Addicionalment a tota aquesta informació, per a cada platja es fa un inventari fotogràfic de les principals infraestructures i elements que hi ha. Entre aquesta informació fotogràfica s'inclou la caracterització de la part posterior de la platja, per donar una idea del desenvolupament urbanístic existent a les proximitats (tipus de construccions, tipus de passeig, etc.).

4.8. QÜESTIONARI SOBRE LA GESTIÓ DE LES PLATGES REALITZADA PELS AJUNTAMENTS

Municipi:

Data:

Respon el qüestionari (càrrec):

1. Quines de les platges incloses en el seu terme municipal són directament gestionades per l'Ajuntament? Indiqui, si s'escau, si altres entitats, com responsables d'urbanitzacions, zones d'acampada, etc., són també gestores.

PLATJA	AJUNTAMENT	URBANITZACIÓ	ALTRES ENTITATS

2. Quina regidoria s'encarrega de la gestió de les platges que es fa des de l'Ajuntament? Quina feina fa cadascuna? Quantes persones treballen en la gestió de platges municipal? Quins càrrecs tenen? Quin és el % del temps de gestió de platges?

REGIDORIA	TASQUES	PERSONES

3. Té l'Ajuntament un pla d'usos de cadascuna de les platges durant l'època estival? (Si és possible, adjunteu-ne còpia.) Ha variat en els darrers cinc anys?

PLATJA	SÍ	NO

4. Quines són les platges del municipi que estan vigilades durant la temporada de bany? És permanent, la vigilància? En quin horari? Quins són els aspectes més conflictius?

5. Quina és la superfície de platja ocupada per a esports aquàtics (material i instal·lacions)?

6. Durant la temporada de bany, es produeixen en alguna de les platges activitats que provoquin conflictes amb els banyistes, com pesca recreativa (a menys de 200 metres de l'entorn de la platja), presència d'animals domèstics, o es duen a terme activitats esportives fora de les zones habilitades?

7. Alguna de les platges del municipi està gestionada mitjançant un sistema de gestió ambiental (certificat)? Quin? Tenen les platges algun altre distintiu de qualitat? Quin?

8. Quines accions de gestió (moviment de sediments, neteja, etc.) es duen a terme fora de la temporada de bany? Amb quina freqüència?

9. S'ha detectat en alguna de les platges del municipi una densitat excessiva d'usuaris durant l'època estiuenca?

PLATJA	SÍ	NO	TEMPS (DIES, SETMANES, MESOS..)	% REDUCCIÓ ACONSELLAT

10. Creu que seria interessant disposar d'algun tipus d'eina que pogués controlar o monitoritzar l'estat i l'ús de platges del municipi de manera més o menys contínua? Creu que això milloraria o facilitaria la gestió de les platges? Considera necessari establir límits d'usuaris a les platges? En cas afirmatiu, quin criteri es podria usar per limitar el nombre de persones a la platja?

11. Han tingut problemes relacionats amb la pèrdua de sediments a la platja?
(En cas negatiu, passi a la pregunta 23.)

SÍ	NO

12. Percep una pèrdua o augment (perjudicial) progressiu de sorra a les platges? En quines platges?

SÍ	NO

13. Els problemes de sediments són periòdics, provocats per l'acció dels temporals? En quines platges?

PLATJA	FREQÜÈNCIA

14. Han tingut problemes amb els sediments de les seves platges, a causa de la construcció d'alguna obra marítima a la rodalia?

SÍ	NO	TIPUS D'OBRA

15. S'ha realitzat algun tipus d'obra civil per pal·liar els problemes relacionats amb els sediments?

SÍ	NO	TIPUS D'OBRA

16. Té constància, a data d'avui, d'algun episodi de contaminació a les platges del seu municipi?

SÍ	NO	DATA	PROVOCAT PER

17. Ha realitzat l'organisme competent, fins a la data actual, operacions de gestió de sediments a les platges que ho han necessitat? S'ha efectuat des de l'Administració local (ajuntament) alguna operació alternativa de gestió de sediments? (En cas negatiu, passeu a la pregunta 22.)

- Creació de platges ☐

- Regeneració de platges ☐
- Moviment de sorres sense aportació externa de sediment ☐

PLATJA	ORGANISME	OPERACIONS

18. Quan s'han dut a terme?

19. Es tracta d'actuacions puntuals o periòdiques? Si són periòdiques, en quina època de l'any es realitzen?

20. En cas que es tracti d'actuacions periòdiques, quin és el criteri que se segueix per dur-les a terme? Responen a algun fenomen concret?

PLATJA	FENOMEN DESENCADENANT	EXISTEIX PROTOCOL D'ACTUACIÓ?

21. Tipus de sediment i pressupost aproximat:

PLATJA	SEDIMENT MARÍ O TERRESTRE	PRESSUPOST APROXIMAT

22. Com a conseqüència de la pèrdua de sorra, l'onatge ha produït desperfectes a les infraestructures situades a la part posterior d'alguna de les platges del municipi? Quin ha estat el temps màxim necessari per a la seva reparació? Quin és l'origen del finançament?

23. Algun organisme competent ha realitzat anàlisis de l'estat dels sediments de les platges (microbiològica, química o fisicoquímica...)? En aquest cas, adjunti les dades mitjanes del darrer any.

SÍ	**NO**

24. Quin pressupost aproximat es destina anualment a la gestió de platges (manteniment d'infraestructures, neteja i conservació de les platges, etc.) en el seu terme municipal? De quines regidories prové el pressupost?

25. En què consisteixen les actuacions de neteja de platges? Inclouen la neteja mecànica? La neteja de flotants? En quines platges?

PLATJA	**NETEJA MANUAL (vegades per setmana)**	**NETEJA MECÀNICA (vegades per setmana)**

26. El sistema de recollida de residus aplicat produeix una acumulació de residus de petites dimensions durant la temporada de bany en alguna de las platges?

27. Existeix la recollida selectiva de residus a les platges del municipi? En quines platges? Quines fraccions o tipus de residus es recullen? Quants punts hi ha a cada platja?

28. Quina és, aproximadament, la quantitat de residus que es recullen mensualment a les platges del municipi durant l'estiu? I el total municipal?

PLATJA	JUNY	JULIOL	AGOST	SETEMBRE

29. Quines característiques té el servei de salvament i socorrisme a les platges del municipi? Quina és la inversió? Quines són les incidències més importants?

DESCRIPCIÓ	**PLATJA**	**PLATJA**	**PLATJA**	**PLATJA**
Material de transport				
Material de comunicació				
Material de salvament				
Material sanitari				
Equip avís d'emergència				
Abalisament				
Senyalització de zones / activitats perilloses				
Avaluació de risc de la platja				
Pla preventiu				
Indicadors d'accidents				
Risc d'onatge				
Formació del personal				

30. S'han produït canvis en el diàmetre del gra, en el règim d'onatge o en la superfície de la platja en els darrers 10 anys, en alguna de les platges del municipi, com a conseqüència de l'activitat o construcció humana?

31. Coneix l'existència d'alguna comunitat natural a la rodalia de les seves platges que pugui quedar afectada per les operacions de moviment de sediments? De quin tipus? En quines platges? Té algun règim de protecció?

SÍ	NO

32. S'ha donat en alguna de les platges una situació d'emergència que hagi provocat el tancament de la platja, durant els darrers 5 anys? Quines mesures s'han aplicat?

PLATJA	SÍ	NO	DATA	MOTIU DEL TANCAMENT

33. Quin és el principal problema o preocupació del municipi respecte a les platges del terme municipal?

34. Existeix algun conflicte a les platges del municipi a causa de l'ocupació il·legal de la ZMT?

35. Té previst l'Ajuntament urbanitzar els anys vinents zones adjacents a la platja (en un radi de 500 m) actualment sense edificar? En quines platges?

36. Quins incompliments de la legislació ha detectat en els darrers 5 anys al municipi? En quines platges?

37. En cas de tenir aprovada l'agenda 21 local al seu municipi, inclou la gestió de platges? De quina manera?

38. Quins són els objectius de la gestió de platges al seu municipi?

39. Quina és la importància (en percentatge) que per a vostè té cadascun dels 8 factors inclosos a la funció recreativa d'una platja i els 3 factors inclosos a la funció natural? Si us plau, indiqui-ho per als tres tipus de platges. Reparteixi 100 punts entre els blocs compresos en cada funció.

FACTORS	**PLATGES URBANES**	**PLATGES SEMIURBANES**	**PLATGES SEMINATURALS O NATURALS**
FUNCIÓ RECREATIVA			
1. Saturació de la platja			
2. Qualitat visual ambiental d'aigües i sorres			
3. Instal·lacions i serveis			
4. Activitats a la platja			
5. Accessos i aparcament			
6. Qualitat de l'entorn			
7. Confortabilitat i seguretat de la platja com a espai físic			
8. Salvament i socorrisme			
	$\Sigma_{1 \text{ a } 7} = 100$	$\Sigma_{1 \text{ a } 7} = 100$	$\Sigma_{1 \text{ a } 7} = 100$
FUNCIÓ NATURAL			
1. Vegetació de la			

comunitat de platges			
2. Qualitat microbiològica d'aigües			
3. Alteració dels elements i condicions físiques de la platja			
	$\Sigma_{1 \text{ a } 3} = 100$	$\Sigma_{1 \text{ a } 3} = 100$	$\Sigma_{1 \text{ a } 3} = 100$

40. Quin tipus de platges preferiria per als usuaris del seu municipi (urbanes, urbanitzades o naturals)?

41. Si assumim que la platja pot complir bàsicament tres funcions (recreativa, natural i de protecció), quina és, segons la seva opinió, la importància (en percentatge) de cadascuna, en els tres tipus de platja seleccionats?

FUNCIONS	**PLATGES URBANES**	**PLATGES SEMIURBANES**	**PLATGES SEMINATURALS O NATURALS**
RECREATIVA			
NATURAL			
PROTECCIÓ			

42. Existeixen al seu municipi, durant la temporada de bany, activitats turístiques alternatives al turisme de sol i platja? Quines?

43. Existeix informació històrica de les platges del seu municipi en algun museu marítim, col·lecció de fotos, etc.? Quina informació està disponible? En quin lloc?

44. Observacions que vulgui fer:

Capítol 5
Anàlisi de l'evolució de la línia de costa

5.1 INTRODUCCIÓ

En aquest capítol es descriuen les dades utilitzades per caracteritzar l'evolució de la línia de riba al llarg de la costa de Catalunya a llarg termini, així com el mètode d'anàlisi emprat. Aquest tipus d'anàlisi és un dels elements bàsics utilitzats per caracteritzar el funcionament de les unitats costaneres descrits al capítol 3, pel que fa a la dinàmica litoral.

5.2 DADES DISPONIBLES

El conjunt de dades utilitzades per analitzar l'evolució costanera a llarg termini consisteix en una col·lecció de línies de riba obtingudes de diferents fonts i amb diferent nivell de precisió, que cobreixen el període de temps que va des del 1957 fins al 2004 (vegeu la taula 5.1). Aquestes dades són:

(i) Línies de riba corresponents als anys 1957, 1965, 1973, 1977, 1983 i 1995 obtingudes a partir de fotografies aèries fetes en diferents vols realitzats aquests anys. Aquestes fotos han estat digitalitzades i georeferenciades en coordenades UTM (projecció universal transversal de Mercator) pel CEDEX. Una vegada rectificades, s'han extret les línies de riba agafant com a línia de control la línia d'aigua en el moment de la foto. Aquestes línies de riba han estat subministrades en format AutoCAD per la Direcció General de Costes (Ministeri de Medi Ambient). Aquest conjunt de dades (setembre del 2001) suposa una extensió del

treball publicat pel Ministeri d'Obres Públiques el 1979 (CEDEX, 1979). La cobertura d'aquestes dades és variable al llarg de la costa catalana i, a l'hora de presentar els resultats de l'anàlisi, s'especificaran les dades disponibles i utilitzades per a cada zona o unitat costanera.

(ii) Línies de costa corresponents als anys 1994, 2000 i 2004 extretes a partir de fotografies aèries fetes en diferents vols realitzats per l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) i publicades en format digital com a ortofotomapes. Aquests ortofotomapes estan en projecció UTM a una escala 1:5.000. S'han digitalitzat les línies de riba utilitzant un sistema d'informació geogràfic (ArcView3.2) agafant la línia de riba com la línia d'aigua en el moment de la foto.

Data	***Escala***	***Font***
Juny 1957	1:33.000 (v)	CEDEX
Juny 1965	1:20.000 (v)	CEDEX
Juliol 1973	1:18.000 (v)	CEDEX
Novembre 1977	1:18.000 (v)	CEDEX
Juny 1983	1:12.000	CEDEX
Juny 1994	1:5.000	ICC (ortofotomapa)
Febrer 1995	1:12.000 (v)	CEDEX
Setembre 2000	1:5.000	ICC (ortofotomapa)
Juny 2004	1:5.000	ICC (ortofotomapa)

Taula 5.1 Línies de riba utilitzades per estimar l'evolució costanera a llarg termini. (v): escala de vol indicada en CEDEX (1979)

5.3 PRECISIÓ DE LES DADES

Un dels punts principals que cal tenir en compte per interpretar els resultats que s'obtenen en l'anàlisi de l'evolució costanera a partir d'una comparació de les posicions de la línia de riba és l'error associat a les dades. Aquest error determinarà el rang de

validesa dels resultats, ja que, en alguns casos, pot arribar a ser de magnitud similar i fins i tot superior a les variacions reals experimentades per la costa.

En general, les diferents fonts d'error podrien agrupar-se en dos grans grups: *(i)* aquelles associades a la restitució de la foto i que en principi estarien determinades per l'escala de vol i el procés de restitució per si mateix (vegeu, e. g., Thieler i Danforth, 1994), i *(ii)* les associades a la mateixa definició de la línia de riba.

L'estimació de l'error associat a la primera d'aquestes fases depèn del procés de restitució dut a terme sobre la foto, i s'ha d'obtenir durant 'aquest procés mitjançant la utilització de punts de control durant l'aerotriangulació. En una anàlisi prèvia de restitucions de línies de costa al litoral català, Bou (1994) va calcular que l'error planimètric mitjà treballant a una escala 1:25.000 era de 3,5 m. Considerant que aquest valor és representatiu i que és funció lineal de l'escala de treball, s'ha fet una estimació dels errors que es correspondrien a les escales que s'utilitzen en aquest treball. Així, per a les restitucions publicades per l'ICC a escala 1:5.000, s'ha assumit que l'error inherent és d'1 m i que, a mesura que augmenta l'escala, l'error augmenta linealment.

Quant a les línies de riba obtingudes del CEDEX (1957, 1965, 1973, 1977, 1983 i 1995), se'n desconeix l'error associat. Ateses les escales de vol i les anàlisis realitzades sobre algunes de les imatges originals, se li ha assignat un error quadràtic mitjà de 2,5 m.

Addicionalment a aquests errors, cal considerar l'associat a la mateixa definició de la línia de riba, el qual es pot delimitar a partir de les característiques físiques de la zona d'estudi. En general, les variacions fictícies en la posició de la línia de riba a causa de la selecció de cotes diferents per definir-la (com per exemple aquelles degudes a una variació en la posició del nivell mitjà del mar durant la foto, o el fet d'agafar la línia d'aigua en el moment de la foto o una altra línia, com podria ser la de plenamar), són relativament fàcils de calcular sempre que se sàpiga la posició vertical del nivell de referència elegit i el perfil topogràfic a la zona d'estudi. El desplaçament fictici o "error

planimètric", ΔX, induït per una variació en la cota seleccionada per a la definició de la línia de costa, ΔZ, sobre un perfil de pendent $tan\beta$ (a la part del perfil on es produeixen les variacions en la posició de la línia d'aigua), seria definit per:

$$\Delta X = \frac{\Delta Z}{tan\ \beta} \qquad (5.1)$$

Tanmateix, el problema amb què ens trobem en el nostre cas és que es desconeix exactament la cota corresponent a la línia de control escollida per a la definició de la línia de riba en cada una de les fotos o mapes disponibles. Ateses les característiques de la zona d'estudi (marea i pendent mitjà de les platges), no es 'pot esperar que, en general, la magnitud de l'error associat a aquesta incertesa sigui comparable a la dels canvis observats en el cas d'aquelles zones amb una dinàmica costanera apreciable (vegeu, e. g., Jiménez et al. 1997). Aquesta font d'error tindria la màxima rellevància en zones amb un perfil molt estès —pendent molt baix—, on petites variacions en vertical significarien unes excursions en horitzontal relativament grans, més grans com menor sigui el pendent (figura 5.1). Així, cal tenir en compte que en algunes zones de la costa catalana ens podem trobar amb perfils molt estesos on aquest component de l'error pot ser potencialment molt gran (un exemple d'aquest tipus de variació s'ha trobat a la zona interna de les llacunes del Fangar i els Alfacs, al delta de l'Ebre, sota la presència de marees meteorològiques de magnitud no excessiva; vegeu, e. g., Jiménez et al., 1997). D'altra banda, aquestes zones són generalment poc dinàmiques i serà "fàcil" discernir en el seu moment si les variacions observades són realment canvis o són, simplement, artificis de les dades.

Assumint un pendent típic de l'estran al llarg de la costa de l'ordre d'1/10 i una variació potencial màxima en vertical del nivell del mar de 0,25 m (que es corresponen amb el rang de marea astronòmica típica del litoral català), la indeterminació horitzontal en la línia de riba 'seria d'uns 2,5 m.

Estrictament caldria considerar també els canvis en el nivell a causa de la presència

d'una marea meteorològica durant la presa de les dades. Tanmateix, com que la majoria de les línies de riba s'han agafat durant l'estiu, quan és menor la probabilitat de presentació d'aquests esdeveniments (considerant només els ascensos del nivell del mar), s'ha suposat que les condicions meteorològiques durant totes les campanyes han estat similars i, per tant, que no hi ha una contribució significativa a les variacions en la posició relativa de les línies de riba disponibles a causa de la marea meteorològica.

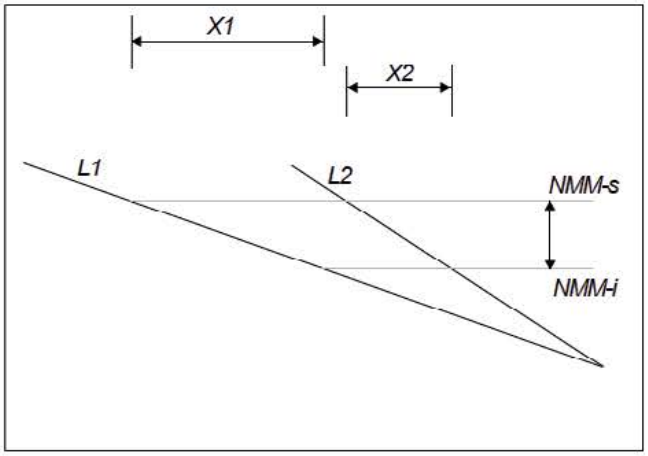

Figura 5.1. Esquematització de l'error en la posició de la línia de riba en funció de la cota escollida per a la seva definició per a dos perfils de pendent diferent

Considerant de manera acumulada totes les fonts d'error, una idea de la precisió final en la posició de les línies de riba utilitzades en aquest estudi es pot veure' a la taula 5.2, que és de l'ordre de magnitud d'altres estudis amb conjunts de dades de característiques similars (e. g., Anders i Byrnes, 1991; Crowell et al., 1991).

Data	***font***	***error estimat (m)***
1957	foto aèria	± 5,0 (2,5+2,5)
1965	foto aèria	± 5,0 (2,5+2,5)
1973	foto aèria	± 5,0 (2,5+2,5)
1977	foto aèria	± 5,0 (2,5+2,5)
1983	foto aèria	± 5,0 (2,5+2,5)
1994	restitució	± 3,5 (1,0+2,5)
1995	foto aèria	± 5,0 (2,5+2,5)
2000	restitució	± 3,5 (1,0+2,5)
2004	restitució	± 3,5 (1,0+2,5)

Taula 5.2. Errors estimats en la posició de la línia de riba per a cada conjunt de dades

5.4 MÉTODE D'ANÀLISI

Per analitzar l'evolució de la línia de riba al llarg de la costa catalana s'ha utilitzat com a eina de càlcul el sistema d'informació geogràfic ArcView 3.2. Per a això s'ha fet ús de l'aplicació d'anàlisi dels canvis històrics de línies de riba DSAS (Digital Shoreline Analysis System), desenvolupada per l'USGS (Thieler et al., 2005).

Una vegada estan disponibles totes les línies de riba d'estudi, es defineix per a cada unitat d'anàlisi una línia de control, que corre més o menys paral·lela a l'orientació principal de la línia de riba en aquest tram. Al llarg d'aquesta línia de control es generen una sèrie de perfils o punts de control sobre els quals es calculen les variacions en la posició de la línia de riba al llarg del període d'estudi (figura 5.2). Hi ha tres maneres d'obtenir l'esmentada línia de control: *(i)* creant una nova línia en l'ortofotomapa amb una posició i orientació arbitràries; *(ii)* generant-la a partir d'una línia de riba ja existent, o *(iii)* agafant una línia predeterminada anteriorment, com per exemple un passeig marítim. El sistema seleccionat en cada unitat dependrà de les característiques particulars de la zona, sempre buscant que aquesta línia de control reflecteixi adequadament l'orientació principal de la costa.

Una vegada es tenen tots aquests elements, es calcula la distància a la qual es troba la línia de riba en cada punt de control per a cada instant de temps. És a dir, s'obté per a cada punt de control una sèrie temporal de desplaçaments de la línia de riba respecte a la posició inicial. A partir d'aquestes sèries s'obté la taxa d'evolució de la línia de riba segons diferents mètodes de càlcul.

Els mètodes per estimar les taxes evolutives de la línia de costa varien tant en funció dels objectius perseguits com de la disponibilitat i les característiques de les dades (e. g., Dolan et al., 1991; Fenster, et al. 1993).

D'entre els diferents tipus d'estimació de les taxes d'evolució de la línia de costa existents, hi ha dos mètodes principals: increment net (EPR, del terme anglès *end point*

rate) i regressió lineal (LR).

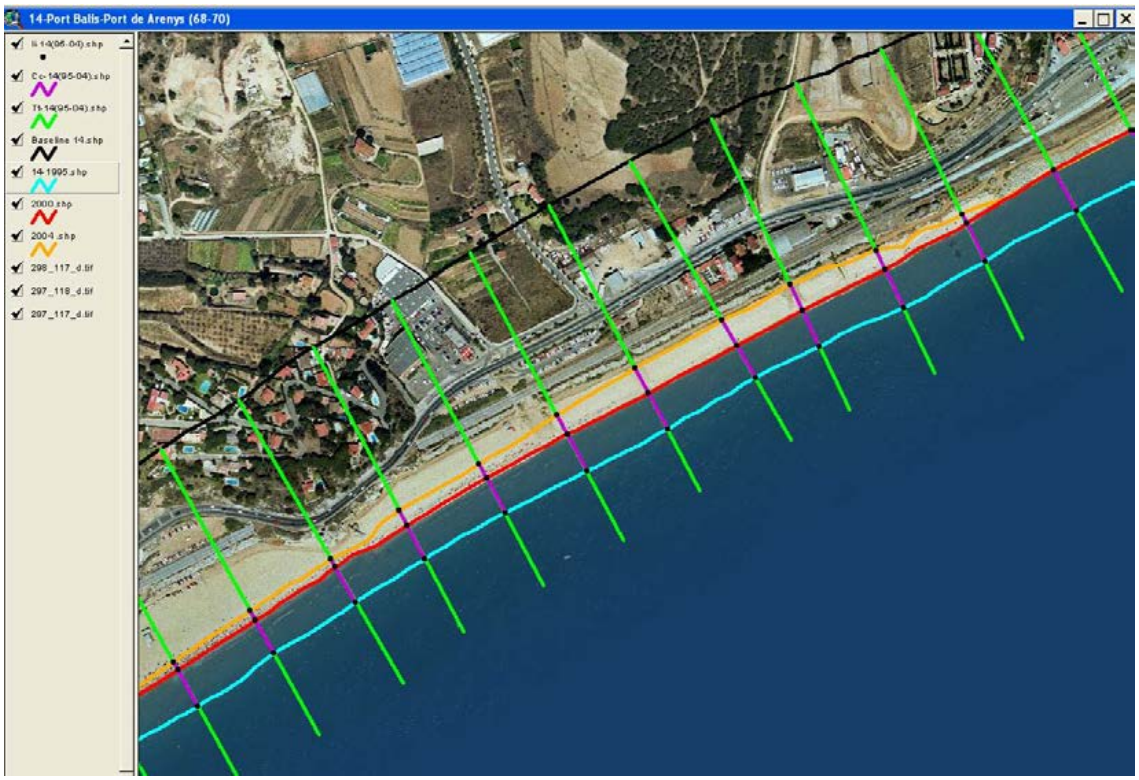

Figura 5.2. Representació en ArcView de les taxes d'evolució de les línies de riba analitzades (anys 1995 —celeste—, 2000 —vermell— i 2004 —taronja—) a partir dels transsectes (verd) generats de la línia de control (negre) cada 100 metres.

El *mètode EPR* utilitza únicament dues posicions de la línia de riba, generalment l'última i la primera disponibles, i negligeix totes les posicions intermèdies. La taxa evolutiva es correspondria al desplaçament experimentat entre ambdues situacions normalitzat amb el temps transcorregut entre ambdues. El mètode és útil quan l'únic que es pretén és estimar el desplaçament que ha tingut una costa en un període de temps determinat, sense entrar en consideracions sobre possibles variacions en la tendència, és a dir, quan es vol avaluar en termes estrictes el retrocés o avanç de la línia de costa. El desavantatge principal és que, en descartar possibles variacions en el moviment de la línia de costa entre ambdues posicions, la seva capacitat predictiva (en termes de representativitat 'd'aquest comportament) és bastant limitada. Així, en el cas que la costa objecte d'estudi tingui una evolució monòtona (e. g., erosió o acreció continuada a

una taxa relativament uniforme), el seu valor podrà considerar-se representatiu (figura 5.3 a), mentre que, en el cas que hi hagi variacions significatives en 'la tendència, el valor calculat potser no serà representatiu de l'evolució actual (figura 5.3 b).

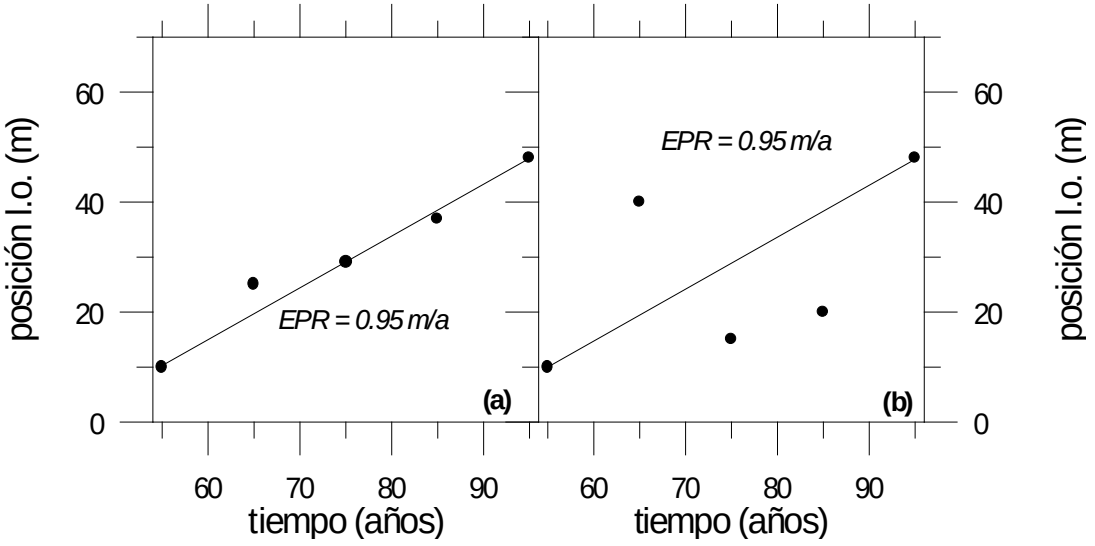

Figura 5.3. Estimació hipotètica de la taxa evolutiva de la línia de costa mitjançant el mètode EPR per a dues costes amb igual EPR però diferent comportament evolutiu.

El *mètode LR* utilitza totes les posicions de la línia de riba disponibles i la taxa evolutiva s'obté mitjançant una regressió lineal per mínims quadrats utilitzant el desplaçament de la línia de costa com a variable dependent. L'avantatge del mètode és que, com que utilitza totes les dades existents, té en compte possibles variacions en el comportament al llarg del temps i alhora filtra les oscil·lacions de curt període. Els desavantatges estarien associats a la tècnica estadística per si mateixa, i sobretot consistirien en estimacions esbiaixades quan les dades estan mal condicionades (figura 5.4). En el cas de costes amb un comportament monòton, la taxa estimada mitjançant LR seria molt similar a l'obtinguda mitjançant l'EPR (com en el cas de la figura 5.3 a).

Independentment del mètode utilitzat, es pot donar el cas que les dades presentin una tendència definida durant un període i una tendència contrària en un altre període diferent. Aquesta situació sol correspondre a algun fenomen rellevant al llarg de la costa objecte d'estudi, el resultat del qual genera un canvi en l'evolució de la costa (figura

5.5). Exemples d'aquest tipus de comportament serien la implantació d'una obra de tipus escullera al llarg d'una costa, la cessació sobtada (o l'augment) d'aportaments continentals de sediment, etc. En aquests casos, alguns autors proposen la utilització de models d'estimació no lineals tant per estimar el moment en què es produeix 'el canvi com, fins i tot, per avaluar les taxes per a la totalitat del període (e. g., Fenster et al., 1993). Tanmateix, com que en alguns casos l'ús de models no lineals pot produir el que es denomina *sobreajustament —overfitting—* (figura 5.5), altres autors proposen continuar utilitzant LR encara que de manera diferenciada segons el període evolutiu que s'analitzi i, fins i tot, per a la totalitat del període (Crowell et al., 1997).

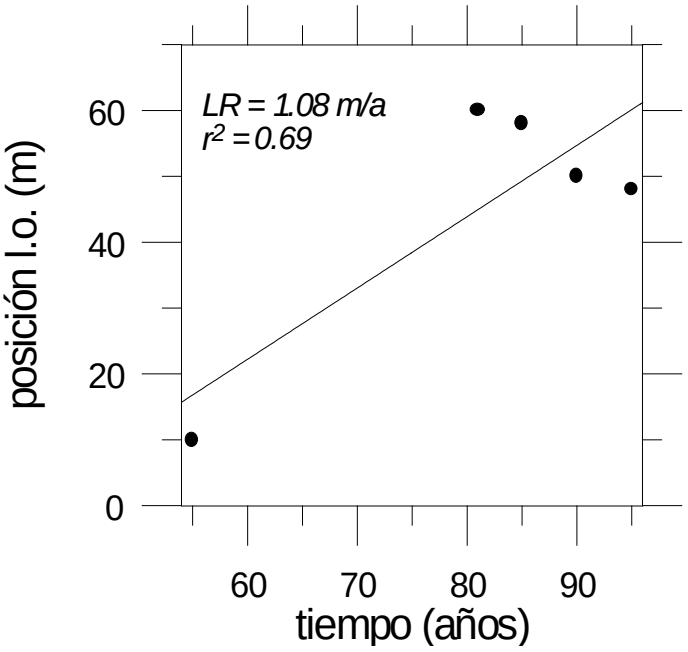

Figura 5.4. Estimació hipotètica de la taxa evolutiva de la línia de costa mitjançant el mètode LR per a un conjunt de dades mal condicionat (efectes d'un conglomerat de dades)

En aquest estudi, per avaluar el comportament evolutiu de la línia de riba al llarg de la costa de Catalunya, s'utilitzarà bàsicament el mètode LR, mitjançant regressió lineal, 'excepte en aquells casos en què no es disposi de més de dues posicions. Així mateix, es farà una selecció del període que es vulgui considerar en l'anàlisi en funció que s'hagi produït algun tipus de variació en les condicions que regeixen l'evolució del tram en particular, com podria ser la realització d'alguna obra d'alimentació de platges o qualsevol altra alteració del balanç sedimentari de la zona.

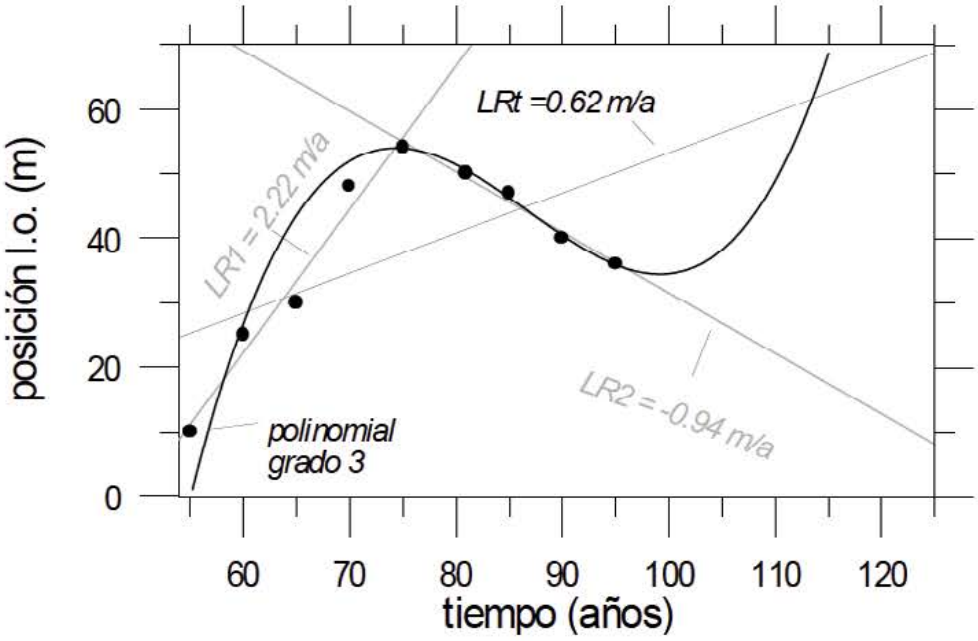

Figura 5.5. Estimació hipotètica de la taxa evolutiva de la línia de costa quan existeix un canvi de comportament ('observeu el sobreajustament quan s'usa l'ajustament no lineal —grau 3— a partir de l'última dada disponible).

Finalment, per donar una idea de les implicacions dels errors estimats a la secció anterior, a la taula 5.3 es presenten les taxes mínimes que hauria d'experimentar la línia de costa per poder assegurar que aquesta s'ha mogut per a diferents períodes de temps. Com es pot veure', 'la taxa disminueix amb el temps per a errors iguals o, el que és el mateix, a mesura que augmentem el període de comparació, augmenta la precisió de l'estudi (vegeu Dolan et al. 1991). Cal tenir en compte que en aquest cas s'ha assumit que l'error que es produeix és el màxim possible i consisteix en la suma dels errors associats a cada una de les posicions.

Data	***Error màx.***	***Taxa mínima***
1957-2004	±8,5 m	±0,18 m/a
1957-1977	±10 m	±0,50 m/a
1977-2004	±8,5 m	±0,31 m/a

Taula 5.3. Exemple d'error màxim i taxa evolutiva mínima (qualsevol taxa compresa entre aquest interval significaria que no es té la certesa que la costa s'ha mogut) associades a l'estimació de l'EPR per a diferents èpoques en funció dels errors presentats a la taula 5.2

Com es pot veure' amb els valors presentats a la taula 5.3, sempre que es presentin els valors de l'evolució de la línia de costa al llarg del tram d'estudi hi haurà un error (imprecisió) intrínsec en el valor calculat, que en molts casos pot considerar-se no negligible, sobretot en comparació de les taxes evolutives calculades. És per això que, a l'hora d'analitzar els resultats, s'ha d'assumir l'existència d'una banda de confiança que indicaria el nivell de variació possible dels mateixos resultats (és a dir, les taxes no sempre es poden prendre en sentit estricte, sinó que algunes vegades només ens donen una idea de l'ordre de magnitud de les variacions observades).

5.5 BALANÇ SEDIMENTARI

Una vegada avaluats els canvis en la línia de riba, a continuació cal estimar els volums de sediment implicats en els mateixos canvis, per a la qual cosa cal estimar com s'estenen aquests en vertical, és a dir, quina seria la forma de la variació del perfil de platja associat.

En el cas que se suposi que els canvis experimentats per la línia de riba hagin estat induïts principalment per l'existència d'un gradient al llarg de la costa del transport longitudinal de sediment, la hipòtesi més habitual és la que s'utilitza en els models d'evolució costanera d'una línia. En aquests models se suposa que el desplaçament experimentat per la línia de riba, ΔX, es tradueix en un desplaçament horitzontal del perfil de platja paral·lel a si mateix, per la qual cosa mantindria la seva forma constant i, en conseqüència, l'increment de volum experimentat pel perfil, ΔV, és definit per:

$$\Delta V = \Delta X \, (d_c + B) \qquad (5.2)$$

on d_c és la profunditat activa i B és l'altura de la berma.

Com que a l'hora de caracteritzar l'evolució de la línia de riba a llarg termini s'ha

realitzat un filtratge dels canvis de curt període (e. g., a través de l'estimació de la taxa evolutiva per regressió lineal), és acceptable que la majoria de les vegades el comportament en planta caracteritzat estarà controlat bàsicament pel transport longitudinal, per la qual cosa, excepte que hi hagi un criteri millor (e .g., disponibilitat de dades del perfil de platja que mostrin un comportament diferent), s'acceptarà aquesta hipòtesi.

5.6 PROFUNDITAT DE TANCAMENT

Un dels punts clau a l'hora de calcular els volums de sediment involucrats en els canvis de la línia de riba és la correcta estimació de la profunditat activa o profunditat de tancament, d_c. En aquest cas, la profunditat activa s'hauria de considerar com aquella fins on es fan visibles els canvis induïts pel transport longitudinal de sediment en l'escala de temps considerada. La manera òptima d'avaluar aquesta profunditat seria a partir de l'anàlisi d'una sèrie de perfils de platja presos durant un període de temps representatiu (a una escala similar a la de l'anàlisi), i identificar la profunditat mitjana a partir de la qual no es detecten canvis significatius en el perfil. Tanmateix, com que no es disposa d'aquesta informació a la zona d'estudi, s'ha d'estimar aquesta profunditat a partir de mètodes predictius.

El mètode més utilitzat és el que proposa Hallermeier (1981), que va derivar una fórmula per estimar la profunditat activa en funció de les característiques de l'onatge incident (implícitament s'assumeix que l'onatge és el principal modificador del perfil de platja, la qual cosa és perfectament aplicable a la costa mediterrània). Aquesta fórmula, que va ser calibrada a partir de l'anàlisi de la variabilitat de perfils de platja al llarg de la costa dels Estats Units, és definida per:

$$d_c = 2.28\, H_s - 68.5\, (H_s^2 / g\, T_s^2) \qquad (5.3)$$

on *Hs* i *Ts* són els valors de l'altura d'ona significant i període associat representatius de condicions d'alta energia (tempestes), en les quals la modificació del perfil pot assolir majors profunditats. En la formulació original aquest onatge característic està associat a una probabilitat de no excedència de 12 hores/any, és a dir, representatiu de la cola de les altures d'ona majors de la distribució. Encara que els coeficients de l'expressió (5.3) han estat obtinguts a partir d'un ajust en dades obtingudes a la costa americana, la seva aplicació a altres conjunts de dades ha mostrat validesa fins i tot per a períodes de temps més llargs que els proposats originalment —un any mig— (vegeu, e. g., Nicholls et al., 1998). Així mateix, la seva aplicació per a l'avaluació de l'esmentada profunditat al litoral català és satisfactòria (vegeu, e. g., Gràcia et al., 1998).

Existeixen altres propostes de coeficients ajustats a altres zones o amb altres dades, com la de Birkemeier (1985), que té la mateixa relació funcional que la de l'expressió 5.3 encara que els seus coeficients són menors i, en conseqüència, prediuen una profunditat inferior per al mateix clima d'onatge.

A fi d'aplicar la formulació de Hallermeier (5.3) tal com va ser proposada, s'hauria de disposar d'una distribució marginal d'altures d'ona per a la zona d'estudi d'on poder identificar l'altura d'ona significant associada a una probabilitat de 12 hores/any (vegeu, e. g., figura 5.6).

En el cas que l'anàlisi de la dinàmica litoral s'estengui durant un període de diverses dècades, la profunditat activa es pot calcular a partir del clima d'onatge extremal en comptes del clima mitjà. Aquesta aproximació ha estat seguida per alguns autors en estudis a llarg termini per incloure el possible efecte de l'existència d'anys especialment energètics (a mesura que augmenta el període de control, augmenta l'altura d'ona d'una tempesta, que pot incidir en la costa) (e. g., Stive et al., 1992; Jiménez, 1997; Jiménez et al., 2002). En cada unitat d'anàlisi, i depenent de les dades disponibles, s'utilitzaran les dades d'onatge més apropiades, identificant-se clarament el criteri utilitzat.

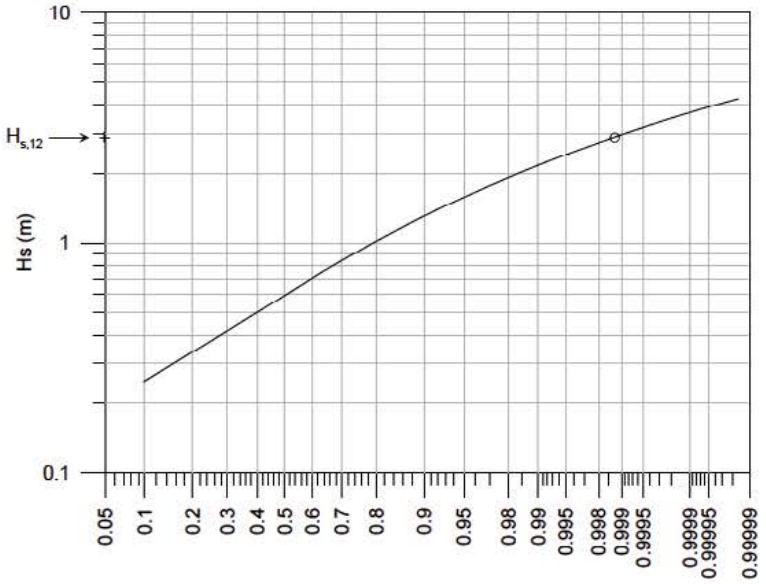

Figura 5.6. Estimació de la Hs que s'ha d'utilitzar per avaluar d_c *a partir de la distribució marginal d'altura d'ona*

5.7 TRANSPORT LONGITUDINAL NET DE SEDIMENT

Una vegada s'han calculat els increments de volums per a cada perfil de control al llarg de la unitat d'anàlisi, s'obté el canvi de volum entre perfils consecutius mitjançant la regla dels trapezis. Aquest volum serà equivalent al valor del gradient del transport longitudinal al llarg de la costa.

Per convertir aquests gradients a taxes de transport longitudinal net al llarg de la costa, cal resoldre l'equació de continuïtat (eq. 5.5) després d'imposar una condició de contorn, és a dir, coneixent el valor del transport en un punt del domini s'està en disposició de reconstruir l'esquema de transport longitudinal net al llarg de la costa.

$$Sl_i = Sl_{i+1} - \frac{\Delta x}{\Delta t}(B + d_c)\,\Delta y \qquad (5.5)$$

Aquesta taxa de transport longitudinal neta seria la necessària per explicar els canvis observats en la línia de riba al llarg del tram d'anàlisi en el cas que tots els canvis fossin deguts al transport longitudinal. En essència seria equivalent al "transport real" induït

per l'onatge incident, encara que, més que transport mesurat, s'ha d'entendre com a transport inferit, ja que s'imposen una sèrie d'hipòtesis com la del tipus de canvi de perfil. Aquestes taxes de transport net s'utilitzaran posteriorment per calibrar expressions predictives del transport longitudinal de sediment com les descrites al capítol 6.

Capítol 6
Dinàmica litoral

6.1 INTRODUCCIÓ

En aquest capítol es presenten alguns dels elements principals que s'han utilitzat per caracteritzar la dinàmica litoral en cadascuna de les unitats costaneres d'anàlisi. Aquests, juntament amb l'evolució costanera, determinada a partir de les dades de línia de riba (vegeu el capítol 5), serviran per quantificar el funcionament físic d'aquestes unitats i determinar-ne la tendència evolutiva i quantificar els problemes d'estabilitat que es puguin presentar.

6.2 CLIMA D'ONATGE

L'objectiu principal que es pretén assolir amb l'elaboració d'un clima d'onatge és la descripció sintètica de l'estat de la mar en un tram de costa determinat. L'anàlisi resulta imprescindible per a qualsevol estudi de dinàmica litoral, ja que determina de manera estadística les condicions de l'onatge en un any en termes d'altura d'ona, període i direcció.

En l'estudi de l'onatge a llarg termini es distingeix la definició de les característiques mitjanes o clima d'onatge mitjà del règim d'onatge d'extrems segons que es considerin tots els successos o els valors associats a temporals. En tots dos casos l'anàlisi es fa sobre un conjunt de dades històriques d'origen molt divers i que poden agrupar-se en: registres d'onatge instrumental, registres visuals o registres de predicció.

6.2.1 Anàlisi de les característiques mitjanes

La descripció de les condicions d'onatge d'un tram de costa en un any mitjà inclou des de l'obtenció de valors estadístics bàsics com la mitjana, el valor màxim, la moda o la desviació típica, fins a l'ús de tècniques més complexes segons l'objectiu final que es vulgui assolir, i bàsicament consisteixen en la realització de:

- Roses d'onatge.
- Taules de freqüència d'aparició.
- Distribucions de probabilitat de no excedència o règim d'onatge mitjà.

Aquest tipus d'anàlisi proporciona de manera resumida les característiques de l'onatge en un any i és la base de partida de molts dels càlculs que es realitzen en la caracterització morfodinàmica del tram de costa sotmès a estudi, entre els quals destaquen el transport longitudinal de sediment i els episodis d'inundabilitat d'un tram de platja concret.

Roses d'onatge

S'entén per *rosa d'onatge* la representació gràfica conjunta de l'altura o període de l'onatge i la seva freqüència de presentació per sectors, per la qual cosa permet donar una visió ràpida de les característiques de l'onatge potencialment d'interès en el tram de costa sotmès a estudi.

En una rosa d'onatge (figura 6.1) l'ample de cada element representa la intensitat de la variable considerada, i la longitud ens mostra la seva ocurrència, motiu pel qual aquest tipus de representacions cal que vagin acompanyades d'una llegenda on s'especifiquin les respectives relacions d'escala.

Els intervals de classificació dels diferents paràmetres poden ser definits per l'usuari, malgrat que el més habitual és utilitzar intervals de 0,5 m per a l'altura d'ona i d'entre 2 i 4 s per al període. Respecte a les direccions, el més comú és dividir-les en 8, 12 o 16

sectors centrats respecte al nord geogràfic i que es corresponen amb arcs de 45º, 30º o 22,5º.

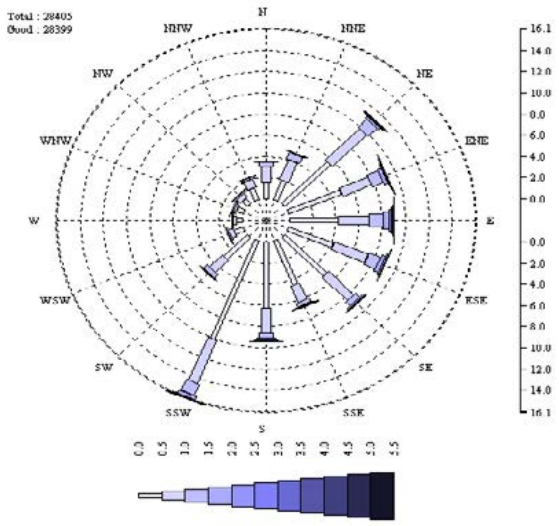

Figura 6.1. Rosa d'onatge

Taules de contingència H-T

L'existència de sèries temporals d'onatge cada cop més llargues resulta en un augment del nombre de dades disponibles. Per simplificar els càlculs morfodinàmics del tram de costa sotmès a estudi el més usual és reduir les dades d'onatge de partida a unes poques condicions hidrodinàmiques, mantenint la seva representativitat.

D'acord amb De Vriend et al. (1993), aquest tipus d'informació pot ser sintetitzada seguint dues grans estratègies: mitjançant la definició d'un onatge representatiu múltiple (ORM) o bé mitjançant la caracterització d'un onatge representatiu únic (ORU). En el mètode ORM, el clima d'onatge queda definit per un conjunt d'altures d'ona i direcció, mentre que en el mètode ORU el clima d'onatge s'obté a partir d'una única altura d'ona.

Una taula de contingència H-T és una extensió del mètode ORM on els registres d'onatge de partida es classifiquen segons la seva altura i període per a un conjunt de direccions preestablertes. Per a cada una de les parelles H-T es determina la freqüència

conjunta durant el període de mesura. Els intervals de cada una de les variables són definits prèviament per l'usuari, tot i que és habitual caracteritzar les altures d'ona en classes de 0,5 m, els períodes en grups de 2 o 3 s i les direccions en sectors de 16 puntes. L'objectiu final és reduir el nombre de condicions hidrodinàmiques, sovint superior al 95 % de la sèrie original segons els intervals considerats.

De vegades s'utilitza un major grau de síntesi de la informació considerant una altura única per a cada interval de períodes i direccions, en el que es coneix com a *altura d'ona morfològica*, definida com a:

$$H_{mor} = \left(\frac{\sum H_i^p f_i}{\sum f_i} \right)^{\frac{1}{p}} \tag{6.1}$$

on H_i representa els valors d'altura d'ona per a un interval de períodes i donat, i p és un coeficient el valor del qual queda definit d'acord amb la relació funcional entre el procés morfodinàmic considerat i la variable altura d'ona. En el cas d'avaluar el transport longitudinal de sediment mitjançant una equació de tipus CERC, p pren un valor de 2 en aigües indefinides.

Règim d'onatge mitjà

El règim mitjà de l'onatge relaciona els diversos valors d'altura d'ona amb la probabilitat que no siguin superats en un període de temps d'un any mitjà.

Des del punt de vista metodològic, l'anàlisi consisteix a determinar una funció de distribució de probabilitat de no excedència que ajusti millor el conjunt de dades d'onatge registrades. La probabilitat de cada interval es determina a partir de la corba d'estats de la mar en el cas de partir de registres instrumentals (boies) o bé a partir de l'histograma acumulat d'altura (informació instrumental o visual).

Es parla de *règim d'onatge escalar* quan l'anàlisi es fa amb independència de la

direcció. D'altra banda, el *règim d'onatge direccional* consisteix a determinar la probabilitat del succés per a diferents direccions $P(H_i \leq x/sector)$, i per tant, la seva probabilitat absoluta $P(H_i \leq x;sector)$ està condicionada per la probabilitat d'aparició del sector considerat $P(sector)$.

$$P(H_i \leq H;\text{sector}) = P(H_i \leq H / \text{sector}) \cdot P(\text{sector}) \qquad (6.2)$$

El procediment de càlcul quan es disposa de la corba d'estats de la mar consisteix a definir el temps de no excedència dels diferents intervals d'altura d'ona i, posteriorment, determinar la probabilitat de no excedència dins el període analitzat. En el cas d'utilitzar l'histograma acumulat, es determina el nombre d'observacions per a cada rang d'altures per finalment assignar la seva probabilitat de no excedència. Finalment, sobre el conjunt de dades (*alçada_ona;probabilitat*) obtingut es realitza un ajust a diverses funcions de probabilitat.

A la taula 6.1 es presenten les funcions de distribució de probabilitat de no excedència més utilitzades, on *x* representa el valor de la variable altura d'ona i *A*, *B* i *C* són els paràmetres de posició escala i forma de les funcions que s'han de determinar en l'ajust. Segons Copeiro (1978), en un règim mitjà d'onatge es poden arribar a distingir tres regions (figura 6.2):

- Zona central d'estimació acceptable.
- Zona amb desviacions aleatòries importants en la part superior i inferior degudes a les poques observacions disponibles i que ocasionen una pèrdua en la qualitat de l'estimació de la funció. Aquest problema tendeix a minimitzar-se a mesura que es disposa de sèries temporals més llargues.
- Zona de desviacions sistemàtiques en ambdós extrems de la funció com a resultat del fet de disposar d'una mostra finita de dades que ocasiona una tendència a 1 del valor més gran de la mostra i a 0 del més petit.

Distribució	Funció de Distribució	Funció de densitat	Camp de definició		
			x	A	B
Lognormal	$\frac{1}{B\sqrt{2\pi}}\int_0^x \frac{1}{x}\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - A}{B}\right)^2\right]dx$	$\frac{1}{xB\sqrt{2\pi}}\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - A}{B}\right)^2\right]$	>0	-	>0
Exponencial	$1-\exp\left[-B(x-A)\right]$	$B\exp\left[-B(x-A)\right]$	≥A	-	>0
Weibull	$1-\exp\left[-\left(\frac{x-A}{B}\right)^C\right]$	$\frac{C}{B-A}\left(\frac{x-A}{B-A}\right)^{C-1}\exp\left[-\left(\frac{x-A}{B-A}\right)^C\right]$	≥A	>Xmin	>A

Taula 6.1. Funcions de distribució de probabilitat de no excedència per al règim mitjà

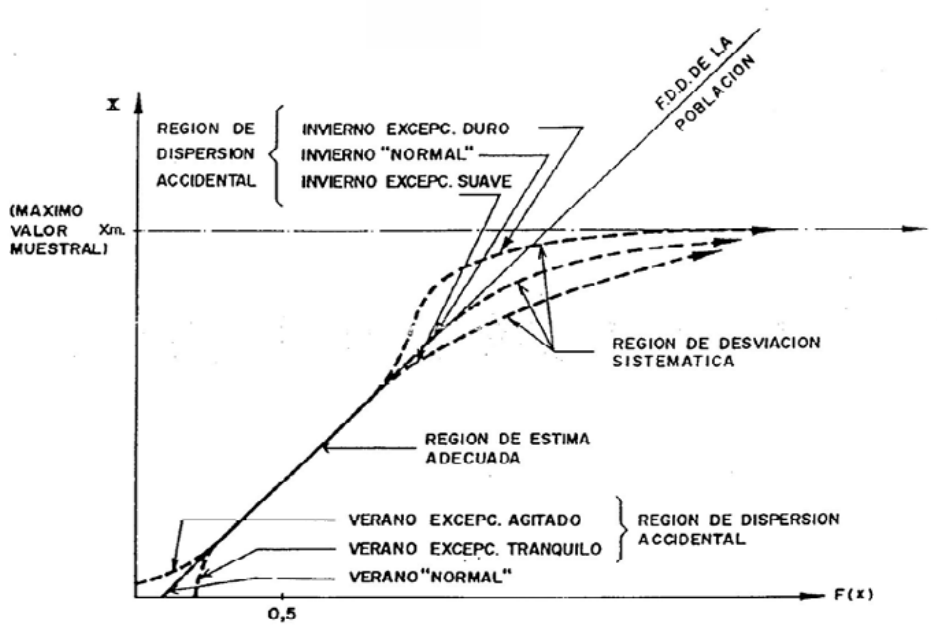

Figura 6.2. Zonificació d'un règim d'onatge (Copeiro, 1978)

Segons Martínez i Martín (1990), l'ús d'una funció lognormal mostra un bon comportament en la zona central quan s'utilitza en ambients d'onatge com el del litoral espanyol, mentre que amb la funció exponencial s'obtenen els millors ajustos en la zona central i superior. La funció Weibull millora significativament la qualitat dels ajustos, ja que presenta un paràmetre de translació addicional (coeficient *A*), malgrat que en

algunes situacions, i atesa la mateixa definició de la funció (no vàlida per a valors més petits que *A*), pot resultar sense interès. Aquesta indeterminació s'acostuma a resoldre fixant el paràmetre *A* igual a 0, amb la qual cosa es converteix en una funció biparamètrica.

Els mètodes més utilitzats per determinar els paràmetres de les funcions són: el mètode dels moments dels valors de la mostra, el mètode de la màxima versemblança i el mètode dels mínims quadrats.

El mètode dels moments dels valors de la mostra es fonamenta en la definició dels paràmetres a partir de la caracterització de la mitjana, variància o moments d'ordre superior. Cada una de les funcions presenta una relació dels seus paràmetres diferent. El mètode de la màxima versemblança consisteix a determinar els valors dels coeficients de manera que sigui màxima la probabilitat de trobar el valor observat. Finalment, en el mètode dels mínims quadrats es minimitzen les diferències (en un eix o un altre segons el tipus de regressió) entre els valors observats i els obtinguts per les funcions proposades donant el mateix pes a tots.

6.2.2 Règim d'onatge de temporals

El règim d'extrems o temporals consisteix a determinar la funció de distribució dels valors extrems de la variable altura d'ona, que relaciona els valors previsibles d'aquests temporals amb la probabilitat que no siguin superats en un any. Aquesta probabilitat sol expressar-se en termes de període de retorn i s'assumeix un comportament de Poisson per als valors màxims.

El període de retorn es defineix com l'interval de temps mitjà en què un determinat valor màxim (temporal) és superat un sol cop, és a dir, el temps mitjà entre dues excedències consecutives d'aquell valor extrem i que pot ser expressat com a:

$$Tr = \frac{1}{\left(1 - P(H)\right)\lambda} \tag{6.3}$$

on *P(H)* és la probabilitat de no excedència del succés extrem i λ el nombre de temporals mitjà en un any.

Els mètodes més utilitzats per al càlcul del règim de temporals segons la informació de partida utilitzada poden agrupar-se en dues grans categories:

- El mètode de la mostra total (Draper, 1963; Copeiro, 1978, i Goda, 1979, entre d'altres), on s'utilitza tota la informació d'onatge disponible.
- El mètode dels valors màxims. És l'aproximació més utilitzada. L'anàlisi es realitza sobre un conjunt de temporals prèviament definits.

Definició de temporal d'onatge

La definició d'un succés extrem o temporal varia segons la regió marítima considerada. Malgrat tot, els episodis de temporal seleccionats cal que compleixin els criteris de:

- Independència. Els temporals no poden pertànyer a un mateix episodi, la qual cosa obliga a definir de manera genèrica la durada d'un temporal.
- Semblança. Els episodis cal que es corresponguin amb situacions meteorològiques semblants. Per exemple, no es poden barrejar tsunamis amb temporals produïts per l'acció continuada del vent.
- Coherència. Les característiques de l'onatge no són afectades per altres agents que podrien modificar-les. A llarg termini aquesta condició pot quedar qüestionada, per exemple, a causa dels efectes del canvi climàtic.

Per a la definició de la població de temporals existeixen dues grans estratègies: generar un subconjunt de dades a partir dels valors màxims dels diferents anys del registre o bé definir un llindar d'altura d'ona per sobre del qual es considera que l'episodi és un temporal. El primer mètode es coneix com a *mètode dels màxims anuals* i no es

recomana quan es disposa d'una sèrie d'onatge curta. El segon mètode s'anomena *mètode dels valors extrems* (POT, *peak over threshold*) i és el més utilitzat en el càlcul del règim d'onatge de temporals.

La caracterització d'un episodi de temporal segons el mètode POT requereix la definició prèvia del valor d'altura d'ona que es consideri temporal. En aquest sentit, la ROM 03.91 (D.G. Puertos, 1992) proposa un llindar d'alçada d'ona de 2 m per a la costa catalana, mentre que Jiménez et al. (1997) defineixen la condició de temporal, per a la regió del delta de l'Ebre, com un succés amb una altura d'ona superior a 1,5 m.

Les funcions de probabilitat de no excedència

En la taula 6.2 es mostren les funcions de probabilitat de no excedència més utilitzades en la caracterització del règim de temporals dins de la categoria de distribucions asimptòtiques d'extrems de tipus Fisher-Tippett i que, segons Gnedenko (1943), poden agrupar-se en una única funció, la generalitzada d'extrems (GEVD).

$$P(H) = \exp\left[-\left(1+\xi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right)^{-\frac{1}{\xi}}\right] \tag{6.4}$$

Distribució	Funció de Distribució	Funció de densitat	Camp de definició		
			x	A	B
Weibull	$1-\exp\left[-\left(\frac{x-A}{B-A}\right)^{C}\right]$	$\frac{C}{B-A}\left(\frac{x-A}{B-A}\right)^{C-1}\exp\left[-\left(\frac{x-A}{B-A}\right)^{C}\right]$	≥A	>X_{min}	>A
Gumbel(A. I)	$\exp\left\{-\exp\left[-\left(\frac{x-A}{B}\right)\right]\right\}$	$\frac{1}{B}\exp\left\{-\left(\frac{x-A}{B}\right)-\exp\left[-\left(\frac{x-A}{B}\right)\right]\right\}$	-	-	>0
Fréchet(A. II)	$\exp\left[-\left(\frac{x}{B}\right)^{C}\right]$	$\frac{C}{B}\left(\frac{B}{x}\right)^{C\ 1}\exp\left[-\left(\frac{B}{x}\right)^{C}\right]$	≥0	-	>0

Taula 6.2. Funcions de distribució per al règim de temporals de tipus Fisher-Tippett

on μ, σ i ξ són els paràmetres de la funció de posició, escala i forma, respectivament. Goda (1988) proposa una simplificació de la funció Weibull fixant el paràmetre de forma *C* amb valors de 0,75, 1, 1,4 i 2,0. Goda i Kobune (1990) proposen uns valors del paràmetre *C* de la funció de Fréchet de 2,5, 3,33, 5 i 10.

Egozcue et al. (2005), entre altres, utilitzen una funció d'excessos sobre el llindar de temporal (u_0) coneguda com a *generalitzada de Pareto* (GPD) com a model de distribució de probabilitats.

$$P\left[X - u_0 \le y \middle| X > u_0\right] = 1 - \left(1 + \frac{\xi y}{\beta}\right)^{\frac{1}{\beta}}, \beta > 0, y > 0 \qquad (6.5)$$

Una de les propietats d'aquesta funció és el fet que els extrems d'aquests excessos es distribueixen segons la funció GEVD en els tipus de Weibull, Gumbel i Fréchet.

Mètodes d'obtenció de paràmetres

La definició dels paràmetres de les funcions abans esmentades es pot realitzar seguint diferents aproximacions. El més habitual (igual que en el règim d'onatge mitjà) és l'ús del mètode dels moments de la mostra, el mètode de la màxima versemblança o el mètode dels mínims quadrats.

L'anàlisi de les funcions mitjançant mínims quadrats, també anomenada *mètode gràfic*, requereix la definició prèvia de les probabilitats dels successos de temporal de partida. Els criteris de determinació d'aquesta probabilitat o posició de dibuix són molt diversos i depenen, entre altres aspectes, de les funcions que s'hagin d'analitzar. A la taula 6.3 es presenta un resum de les principals aproximacions utilitzades.

Recentment s'ha introduït l'anàlisi bayesiana per a la determinació de la millor funció d'ajust. El mètode assumeix que els paràmetres de les funcions són variables aleatòries i, per tant, l'objectiu és establir la seva funció de densitat de probabilitat. En l'anàlisi bayesiana es parteix de dos conjunts de dades: la població de temporals i la informació

de l'*a priori*, que inclou informació sobre les característiques dels temporals i que pot ser resultat de l'experiència de l'observació dels temporals i, per tant, en certa manera subjectiva.

Tipus	Autor		Funció
Freqüència de la mostratge	Califòrnia	$P(H \le H_i) = 1 - \frac{i}{N}; \quad i = 1,2,....,n$	
Distribució de freqüències	Weibull	$P(H \le H_i) = 1 - \frac{i}{N+1}$	
	Bernard	$P(H \le H_i) = 1 - \frac{i - 0.3}{N + 0.4}$	
Moments estadístics	Gringorten	$P(H \le H_i) = 1 - \frac{i - 0.44}{N + 0.12}$	Gumbel
	Petrauskas	$P(H \le H_i) = 1 - \frac{i - 0.3 - 0.18/\sqrt{C}}{N_T + 0.21 + 0.32/\sqrt{C}}$	Weibull
	Goda	$P(H \le H_i) = 1 - \frac{i - 0.20 - 0.27/\sqrt{C}}{N_T + 0.20 + 0.23/\sqrt{C}}$	Weibull

Taula 6.3. Posicions de dibuix per al règim de temporals

6.3 TRANSPORT LONGITUDINAL DE SEDIMENT

El transport de sediment és un dels mecanismes més importants responsable dels canvis que experimenta la costa. El seu càlcul, tant en termes nets com per components (aigües amunt i aigües avall), resulta imprescindible per entendre el comportament de la línia de la costa a mitjà termini. En l'actualitat existeixen diferents aproximacions per determinar la capacitat que tenen les onades per transportar sediment, si bé les més utilitzades són aquelles que avaluen el transport de manera integrada entre la zona de rompent de les onades i la vora de la mar. Dins d'aquesta categoria destaquen les fórmules del CERC i de Kamphuis (1991).

Aquesta aproximació és complementària a la que es presenta al capítol 5 (on derivava el transport a partir de les dades de línia de riba) i serà la que servirà per determinar les taxes de transport en qualsevol escenari una vegada hagin estat calibrades.

6.3.1 Model del CERC

Savage (1962) proposa una fórmula per a platges de sorra a partir de la recopilació d'un seguit de dades de camp i de laboratori. Uns anys més tard, l'US Army Corps of Engineers (1966) l'incorpora com a equació de càlcul en el seu manual de referència en el que es coneix des d'aleshores com a *equació del CERC* (Coastal Engineering Research Center). Posteriorment, Komar i Inman (1970) presenten una fórmula per determinar el transport com a pes de sediment submergit a partir de dades obtingudes a les platges de Califòrnia i Mèxic. El Shore Protection Manual (1977 i 1984) actualitza la versió publicada inicialment el 1966 amb noves dades.

Des d'un punt de vista teòric, l'equació del CERC té com a hipòtesi de partida la relació lineal entre la capacitat de transport de sediment a la zona de rompent, I_l, i la component longitudinal del flux d'energia de l'onatge en rompent, $P_{l,b}$

$$I_l = KP_{l,b} \quad (N/s) \tag{6.6}$$

on K és una constant de calibratge de la fórmula. A la taula 6.4 es presenten els valors característics per a platges sorrenques, amb diàmetres del sediment de 0,15 mm a 1 mm.

Kamphuis i Readshaw (1978) relacionen el valor de la constant K amb el tipus de rompent de l'onatge. Bailard (1981) i del Valle et al. (1993), entre altres, proposen una relació dependent del diàmetre del sediment, malgrat que Komar (1998) qüestiona aquesta dependència. Una revisió més exhaustiva de les relacions i valors de K amb altres variables es pot consultar a Komar (1998), Rosati et al. (2002) i King (2005),

entre altres.

Autor	Dn_{50} (mm)	K
Watts (1953)	0.4	0.89 (0.73-1.03)
Caldwell (1956)	0.4	0.63 (0.16-1.65)
Moore y Cole (1960)	1	0.18
Komar y Inman (1970)	0.6	0.82 (0.49-1.15)
	0.18	0.77 (0.52-0.92)
Lee (1975)	?	0.42 (0.24-0.72)
Knoth y Nummedal (1977)	?	0.62 (0.23-1.00)
Inman et al. (1980)	0.2	0.69 (0.26-1.34)
Duane y Janes (1980)	0.15	0.81
Bruno et al. (1981)	0.2	0.87 (0.42-1.15)
Dean et al. (1982)	0.22	1.15(0.32-1.63)
SPM'84	0.2-0.6	0.39* - 0.92
Dean et al. (1987)	0.3	1.00 (0.84-1.09)

Taula 6.4. Valors del coeficient K *del CERC (modificat de Komar, 1998) (* valor de* K *amb* H_s*)*

Una de les versions més utilitzades de l'equació 6.6 és la que assumeix una aproximació de l'onatge en rompents utilitzant teoria lineal, de manera que

$$I_l = K\left(\frac{1}{16}\rho_{H_2O} g H_b^2 C_{gb} sen\left(2\alpha_b\right)\right) \tag{6.7}$$

on H_b, C_{gb} i α_b són l'altura de l'onatge, la celeritat del grup i l'angle de l'onatge en rompents, respectivament; g és l'acceleració de la gravetat, i ρ_{H2O} la densitat de l'aigua del mar.

Les equacions 6.6 i 6.7 es poden expressar en termes de volum de sorra Q_l, per la qual cosa és necessari incloure-hi la porositat n, de manera que l'equació de transport longitudinal de sediment resulta en

$$Q_l = \frac{K}{(\rho_{sed} - \rho_{H_2O})(1-n)}\frac{1}{16}\rho_{H_2O} H_b^2 \sqrt{gh_b}\, sen 2\alpha_b \quad (m^3/s) \tag{6.8}$$

on h_b és el calat en rompents i ρ_{sed} és la densitat del sediment.

Assumint com a vàlida una relació lineal de l'altura i el calat en rompents mitjançant l'índex de rompents γ, ($\gamma = H_b/h_b$) s'obté:

$$Q_l = \frac{K}{(\rho_{sed} - \rho_{H_2O})(1-n)} \frac{1}{16} \frac{1}{\sqrt{\gamma}} \rho_{H_2O} \sqrt{g} H_b^{2.5} sen(2\alpha_b) \quad (m^3/s) \qquad (6.9)$$

6.3.2 Model de Kamphuis

Kamphuis (1991) proposa una dependència del transport de sediment integrat en rompents Q_s amb diferents paràmetres representatius de l'onatge, el sediment i el tipus de platja i que de manera genèrica es pot expressar com a:

$$Q_s = f\left(H, T, \alpha, h, \rho, \mu, g, x, y, z, t, \rho_s, D, m\right) \quad \left(Kg/s\right) \qquad (6.10)$$

on *H*, *T* i α representen l'alçada, el període i la direcció de l'onatge, respectivament, *h* el calat, ρ i μ la densitat i viscositat de l'aigua del mar, *(x,y,z)* les coordenades en l'espai, *D* i ρ_s el diàmetre i densitat del sediment i *m* el pendent de la platja. Fent una anàlisi dimensional de l'equació 6.10 i assumint un seguit d'hipòtesis simplificadores, Kamphuis planteja una dependència del transport de les condicions d'onatge incident, el pendent de la platja i el diàmetre de les partícules com a:

$$\frac{Q_s}{\rho H_{s,b}^3 / T_p} = K' \left(\frac{H_{s,b}}{L_{op}}\right)^p m_b^q \left(\frac{H_{s,b}}{d_{50}}\right)^r \text{sen}^s\left(2\alpha_b\right) \qquad (6.11)$$

on *K', p, r i s* són constants del model.

Desenvolupant l'equació i realitzant un ajust amb dades de camp i de laboratori, Kamphuis (1991, 2002) arriba a l'expressió

$$Q_l = 7.9x10^{-4}\left(\frac{1}{(1-n)}\right)\left(\frac{g}{2\pi}\right)^{1\,25} H_{s,b}^{2} T_p^{1\,5} m_b^{0\,75} D_{50}^{0\,25} sen^{0\,6}\left(2\alpha_b\right) \quad \left(m^3/s\right) \quad (6.12)$$

on T_p és el període de pic, m_b és el pendent de la platja en rompents, definit com a $m_b = h_b/X_b$ (X_b és la distància del punt de rompents de l'onatge a la costa), i D_{50} és la mediana de la distribució granulomètrica del sediment.

6.3.3 Procediment de càlcul

Per caracteritzar la magnitud del transport longitudinal cal avaluar les condicions inicials d'onatge en condicions de rompents. En la figura 6.3 es presenta de manera genèrica l'algoritme de càlcul.

En una primera aproximació, una manera molt comuna de determinar les característiques en rompents és agafar com a vàlida la teoria lineal de l'onatge, assumint, a més, una relació lineal de l'altura d'ona en rompents amb el calat (McCowan, 1981; Thornton i Guza, 1983).

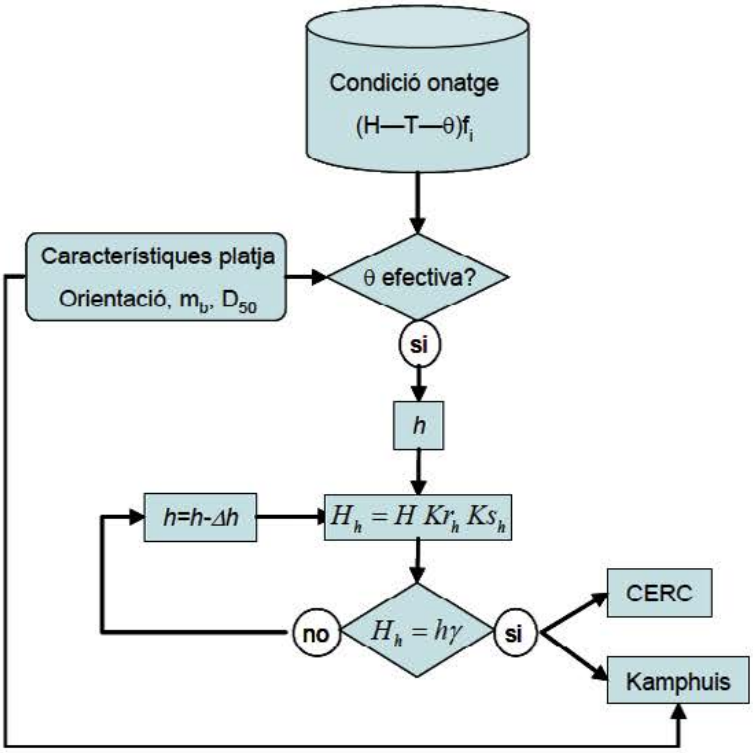

Figura 6.3. Algoritme per al càlcul de la capacitat de transport longitudinal

Les característiques de la platja en termes d'orientació de la línia de la costa, pendent del fons i grandària del sediment cal que siguin definides per a cada tram sotmès a estudi.

Els resultats del transport obtinguts a partir de fórmules de capacitat com les aquí s'han descrit cal considerar-los amb precaució, no tan sols per les simplificacions realitzades en la definició de les condicions d'onatge en rompents, sinó pel mateix tipus d'equacions, on els coeficients d'ajust són definits per a platges amb condicions d'onatge no necessàriament similars a les existents a la costa catalana, motiu pel qual és necessari un procés de calibratge addicional.

6.4 ESTAT MORFODINÀMIC

Encara que tradicionalment s'estudien els canvis morfològics en una platja separant els components longitudinal (planta) i transversal (perfil), el cert és que els canvis són

tridimensionals, de manera que, en realitat, qualsevol variació en la planta de la platja va acompanyada d'una variació en el perfil, la qual cosa moltes vegades genera una morfologia altament complexa.

A finals dels anys setanta, l'escola australiana de geògrafs físics va presentar un model conceptual d'evolució costanera en el qual es relaciona la morfologia tridimensional d'una platja amb l'energia de l'onatge incident i amb l'esquema circulatori resultant. Així, a partir d'una sèrie d'observacions continuades en el temps dels canvis que experimentaven les platges, l'escola va proposar un esquema en el qual cada situació d'una platja es corresponia a un hipotètic equilibri dinàmic amb els agents actuants (originalment onatge i, posteriorment, també la marea astronòmica). Aquest model conceptual és el que es coneix com a *estat morfodinàmic* d'una platja i va ser formalitzat inicialment per Wright i Short (1984).

El model associa un determinat tipus de morfologia 3D d'una platja al sediment que la compon i l'onatge que hi incideix. El seu coneixement serveix d'ajuda per comprendre el funcionament de la platja i, alhora, serveix per poder predir, o almenys identificar, el sistema de corrents dominant.

Aquest tipus de dades és especialment rellevant a l'hora de gestionar platges recreatives, ja que els corrents que es verifiquen en una platja són un dels principals elements que determinen la seguretat dels usuaris. Així, hi ha diferents estudis on es classifiquen les platges en funció del risc per als banyistes a partir de l'estudi de l'estat morfodinàmic (e. g., Short i Hogan, 1994; Short, 1999; Benedet et al., 2005).

El model estableix una sèrie d'estats morfodinàmics que varien entre dues configuracions límit, que són un estat reflexant i un estat dissipatiu (figura 6.4), i cada un dels estats de la platja es correspondria amb una morfologia determinada i un sistema circulatori.

El pas d'un estat a un altre no necessàriament es produeix de manera gradual, passant de forma consecutiva a través dels estats intermedis, sinó que depèn de la quantitat

d'energia que subministra l'onatge. Així, és típic que l'impacte de grans temporals produeixi gairebé instantàniament un estat dissipatiu des d'un estat inicial qualsevol, mentre que la disminució de l'energia incident fa que la platja vagi responent lentament a les noves condicions fins a recuperar l'estat reflexant.

De tota manera, l'estat de recuperació de la platja (associat normalment a l'estat reflexant) dependrà en gran manera no solament de l'onatge incident, sinó també de la granulometria del sediment típic de la platja, que pot fer que aquest rarament es produeixi (e. g., en platges de sorra molt fina com les de la Costa Daurada és difícil trobar una morfologia de platja associable a una platja reflexant, mentre que en platges de sorra gruixuda com les del Maresme o la Costa Brava, serà molt difícil trobar-hi morfologies dissipatives).

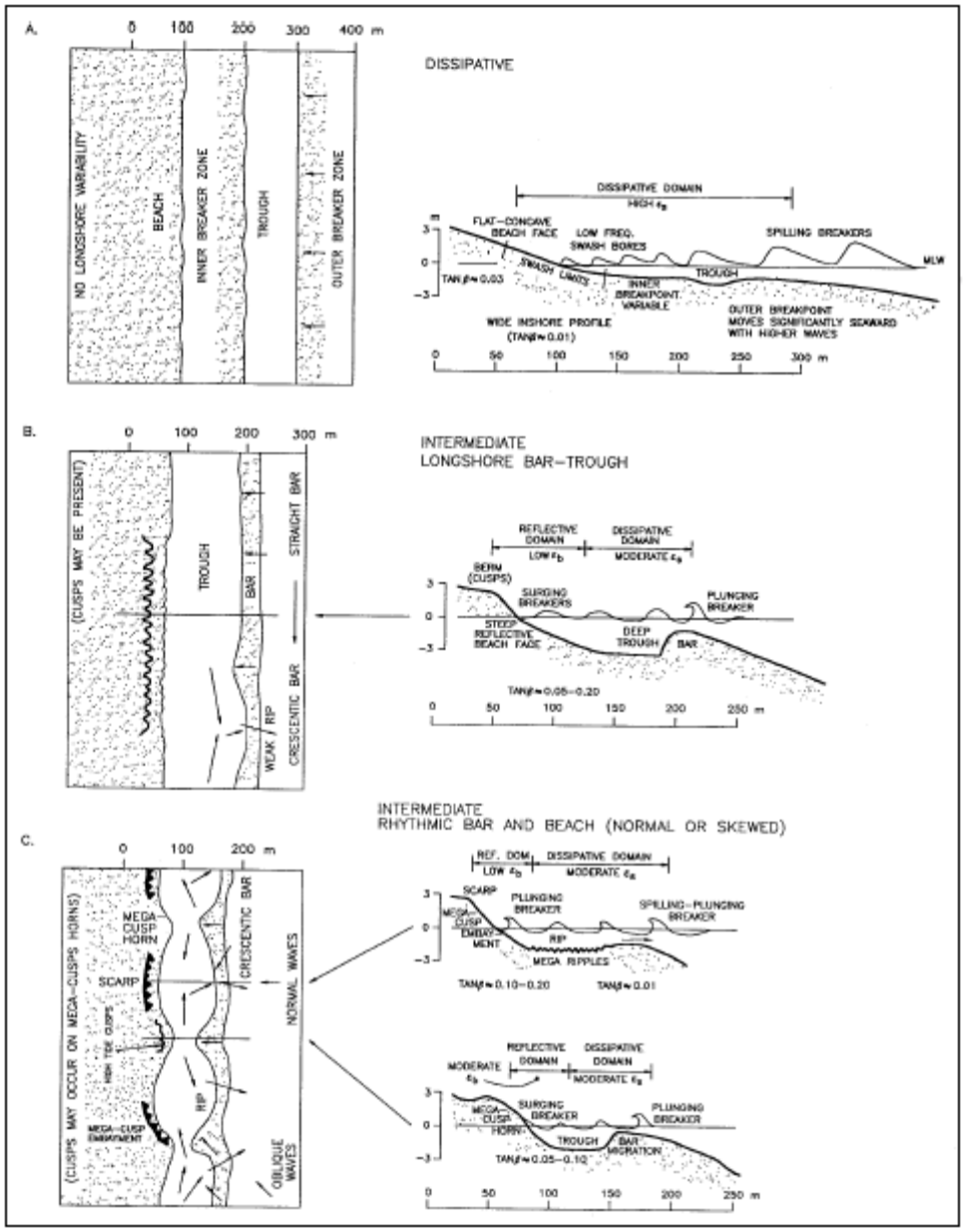

Figura 6.4. Configuració en planta i perfil per als sis principals estats morfodinàmics d'una platja (USACE, 2002, adaptat de Wright i Short, 1984)

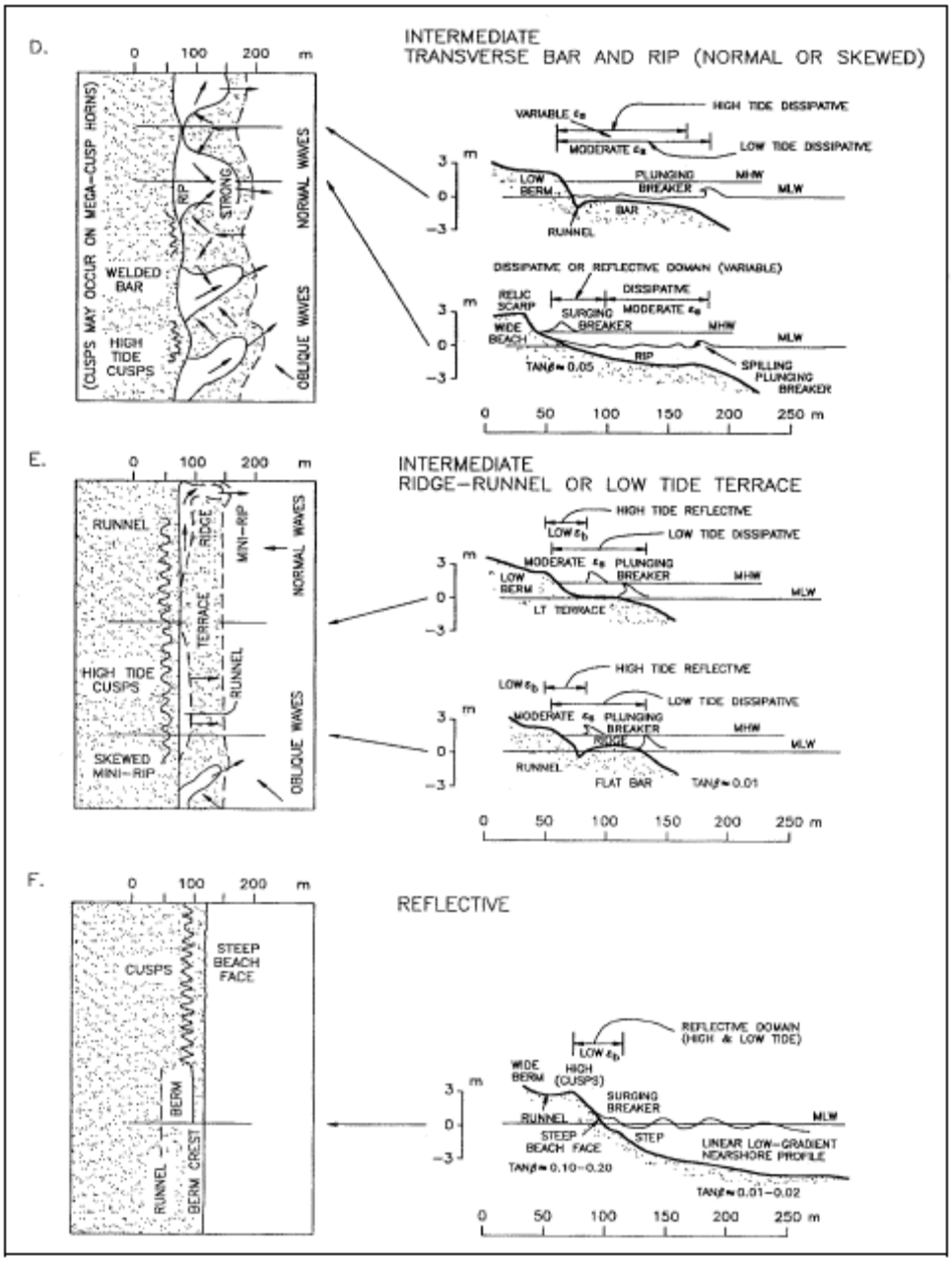

Figura 6.4 (continuació). Configuració en planta i perfil per als sis principals estats morfodinàmics d'una platja (USACE, 2002, adaptat de Wright i Short, 1984)

Per determinar l'estat morfodinàmic d'una platja, Wright i Short (1984) suggereixen utilitzar un paràmetre que combina tant les característiques de l'onatge incident com la granulometria del sediment que compon la platja. Es tracta del paràmetre adimensional de velocitat de caiguda del sediment, proposat per Dean (1973), avaluat en ruptura, Ω:

$$\Omega = \frac{H_b}{w_f T} \tag{6.13}$$

Els valors que determinen el límit entre els diferents estats morfodinàmics són, d'acord amb Wright i Short (1984) (vegeu també USACE, 2002):

$\Omega \leq 1$: reflexant

$1 < \Omega < 6$: intermedi

$\Omega \geq 6$: dissipatiu

Un altre paràmetre útil per definir o delimitar l'estat d'una platja, sobretot per als estats límits (reflexant i dissipatiu), és el paràmetre d'escala de ruptura (*surf-scaling parameter)*, proposat per Guza i Inman (1975), i que és definit per:

$$\varepsilon = \frac{a_b \omega^2}{g \tan^2 \beta} = H_b \frac{2\pi^2}{T^2} \frac{1}{g \tan^2 \beta} = \frac{\pi}{Ir^2} \tag{6.14}$$

on a_b és l'amplitud de l'ona en ruptura ($H/2$), ω és la freqüència de l'onatge ($2\pi/T$), g és l'acceleració de la gravetat i $tan\ \beta$ és el pendent de la platja. Com es pot deduir de l'expressió (6.14), aquest paràmetre és en essència el paràmetre d'Iribarren, Ir (al quadrat), i, en conseqüència, es pot interpretar de manera similar, és a dir, ens indicaria el tipus de ruptura de l'onatge dominant en una platja.

Utilitzant aquest paràmetre, els estats morfodinàmics límit serien definits per un valor de $\varepsilon \leq$ 2-2,5 o $Ir \geq$ 1,1-1,25 per a platges altament reflexants, i valors de $\varepsilon \geq 20$ o $Ir \leq$ 0,4 per a les platges dissipatives.

Capítol 7
Resum i conclusions

Aquest document és el primer d'un seguit d'informes dins del conveni de col·laboració entre la Generalitat de Catalunya i el Centre Internacional d'Investigació dels Recursos Costaners on s'analitza l'estat i evolució de la zona costanera catalana. En aquest informe es presenten tots aquells aspectes preliminars i metodològics que tenen relació amb aquest estudi i que seran emprats en informes posteriors.

En aquest sentit, en el capítol 2 s'ha realitzat una introducció de la franja costanera des d'un punt de vista físic i de gestió. En el primer punt s'inclouen tant aspectes geològics, climàtics com naturals. En el segon apartat es realitza una descripció de les principals eines de planificació i gestió existents en el àmbit d'aplicació de la zona costanera o la seva zona d'influència.

La franja costanera ha estat dividida (veure capítol 3) en un seguit de sectors independents des del punt de vista de la dinàmica litoral. En aquest primer nivell de zonificació les cel·les litorals presenten una relació amb les cel·les veïnes que pot ser definida a partir de les condicions del transport de sediment en els seus contorns. Cada una d'elles ha estat dividida en un seguit de platges d'acord amb la toponímia existent.

Per a cada un d'aquests elements bàsics (platges) s'han identificat un seguit de paràmetres fonamentals (veure capítol 4) necessaris per a assolir els objectius d'aquest estudi i d'utilitat des del punt de vista de la gestió de la costa. Les variables a partir de les quals es realitza l'estudi han estat agrupades en 4 grans blocs: descripció general, morfodinàmica, hidrodinàmica, aspectes ambientals i usos. Tant mateix, la caracterització de les diferents infraestructures, serveis i identificació de problemes ha estat recolzada a partir de l'elaboració d'una enquesta dirigida als diferents municipis costaners.

En el capítol 5 es descriu la col·lecció de les diferents línees de la costa a partir de les quals es realitzarà l'estudi de la seva evolució i que comprenen el període de temps que va des de del 1957 fins al 2004. A més es realitza una anàlisi de la precisió de les dades per tal de determinar el seu rang de validesa. Es descriuen a més els mètodes existents per a determinar les taxes de canvi de la posició de la costa. Una vegada avaluats aquests canvis es descriu el procés utilitzat per a estimar els volums de sediment implicats i el transport longitudinal net, per la qual cosa és necessari definir la profunditat a partir de la qual els canvis del fons deixen de ser significatius a efectes de la dinàmica litoral.

Finalment, en el capítol 6 es realitza una descripció de la metodologia necessària per determinar la dinàmica litoral a partir de l'acció de les onades en les diferents cel·les litorals. En aquest capítol s'inclouen aspectes relacionats amb la caracterització de l'onatge, tant en condicions mitjanes com en termes de temporals. A més es presenten els mètodes més acceptats per a determinar la capacitat de transport longitudinal de sediment i avaluar l'estat morfodinàmic d'una platja.

Capítol 8
Referències

Agència Catalana de l'Aigua (ACA). 2006. La Directiva marc de l'aigua. Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient.

Anders, F.J. y Byrnes, M.R. 1991. Accuracy of shoreline change rates as determined from maps and aerial photographs. Shore and Beach, 59, 1, 17-26.

Bailard, J.A. 1981. An energetics total load sediment transport model for a plane sloping beach. *Journal of Geophysical Research*, 86, 10938-10954.

Barragán JM. 2003. Coastal zone management in Spain (1975-2000). Journal of Coastal Research 19:314-325

Benedet, L., Finkl, C.W. y Klein, A.H.F., 2005. Morphodynamic classification of beaches on the Atlantic coast of Florida: geographical variability of beach types, beach safety and coastal hazards. *Journal of Coastal Research*, SI 39.

Birkemeier, W.A., 1985. Field data on seaward limit of profile change. *Journal of Waterwav. Port, Coastal and Ocean Engineering*, 111, 589-602.

Bou, J. 1994. Uso de la fotogrametría en los estudios de morfología costera. Aplicación al Delta del Ebro. Tesina de Especialidad, DEHMA, ETSECCPB, UPC.

CEDEX, 1979. Estudio de la dinámica litoral en la costa peninsular Mediterránea y Onubense. Provincias de Barcelona y Gerona. Laboratorio de Puertos Ramón Irribarren, Madrid.

COM, 2000. A Communication from the Commission to the Council and the European Parliament on "Integrated Coastal Zone Management: A Strategy for Europe". (00/547 of 17 Sept. 2000)

Copeiro, E. 1978. *Análisis extremal de variables geofísicas*. Ed. Laboratorio de Puertos Ramón Iribarren, CEDEX, publ. no. 15.

Crowell, M., Leatherman, S.P. y Buckley, M.K. 1991. Historical shoreline change:

error analysis and mapping accuracy. Journal of Coastal Research, 7, 3, 839-852.

Crowell, M., Douglas, B.C. y Leatherman, S.P. 1997. On forecasting future US shoreline positions: A test of algorithms. Journal of Coastal Research, 13, 4, 1245-1255.

De Groot RS, Wilson MA and Boumans RMJ. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. Ecological economics 41: 393-408

De Vriend, H.J., Capobianco, M., Chesher,T., De Swart, H.E., Latteux, B., Stive, M.J.F, 1993. Approaches to long-term modelling of coastal morphology: a review. *Coastal Engineering*, 21

del Valle, R., Medina, R., y Losada, M.A. 1993. Dependence of coefficient K on grain size. *Journal of Waterways, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 119, 568-574.

Dean, R.G. 1973. Heuristic models of sand transport in the surf zone. *Proc. Conf. Engineering Dynamics in the Surf Zone*, 208-214.

Departament d'Indústria Comerç i Turisme. 2002. La temporada turística en en xifres 2001. Direcció General de Turisme. Serveis d'Estudis i Assessorament. Generalitat de Catalunya.

Dirección General de Puertos. 1992. Recomendaciones para Obras Marítimas. ROM 0.3-91. Oleaje. Anejo I. Clima Marítimo en el Litoral Español. MOPT.

Dolan, R., Fenster, M.S. y Holme, S.J. 1991. Temporal analysis of shoreline recession and accretion. Journal of Coastal Research, 7, 3, 723-744.

Draper L. 1963. Deviation of a design wave from instrumental record of sea waves. Proceedings of the Institution of Civil engineers, Londres, v 26,291-304.

Egozcue, J.J., Pawlowsky-Glahn, V. i Ortego, M.I. (2005). "Wave-height hazard analysis in eastern coast of spain – bayesian approach using generalized pareto distribution". Advances in Geosciences, 2, 25–3.

Eurosion. 2004. Living with coastal erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability. Service contract B4-3301/2001/1329175/MAR/B3. Coastal Erosion-Evaluation of the need for action. Directorate General Environment. European

Comission.

Fenster, M.S., Dolan, R. y Elder, J.F. 1993. A new method for predicting shoreline positions from historical data. Journal of Coastal Research, 9, 1, 147-151.

Folk RL, Ward WC. 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology 27:3–26

Friedman, G., 1961. Distinction between dune, beach and river sands from the textural... Jour. Sed. Petrol., 31: 514-529.Geografía de España, 1991, Editorial Planeta, España

GEOTEYCO. 1997. Proyecto de Levantamiento topográfico y batimétrico en la desembocadura del río Tordera

Gnedenko (1943) Gnedenko, B. V. (1943). Sur la distribution limite du terme maximum d´une serie al´eatoire. Annals of Mathematics, 44, 423 − 453.

Goda , Y. 1979. A review on statistical interpretation of wave data. Rept. Port & Harbour Res. Inst. 18 (1), 5-32.

Goda, Y. 1988. On the methodology of selecting Design Wave Height. 21st. Int. Conf. Coastal Engineering.

Goda, Y., Kobune, K. 1990. Distribution Function Fitting for Storm Wave Data, Proceedings of the International Conference on Coastal Engineering, Delft, The Netherlands.

Gracia, V., Jiménez, J.A. y Sánchez-Arcilla, A.1998. Temporal and spatial variability of the depth of closure in the Ebro delta coast. *PACE- Prediction of Aggregated Coastal Evolution*, 1st Overall Meeting, Extended Abstracts, 1.4.

Guza, R.T. e Inman, D. L. 1975. .Edge Waves and Beach Cusps,. *Journal of Geophysical Research*, 80, 2997-3012

Hallermeier, R.J. 1981. A profile zonation for seasonal sand beaches from wave climate. *Coastal Engineering*, 4, 253-277.

INUNCAT, 2001. Delimitació de zones inundables per a la redacció de l'INUNCAT conques intracomunitàries. Agencia Catalana de l'Aigua, Departament de Medi Ambient i Habiatge. Generalitat de Catalunya. Spain

Jiménez, J.A. 1997. *Influencia de dragados offshore sobre la estabilidad costera*. Laboratori d'Enginyeria Marítima, Universitat Politècnica de Catalunya.

Jiménez, J.A., Gracia, V., Valdemoro, H.I. y Sánchez-Arcilla, A. 2002. *Estudio del impacto de las obras del Plan Delta sobre la costa del delta del Llobregat*. Laboratori d'Enginyeria Marítima, Universitat Politècnica de Catalunya.

Jiménez, J.A., Sánchez-Arcilla, A. y Valdemoro, H.I. 1997. Predicción de los cambios en el perfil de playa utilizando parámetros adimensionales sencillos. *Revista de Obras Públicas*, 3362, 29-39.

Jiménez, J.A., Sánchez-Arcilla, A., Valdemoro, H.I., Gracia, V. y Nieto, F. 1997. Processes reshaping the Ebro Delta. *Marine Geology*, 144, 59-79.

Kamphuis, J.W., 1991. Alongshore sediment transport rate. *Journal of Waterways, Port, Coastal and Ocean Engineering*, 117, 624-641.

Kamphuis, J.W. y Readshaw, J.S. 1978. A model study of alongshore sediment transport rate. *Proc. 16th ICCE*, ASCE, 1656-1674.

Kamphuis, J.W. 2002. Alongshore transport of sand. *Proc. 28th ICCE*, ASCE, 2478-2490.

King B. 2005. *Influence of grain size on sediment transport rates with emphasis on the total longshore rate*. ERDC/CHL CHETN-II-48. U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS.

Komar, P.D. 1998. *Beach Processes and Sedimentation*, 2ª ed., Prentice Hall, 544 pp.

Komar, P.D., e Inman, D. L. 1970. Longshore Sand Transport on Beaches. *Journal of Geophysical Research*, 75, pp 5914-5927.

Martínez J. y Martín M.J. 1990. *Análisis medio y extremal del oleaje*. Ed. CEDEX (MOPU), cuaderno de investigación C-22.

McCowan, J. 1891. "On the Solitary Wave," Philosophical Magazine, 5th Series, Vol 36, pp 430-437

Nicholls, R.J., Birkemeier, W.A. and Lee, G., 1998. Evaluation of depth of closure using data from Duck, NC. *Marine Geology*, 148, 179-201.

PEIN. Pla d'Espais d'Interès Natural de Catalunya. Departament de Medi Ambient.

Generalitat de Catalunya.

Pla de Ports de Catalunya, 2005. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

PDUSC. 2004. Pla Director Urbanístic del Sistema Costaner, Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

Pretty J. 2003. Social capital and the collective management of resources. Science 302(5652):1912-1914.

Rosati, J.D.,Walton T. y Bodge K. 2002. Longshore sediment transport. En: King, D. (editor), *Coastal Engineering Manual, Parte III, Coastal Sediment Processes*, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC.

Savage, R.P. 1962. Laboratory determination of littoral transport rates. *Journal of the Waterway, Port, Coastal, and Ocean Division*, WW2, 69-92.

Shore Protection Manual. 1977. 3rd ed., 2 Vol, U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, U. S. Government Printing Office, Washington, DC.

Shore Protection Manual. 1984. 4th ed., 2 Vol, U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, U. S. Government Printing Office, Washington, DC.

Short, A., 1999. *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. Wiley, West Sussex, 379 pp.

Short, A.D. y Hogan, C.L., 1994. Rip currents and beach hazards: their impact on public safety and implications for coastal management. *Journal of Coastal Research*, SI 12, 197-209.

Stive, M.J.F.; deVriend, H.J.; Nicholls, R.J. y Capobianco, M. 1992. Shore nourishment and the active zone, a time dependent view. Proc. 23rd Coastal Engineering Conf., ASCE, 2464-2473.

Stockdon et al., 2006 H.F. Stockdon, R.A. Holman, P.A. Howd and J.A.H. Sallenger, Empirical parameterization of setup, swash, and runup, Coastal Engineering 53 (7) (2006), pp. 573–588.

Thieler, E.R., Himmelstoss, E.A., Zichichi, J.L., and Miller, T.L., Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 3.0; An ArcGIS© extension for calculating shoreline change: U.S. Geological Survey Open-File Report 2005-1304.

Thornton, E. B., and Guza, R. T. 1983. "Transformation of Wave Height Distribution," Journal of Geophysical Research, Vol 88, No. C10, pp 5925-5938.

U.S. Army Corps of Engineers. 1966. Shore Protection, Planning, and Design, Technical Report No. 4, 3rd ed., Coastal Engineering Research Center, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

U.S. Army Corps of Engineers. 2002. *Coastal Engineering Manual*, Washington, DC.

Von Bodungen B and Turner RK. 2001. Science and integrated coastal management. An introduction. Dahlem University Press. Berlin

Wright, L.D. y Short, A.D. 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis,. *Marine Geology*, 56, 93-118