

**Creació de sistemes dunars fixats
amb vegetació al Delta de l'Ebre**

ÍNDEX

1. Introducció	4
2. Importància del Delta de l'Ebre	7
3. La regressió del Delta	10
3.1. Actuacions contra la regressió	14
4. Les dunes	16
4.1. Descripció	16
4.2. Tipus de dunes	17
4.3. Vegetació i fauna dunar	19
4.4. Funcions dels sistemes dunars	20
4.5. Dunes al Delta de l'Ebre	21
4.5.1. Observem dunes	24
4.5.1.1. Platja del Serrallo	24
4.5.1.2. Punta del Fangar	27
4.5.1.3. Platja de Riumar	31
4.5.2. Platges on interessa crear sistemes dunars	35
4.5.2.1. Barra del Trabucador	35
4.5.2.2. Platja de la Marquesa	37
4.5.2.3. Illa de Buda	39
4.5.2.4. Illa de Sant Antoni	45
4.6. Barreres artificials	48
4.6.1. Descripció	48
4.6.2. Pros i contres	49
5. La Marquesa: platja a protegir	51
5.1. Motius de l'elecció	51
5.2. Descripció	52
5.2.1. Història	52
5.2.2. Geografia	54
5.2.3. Geologia	55
5.2.4. Clima	57
5.2.5. Vegetació	58
5.3. Actuacions contra la regressió	67
6. Creació d'un sistema dunar fixat amb vegetació	68
6.1. Objectiu	68
6.2. Estudi de Torredembarra	69
	2

6.3. Metodologia	71
6.3.1. Recollida d'informació	71
6.3.2. Planificació	91
6.3.3. Resultats esperats	95
7. Conclusions	96
8. Fonts d'informació	99

ÍNDEX ANNEXOS

ANNEX 1. Fitxes treball de camp	I
ANNEX 2. Sorra	IX
ANNEX 3. Herbari	X
ANNEX 4. Fases dels resultats esperats	XI

1. Introducció

El mes de gener d'aquest 2020 es va viure a Catalunya el Temporal Glòria, una de les llevantades més fortes d'aquest segle. El Delta de l'Ebre va ser de les zones que van sortir més mal parades, amb la inundació de 3 000 hectàrees d'arrossars, 25 metres de retrocés a les platges, el trencament de la Barra del Trabucador i greus desperfectes a les poblacions deltaiques.

Un fet tan impactant com aquest al nostre territori ens crida l'atenció a l'hora d'emprendre un projecte, especialment perquè el meu treball va estar condicionat des del primer moment per "Lo crit del delta", un projecte que des del punt de vista científic i des de l'econòmic té l'objectiu de trobar solucions al repte de la regressió del Delta o els efectes del canvi climàtic a aquesta zona, a partir dels treballs de recerca de batxillerat d'alumnes de les Terres de l'Ebre.

Donant-li voltes al Glòria i a les llevantades, vam arribar a que el problema que generen és l'erosió costanera, una de les causes de la regressió juntament amb la subsidència, la manca de sediments i la pujada del nivell del mar. De fet, l'erosió costanera és normal d'aquest territori dinàmic, el problema és que degut als pocs dipòsits fluvials del riu Ebre a la desembocadura, el terreny que el mar guanya per una banda no es recupera per una altra amb els sediments i és important actuar per mantenir la terra emergida.

La Taula de Consens va fer les seves propostes per a fer front al problema, que són l'aportació de sorres a la platja, els dics seguint la línia de costa, els salobrans amb vegetació que fixa la sorra, els esculls artificials que frenen la marejada amb estructures com els trencaones, i la gestió de dunes, que és en la que profunditzarem. És una mesura poc agressiva per al territori i que té un baix cost. La fixació de dunes amb vegetació té una efectivitat més moderada però es basa en els processos naturals de les platges sorrenques i n'és un dels elements més característics de les platges del Delta comptant amb vegetació d'un alt valor ecològic. Els sistemes dunars protegeixen la costa de l'erosió i les llevantades, mantenint el perfil del litoral, a més de tenir una gran importància en la conservació de la biodiversitat. També tenen un gran paper a l'hora d'evitar inundacions. Tot això

em porta a fer un projecte sobre la creació i conservació de dunes per protegir la costa.

L'objectiu, doncs, d'aquest treball és respondre a la pregunta: Com podem frenar l'erosió costanera del Delta de l'Ebre mitjançant la gestió de sistemes dunars? També en són objectius demostrar l'efectivitat d'aquesta mesura i actuar d'acord amb els processos naturals sempre que sigui possible.

La meva hipòtesi de treball és la següent:

Potser es pot frenar l'erosió costanera de les platges més vulnerables del Delta de l'Ebre amb la creació de dunes fixades amb vegetació.

Volem per una banda comprovar la veracitat de la hipòtesi i per una altra banda crear una proposta de mètode per a restaurar les dunes en determinades platges del Delta. En principi ens centrarem en les 4 platges on la Taula de Consens considera que la gestió de dunes és una mesura a fer a curt termini: la Marquesa, Buda, Sant Antoni i el Trabucador.

La metodologia que utilitzarem serà diferent per a la part teòrica que per a la part pràctica. En un primer moment, farem una cerca de la informació ja estudiada per altres científics i un anàlisi dels estudis científics per a poder establir una base teòrica de coneixements que permetin la posterior elaboració de la part pràctica. Dins el projecte "Lo crit del delta", els alumnes tenim accés a una plataforma digital anomenada 4dLife on diversos científics de les Terres de l'Ebre ens donen suport tècnic i han penjat articles i documents que tenen sobre la regressió i la subsidència del Delta, així com altres problemàtiques relacionades amb els diferents treballs de recerca que els diferents alumnes havíem proposat.

Per a la part pràctica, farem un treball de camp a les platges, analitzant les dunes existents, trobant les característiques concretes de les platges on volem aplicar la mesura, així com estudiant quina seria la millor manera de dur a terme la nostra proposta a partir de l'anàlisi i l'experimentació. Per a dissenyar el treball de camp, comptarem amb el consell de Ramon Ferré, un científic expert del GEPEC que ha treballat en la reconstrucció de dunes a altres territoris.

Aquest treball es dividirà en 6 apartats o capítols. El primer és la introducció i és una breu explicació del contingut del document. Al segon es contextualitza la problemàtica amb una descripció del Delta i de la seva importància. Al tercer detallem les causes de la regressió i les mesures que s'han dut a terme fins ara. El quart capítol és sobre les dunes, la seva vegetació i el seu paper al Delta. Al cinquè es concreten les característiques de la platja on es proposa la creació de dunes fixes. Al sisè capítol es detalla el treball de camp i es presenten els resultats. Per últim hi ha les conclusions, on es contrastarà la hipòtesi.

2. Importància del Delta de l'Ebre

El Delta de l'Ebre és una extensió de terreny pla d'uns 320 km² situada al sud de Catalunya, a la desembocadura del riu Ebre. El delta existent s'ha anat formant des de l'aparició del riu, fa uns 5 milions d'anys, a partir de les restes sedimentàries que el riu ha dipositat en diferents capes. No ha estat fins els últims 2 500 anys aproximadament que s'ha començat a formar el delta tal com el coneixem. Fins llavors, el delta no s'havia desenvolupat degut a la ràpida pujada del nivell del mar des de l'última glaciació. És a partir d'aquest moment que arriben més sediments des del riu dels que el mar inunda, i es comença a formar el delta. La configuració actual va prendre bona part de la seva forma a partir del segle XVI, amb la desforestació de la conca del riu Ebre per part d'Aragó, tot i que ja hi havia un delta anterior del qual no es coneix la forma.

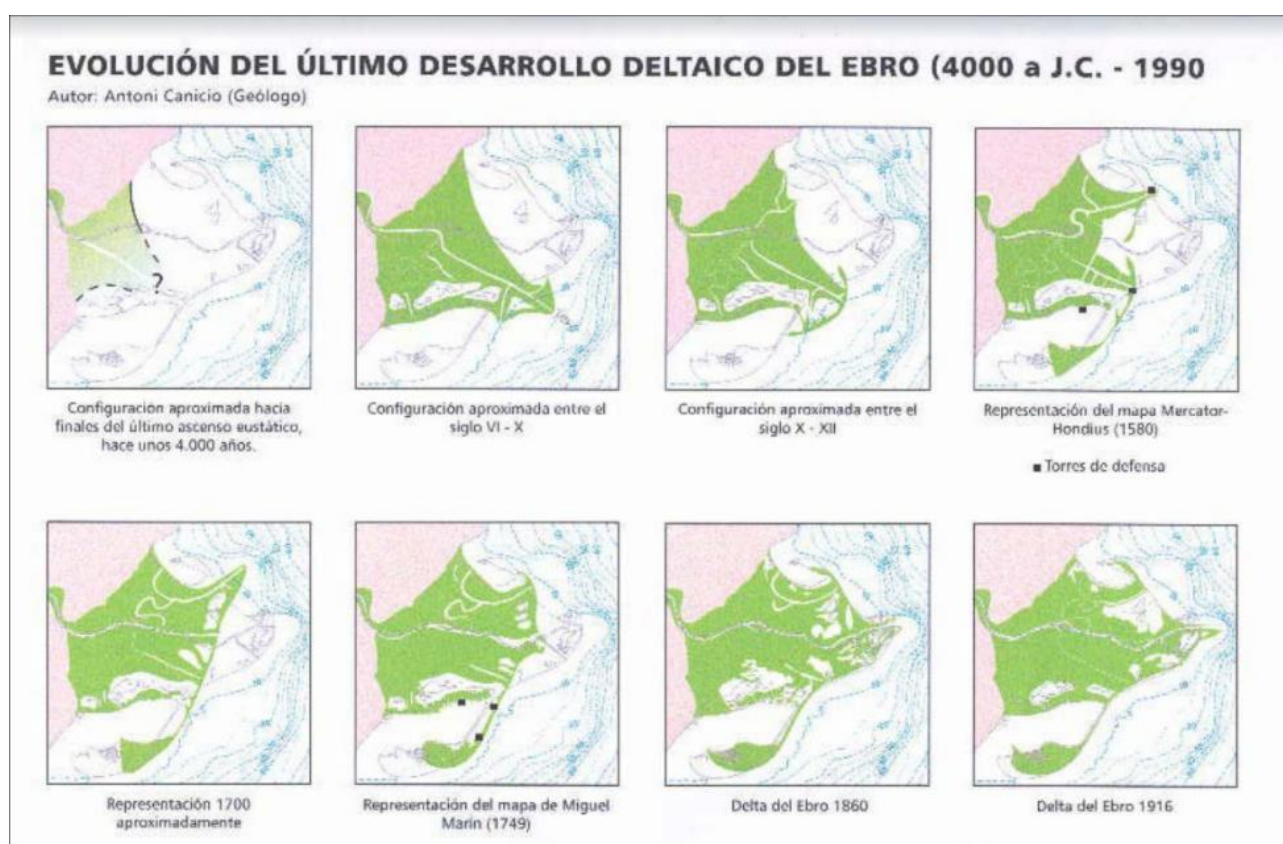


Fig 1: Cartografies de l'evolució del Delta de l'Ebre.

Font: Pla de Gestió PNDE 2005/2009, citant a Antoni Canicio.

El Delta de l'Ebre té forma triangular i en destaquen les dues badies formades per la Punta del Fangar al nord i per la Punta de la Banya al sud, les dues grans llacunes interiors, l'Encanyissada i la Tancada, el propi riu i les seves dues desembocadures separades per l'Illa de Buda, les platges sorrenques a la costa i les zones agràries que representen $\frac{3}{4}$ parts de la superfície del Delta i que es componen principalment d'arrossars.

El clima al Delta, que és del tipus mediterrani, es caracteritza per les poques variacions tèrmiques i l'elevada humitat, deguda a la proximitat a diverses masses d'aigua (riu, mar, arrossars, etc.).

El paisatge deltaic és força interessant ja que es un espai humanitzat i alhora d'una gran riquesa ecològica, amb uns ecosistemes rics en diversitat i molt valorats, que han de conviure en un territori condicionat per l'agricultura de l'arròs i els diferents graus de salinitat del sòl.

Els hàbitats amb què compta el Delta el converteixen en la zona humida més important de Catalunya amb un dels hàbitats aquàtics més importants del Mediterrani occidental. Algunes de les mostres de la seva riquesa són la gran varietat d'ocells, molts dels quals aus migratòries que passen cada any un temps al Delta de l'Ebre, i també són importants els peixos, ja que és un ecosistema principalment aquàtic. Quant a la flora, té una especial importància aquella que creix en ambients halòfils, com ara la vegetació dunar.

El Delta s'enfronta avui en dia a diverses dificultats, especialment a causa de l'acció humana en diferents aspectes, des de la regressió fins a l'aparició d'espècies invasores i plagues molt difícils d'erradicar i que malmeten els seus ecosistemes propis.

Hi ha unes 60 000 persones vivint al Delta en els 7 municipis del territori: Amposta, l'Aldea, l'Ampolla, Deltebre, Camarles, Sant Carles de la Ràpita i Sant Jaume d'Enveja, i altres poblacions o urbanitzacions disperses com Poble Nou del Delta, els Muntells i Riumar. Les principals activitats econòmiques d'interès al Delta són el cultiu de l'arròs, les salines de la Trinitat, les muscleres, la pesca i el turisme.

El Delta de l'Ebre és un entorn natural d'una gran importància, tal com ho indica el fet que fos catalogat com a Parc Natural el 1983 i ser declarat Espai Natural Protegit

(ENP) al Pla d'Espais d'Interès Natural (PEIN) l'any 1992. Des de l'any 2006 el delta és Lloc d'Importància Comunitària (LIC) i Zona d'Especial Protecció per a les Aus (ZEPA) del projecte Natura 2000 de la Unió Europea. Les Terres de l'Ebre també són reserva de la biosfera de la UNESCO des del 2013.

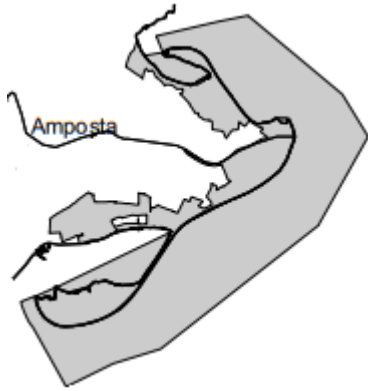


Fig 2: Zona protegida dins la Xarxa Natura 2000

Font: Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya Núm. 4735 – 6.10.2006

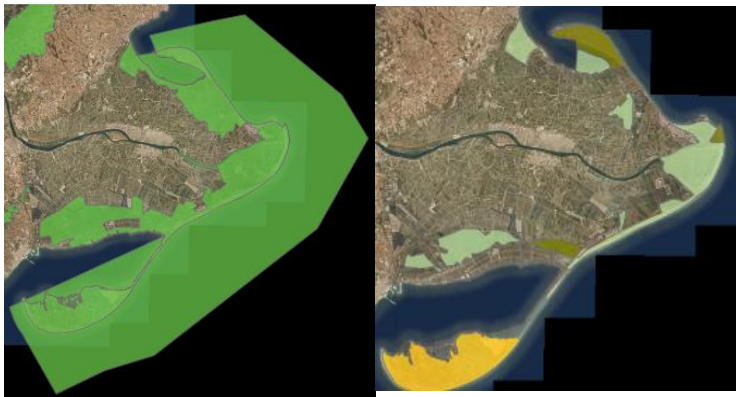


Fig 3: PEIN

Font: ICGC

Fig 4: ENP

Font: ICGC

3. La regressió del Delta

Un delta és un terreny dinàmic format en un punt de trobada entre dos elements, el riu i el mar. Ambdós són els qui condicionen la formació del delta. Les zones humides són ecosistemes amb una gran biodiversitat però que es troben amenaçats a nivell mundial pel model de gestió de l'aigua, pel model de gestió dels territoris deltaics i per l'escalfament global.

El riu transporta sediments, és a dir, restes de llims, terra o roques que porta en suspensió i que precipiten a la desembocadura, quan el riu perd força. L'acumulació de dipòsits fluvials any rere any és la que forma un delta. El mar, òbviament, també influeix en la forma, ja que la deriva litoral mou aquests sediments des de la desembocadura, repartint-los i creant una forma diferent a la que donaria lloc el riu per sí sol.

El cas és que el Delta no és estable i, de la mateixa manera que durant més de dos mil anys s'ha anat desenvolupant, ara es troba en un procés de regressió. Aquest procés, però, no només és natural sinó que també és conseqüència de l'acció humana sobre el riu Ebre i l'escalfament global en general.

La regressió s'inicia amb la construcció d'embassaments al llarg del curs del riu a mitjans del segle XX, que retenen els sediments evitant la seva arribada a la costa. Actualment hi ha 23 pantans situats al curs del riu Ebre i els seus afluents, que aportaven la major part de sediments. Aquest esdeveniment frena aproximadament el 94% dels dipòsits fluvials i fa el Delta especialment vulnerable a la regressió, ja que no es reposa el que es va perdent. En un terreny dinàmic com el Delta, on riu i mar s'enfronten per guanyar terreny, si el riu deixa d'aportar sediments, el Delta retrocedeix.

Un altre factor que afavoreix la regressió és la subsidència. Aquest fenomen consisteix en l'enfonsament tectònic i la compactació dels sediments any rere any per la pressió a què estan sotmeses les capes sedimentàries inferiors. Tal procés provoca l'enfonsament de la superfície a un ritme mitjà de 2 mm/any. Tot i que la subsidència sigui totalment natural i hagi estat sempre present, en l'actualitat es

troba agreujada per la quasi inexistent aportació de sediments del riu, que solia contrarestar aquest efecte, especialment amb els llims dipositats a les riudes.

El canvi climàtic que està afectant al nostre planeta està produint una pujada del nivell del mar que es calcula que al 2100 pot arribar a ser d'1 metre. Aquesta pujada es deu a l'augment de temperatura, i per tant de volum, de l'aigua i al desglaç de les masses de gel de Groenlàndia i l'Antàrtida, així com les glaceres arreu del món. Aquesta pujada representa el retrocés de totes les zones costaneres i afecta de manera important al Delta de l'Ebre, on l'elevació per sobre del nivell del mar és molt baixa.

La pujada del nivell del mar és actualment d'uns 3 mm/any i augmentarà en els pròxims anys mentre que la subsidència enfonsa el terreny entre 1 i 5 mm/any, així que es calcula que el 2100 s'haurà enfonsat entre 0,60 i 1 metre sobre el nivell del mar, submergint més de la meitat del Delta.

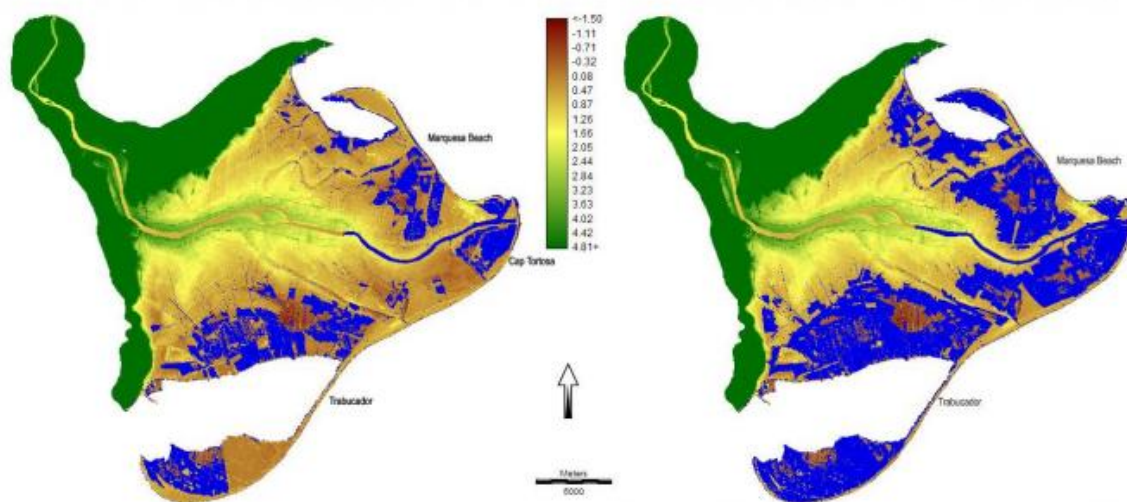


Fig 5: Àrees inundades al Delta de l'Ebre amb una pujada del nivell del mar de 0,25 m (a l'esquerra) i 0,5 m (a la dreta).

Font: Alvarado-Aguilar and Jiménez

Un altre dels factors que afavoreixen la regressió és l'erosió costanera. De fet, científics com Jiménez i Sánchez-Arcilla¹ afirmen que, amb l'aportació gairebé nul·la de sediments per part del riu, el Delta deixa d'estar dominat parcialment pel riu i l'onatge, per a passar a ser totalment dominat per l'onatge.

¹ Jiménez i Sánchez-Arcilla, 1993

Podem dividir els tipus d'erosió en tres: els puntuals, els de mig termini i els de llarg termini. Els primers són aquells que succeeixen en un moment determinat i modifiquen la costa en molt poc temps, com ara una tempesta o una llevantada especialment forta. Per a ser considerats episòdics o puntuals no han de ser periòdics i entre un succés i un altre han de passar algunes dècades, ja que si fóra un fenomen habitual s'hauria de tenir en compte com a causa a mig o llarg termini de l'erosió. En són exemples la tempesta d'octubre del 1990 on es va trencar la barra del trabucador i el temporal Glòria del gener del 2020 on també es va trencar la barra, un fenomen que cada cop és més freqüent.

A mig termini hi ha l'erosió que es pot apreciar en el curs d'un any, més relacionada amb el desplaçament de l'arena i els sediments, on no hi ha un retrocés general del Delta però sí que n'hi ha de determinades zones. Els llocs on el Delta es troba amb una erosió més gran són, segons Sànchez-Arcilla i Jimènez²: la part externa de l'hemidelta nord, que retrocedeix uns 3 m/any, la Barra del Trabucador, 5 m/any i el Cap de Tortosa, on es produeix el retrocés més important, de 20 m/any.

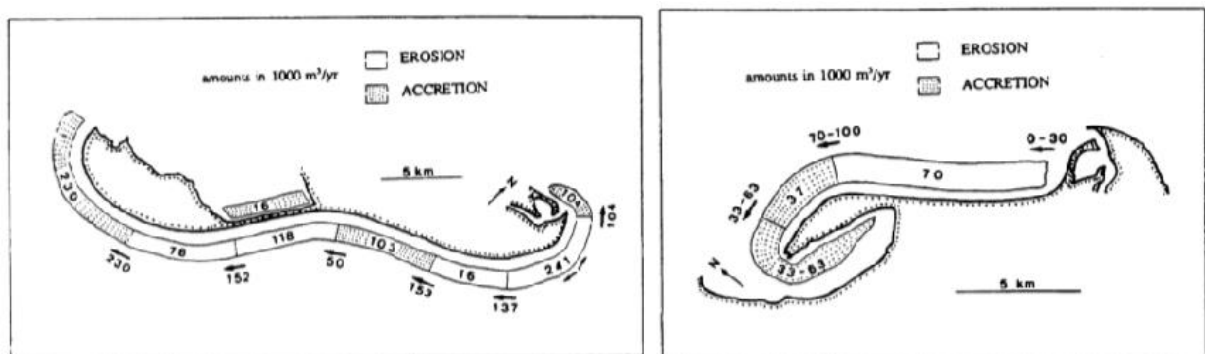


Fig 6: Zones de creixement o decreixement del Delta segons el balanç sedimentari a mitjà termini. A l'esquerra hemidelta sud, a la dreta hemidelta nord.

Font: Jimènez i Sànchez-Arcilla, 1993

A llarg termini, en un període de varies dècades, no hi ha un canvi significatiu degut a l'erosió, ja que l'arena que s'extreu d'una part s'ha de dipositar necessàriament a un altre lloc, de manera que el balanç total només afecta en la mesura en què es perden terrenys de gran valor ecològic o econòmic per a guanyar-ne de nous sense valor de moment. Es tracta d'un balanç natural que regeix actualment gairebé la

² Jimènez i Sànchez-Arcilla, 1993

totalitat de l'avenç del Delta en algunes zones i una bona part de la regressió en altres.



Fig 7: Zones erosives i zones d'acumulació del Delta. Previsió de les línies de costa del 2050 i el 2100.
Font: UAB

3.1. Actuacions contra la regressió

La Taula de Consens, un fòrum compost per les Comunitats de Regants de la Dreta i l'Esquerra de l'Ebre i els 7 ajuntaments del Delta, es va reunir aquest passat 30 de gener del 2020 amb l'objectiu de preparar el Pla Delta, una sèrie d'actuacions necessàries per a protegir el Delta d'amenaces com la regressió, que ja existeix i que es preveu que empitjori en els pròxims anys.

S'han proposat diverses actuacions per a evitar aquesta problemàtica, amb l'aportació de sorres com a principal mesura per a mitigar els efectes a les platges, la qual és útil de manera immediata, però té un cost elevat i l'efecte no és durador, ja que no soluciona el problema d'erosió de la costa.

També es proposen dics interiors, defenses submergides al medi marí i defenses transversals a la costa, totes elles mesures més agressives paisatgísticament i d'un cost igualment molt elevat, però efectives per a la seva funció per tal d'evitar la inundació (dics), reduir l'energia de les ones i evitar l'erosió (defenses submergides) i mantenir sorra que s'acostuma a perdre amb la deriva litoral (defenses transversals).

L'última proposta és la creació i reforçament de dunes i de saladars i zones humides. Les dunes protegeixen les costes de les ones i de les inundacions de manera natural, tot i que diverses circumstàncies naturals o l'acció humana puguin malmetre-les i s'hagin de crear i mantenir. Els saladars també tenen importància contra l'erosió perquè la seva vegetació, a part de tenir una gran riquesa ecològica, fixa la sorra de la platja, estabilitzant-la, i redueix l'impacte de les ones. Aquestes mesures tenen una efectivitat més moderada i són processos menys immediats que una construcció, però tenen l'avantatge de ser menys agressius ja que encaixen dins el sistema deltaic i, a més, tenen un cost econòmic molt més baix.

Aquestes mesures són necessàries a algunes platges i depenent de la situació se'n determina la urgència.

A la taula següent podem veure les mesures de protecció per sectors i la seva urgència:

SECTOR	DENOMINACIO	MESURES DE PROTECCIO						
		Aportació de sediments fluvials ¹	Aportació de sorres	Creació i reforçament de dunes	Creació i millora de saladars	Dics interiors (camí de guarda)	Defensa al medi marí ²	Defensa a la costa
S1	INTERIOR BADIA FANGAR (I)							
S2	INTERIOR BADIA FANGAR (II)							
S3	INTERIOR BANYA FANGAR							
S4	EXTERIOR BANYA FANGAR							
S5	MARQUESA I BASSA DE L'ARENA							
S6	RIUMAR							
S7	GARXAL							
S8	SANT ANTONI							
S9	BUDA							
S10	EUCALIPTUS							
S11	TRABUCADOR EXTERN							
S12	ALFACS EXTERN ³							
S13	ALFACS INTERN							
S14	TRABUCADOR INTERN							
S15	INTERIOR BADIA ALFACS							



Fig 8: Mesures de protecció del Delta proposades per la Taula de Consens.
 Font: Pla Delta

4. Les dunes

4.1. Descripció

Les dunes litorals són acumulacions de sorra formades per la dinàmica eòlica en una platja. Tenen un tamany molt variable depenent de les característiques de la platja, i s'acostuma a considerar com a tal si té una altura entre 0,2 i 4 metres. Si és més petita s'anomena 'ripple' o ondulació.

La formació d'una duna consta de tres processos: erosió, transport i sedimentació. L'erosió té lloc quan el vent seca l'arena humida provinent del mar i s'emporta les partícules més petites per deflació, és a dir, deixant les grans que el vent no pot aixecar.

El transport el fa el vent. La majoria de la sorra es mou per sobre de la superfície i només l'arena més fina s'alça del terra. Aquest transport depèn de la mida, morfologia i densitat de la sorra, així com de la velocitat i direcció del vent.

La sedimentació es produeix quan les partícules d'arena s'aturen formant acumulacions ondulades de diferents tamanyos i formes. Els obstacles a la platja propicien aquest procés, ja que la sorra que es desplaçava pel terra es queda allí, però també passa amb la pèrdua de força del vent.

El que les dunes necessiten per a la seva formació és que hi hagi, almenys durant una època de l'any, un vent en direcció a la platja des del mar, que hi hagi sediments suficients, que la mida de la sorra (el diàmetre dels grans) sigui adequada per al transport eòlic d'aquesta i, per a accelerar i afavorir el procés, vegetació o obstacles a la platja, que fan que la sorra s'acumuli allí i comenci la formació de la duna. D'aquests factors dependrà l'aparició i la forma de les dunes.

Com el vent no deixa d'actuar, la forma de les dunes varia constantment, a menys que hi hagi vegetació dunar, que fixa l'arena amb les arrels.

A la imatge següent es veu un exemple d'aquest procés quan hi ha un obstacle, vist en una primera fase de la formació d'una possible duna.



Fig 9: Inici de la formació d'una duna a partir d'un tronc portat pel mar a la Platja del Serrallo, al Delta de l'Ebre. Elaboració pròpia.

4.2. Tipus de dunes

Hi ha moltes classificacions de les dunes seguint diferents criteris. Una d'elles, i la més utilitzada, és la creada per Norbert Psuty, adaptada posteriorment per altres autors. Classifica les dunes segons la seva posició, estabilitat i desenvolupament en quatre grups:

1. **Dunes primàries:** Primera línia de dunes paral·lela a la costa. Acumulen sorra seca de la platja i aquesta pot passar a l'interior o refer la platja després d'un temporal que l'ha erosionat. Es divideixen en dunes embrionàries (en formació i amb poca vegetació), estables (aquelles que s'han fixat per vegetació i tenen una altura considerable) i vestigis de dunes (que han quedat terra endins en una costa progradant, que guanya terreny al mar).
2. **Dunes secundàries:** es situen darrera de les primàries respecte a la costa i es formen de l'erosió d'aquestes, es consideren estables amb vegetació llenyosa. N'hi ha de dos tipus: semi-estabilitzades (actives) i estabilitzades (totalment estables).
3. **Dunes parabòliques:** quan les dunes primàries fixades perden vegetació, en alguns punts s'erosionen i creen dunes en forma de U oberta en la direcció cap a on va el vent dominant. Si l'erosió s'atura, es pot tornar a fixar amb vegetació; si no, acaba per ser una duna transgressiva.

4. **Dunes transgressives:** aquest tipus de duna és activa, inestable i mòbil, ja que no hi ha vegetació que la fixi i es mou seguint la direcció del vent. El seu origen pot ser una duna parabòlica o bé una formació dunar en condicions de vent fort, manca de vegetació i abundant sediment.

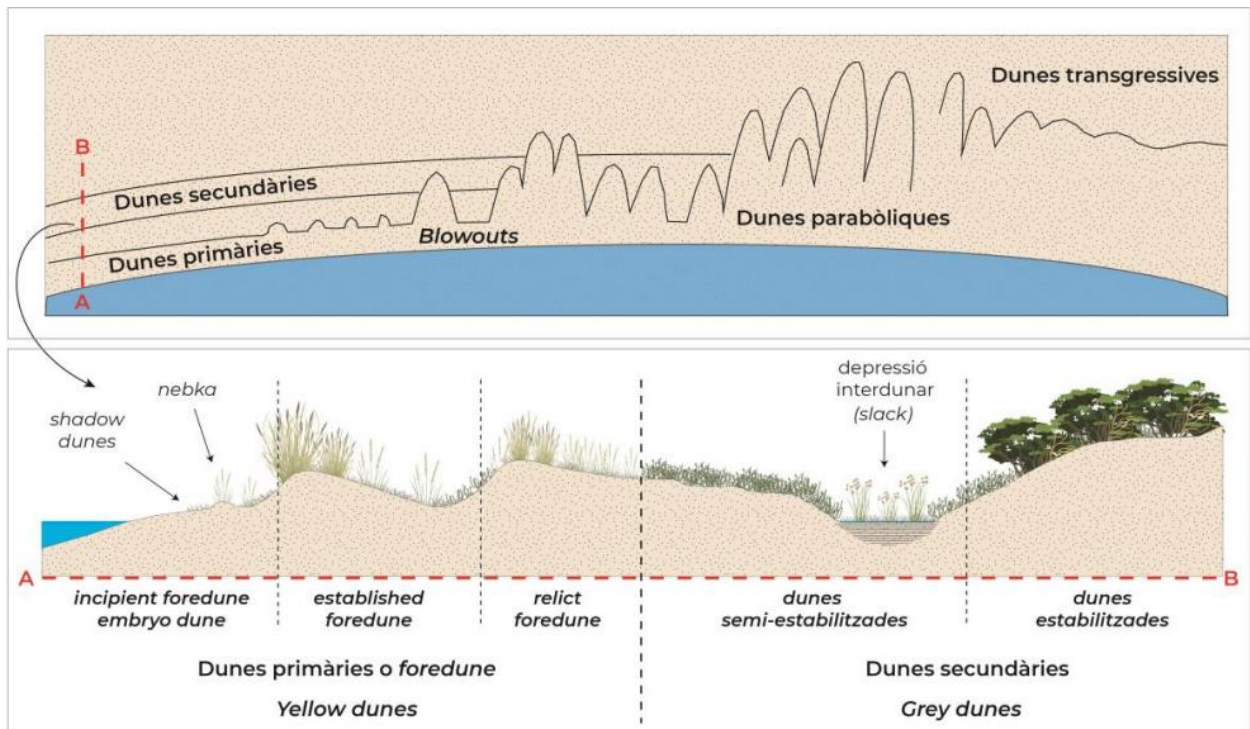


Fig 10: Esquema dels tipus de dunes: dunes primàries i secundàries, blowouts (formacions erosives), dunes parabòliques i dunes transgressives. A sota veiem un transsecte de la secció A-B. La terminologia anglesa és l'establerta per Hesp (1989).

Font: Garcia, 2019

4.3. Vegetació i fauna dunar

La vegetació psammòfila, o dunar, creix en un ambient hostil, caracteritzat per un sòl inestable, la salinitat i manca de nutrients del sòl, radiació solar directa, altes temperatures amb gran amplitud tèrmica, el dèficit hídric i un vent que enterra i erosiona les plantes.

Tot i les dures condicions, les dunes tenen unes comunitats vegetals riques, amb plantes com el borró (*Ammophila arenaria*) i el lliri de mar (*Pancratium maritimum*). Especialment interessant és la comunitat de la rere duna, que a la primavera i estiu mostra flors com el llimoniastre (*Limoniastrum monopetalum*).

Les comunitats més importants són *Agropyretum mediterraneum*, *Ammophiletum arundinaceae* i *Crucianelletum maritimae*.

Actualment hi ha molt poques zones de Catalunya amb comunitats psammòfiles degut a la concurrència de les platges al llarg de tota la costa catalana. Els exemples més representatius són els golfs de Pals i de Roses i el Delta de l'Ebre.

La biodiversitat a les dunes és molt baixa, especialment la de la fauna. Tot i així, hi ha certs insectes que viuen a la sorra de les dunes. Encara que n'hi hagin molt pocs, el fet d'estar adaptats a les condicions de vida tan diferents que hi ha en una platja, fa que aquest sigui l'únic habitat on puguin viure i que calgui preservar-lo per a la supervivència d'espècies com algunes libèl·lules, els escarabats eroidus (*Scarabaeus semipunctatus*), les formigues lleó (insectes de la família *Myrmeleontidae*) o la sargantana cua roja (*Acanthodactylus erythrurus*), que es troba en regressió per la manca de bufalaga (*Thymelaea hirsuta*) a les dunes. El seu comportament també és força peculiar degut a la manca de recursos del sòl, la salinitat, etc.

En l'annex 3 es pot observar un herbari amb la vegetació de tardor de la Platja de la Marquesa.

4.4. Funcions dels sistemes dunars

Els sistemes dunars formen part de la geomorfologia de la majoria de platges en un estat natural, tot i que s'han perdut a gran part de la costa humanitzada. De fet, a la costa mediterrània només queda un 25 % de les dunes que hi havia fa un segle en estat natural. A nivell d'Europa, es destrueixen 30 Ha de dunes i platges cada any.

Les dunes desenvolupen funcions molt importants a la costa, les quals es troben a faltar allí on ha desaparegut el cordó dunar (com a la Platja de la Marquesa). aquestes funcions inclouen l'atractiu paisatgístic i la biodiversitat exclusiva d'aquest ambient, però la funció principal de les dunes és la de reserva d'arena. Durant els temporals, el mar erosiona la platja i s'emporta la sorra; i quan torna la marea normal, aquesta aprofita la sorra que les dunes han mantingut per a refer-se. A més, protegeixen la part interna de la platja ja que, quan les ones passen a través seu, perden part de la seva força i no causen destrosses darrera les dunes: no eviten el pas de l'aigua, que passa pels canals interdunars, però sí que li fan perdre força.

Els cordons dunars tenen una funció reguladora de la hidrodinàmica de maresmes, llacunes litorals i altres zones costaneres d'interès que depenen de les dunes per a la seva conservació.

Aquestes funcions atribuïdes a les dunes són dutes a terme en la seva majoria per les dunes fixes amb vegetació, ja que són capaces de fixar la sorra i mantenir-la tot i les inclemències del temps.

La situació de canvi climàtic arreu del món porta a una pujada del nivell del mar i un augment de la intensitat dels temporals, que juntament amb el problema erosiu del Delta fan especialment necessàries les dunes, les quals representen una barrera de protecció natural de les platges enfront l'erosió del mar, el vent i la pluja. Per tant, és important treballar per la seva conservació, especialment tenint en compte que el factor principal de la seva desaparició és l'activitat humana a les costes i la gestió hidrològica actual i dels últims anys.

4.5. Dunes al Delta de l'Ebre

El sistema dunar de les Terres de l'Ebre és d'una gran importància per ser un dels pocs sistemes dunars actius de la Península Ibèrica. És a dir, que hi ha dunes mòbils no estables que canvien de forma. Per aquesta i altres particularitats, les dunes del Delta formen part del Parc Natural del Delta de l'Ebre i estan catalogades com a zona d'especial protecció al PEIN, ja que la seva vegetació i les aus que allí nidifiquen estan inclosos al projecte Ramsar.

El 1889, Mallada³ va descriure el sistema dunar del Delta de l'Ebre com "un cordón dunar continuo, cuya extensión presenta anchos variables entre 500 y 3000 metros, y de altura variable entre 50 y 80 centímetros dependiendo del viento reinante", però actualment els camps dunars estan dispersos a algunes zones del litoral deltaic i s'han reduït notablement. Els principals sistemes actualment es situen a la Platja de Riumar (dunes fixes de gran alçada), la desembocadura de l'Ebre, la Punta de la Banya (dunes fixades amb vegetació), la Barra del Trabucador (residus de la construcció d'una duna artificial a principis dels anys 90 i la seva posterior restauració) i, especialment, a la Fletxa del Fangar (dunes mòbils embrionàries).

Hi ha diversos motius pels quals aquest camp dunar s'ha reduït tan dràsticament, havent-se de readaptar en l'espai o arribant a desaparèixer en algunes zones, com és el cas de la Platja de la Marquesa.

En primer lloc hi ha la manca de sediments a causa de la mala gestió hidrològica, especialment amb la construcció dels embassaments de Mequinensa i Riba-roja, que frenen el cabal sòlid del riu Ebre i els sediments no arriben a la desembocadura. Per tant, el Delta no creix, ni tan sols es manté, únicament es va arrodonint per acció de l'onatge, que redistribueix els sediments ja existents al llarg de la costa. La manca d'aportació de sorra representa un problema per a la creació de dunes ja que, per a que es formin, la platja ha de tenir sediments suficients.

També hi ha els temporals, com les llevantades o les mestralades (temporals de vents molt forts), que quan afecten a una zona de dunes desfan la part més propera al mar d'aquestes, on hi ha la vegetació que es regenera més ràpidament. Però si el següent temporal succeeix abans que la duna s'hagi recuperat, la tempesta desfà la

³ Serra, J., Rodríguez, I., Sánchez, M., & Montoya, I. (2012) *Veure fonts d'informació*.

següent part de la duna i la vegetació d'aquesta capa (i de la següent, si hi ha un tercer temporal) costa molt més de restaurar. Diversos temporals poden destruir dunes que un de sol no podria, si apareixen amb poc temps de diferència.

Un altre factor és l'erosió costanera, que disminueix l'amplada de la platja al mateix temps que s'emporta arena. Sobretot durant els temporals, quan l'onatge és més fort.

També afecta de manera molt important l'activitat humana a la costa, com les activitats de neteja de la platja, el trepitjar dunes, el pas de vehicles per la sorra seca o els camps de conreu, que redueixen l'espai de platja on es poden formar les dunes.



Fig 11: En groc hi ha els camps dunars presents al Delta el 1971 segons Maldonado (1972)

Font: Las dunas en Espanya Sanjaume, E., & Garcia, F. (2011)

La gestió de les platges ha deixat en segon lloc la conservació de les dunes. “Ante esta situación la gestión de los sistemas dunares costeros del Delta del Ebro ha sido puntual y como respuesta a un problema concreto, es decir, se han llevado a cabo actuaciones a lo largo del litoral del delta pero casi siempre han sido realizadas para paliar o arreglar los efectos de un temporal” (Serra et al., 2012). Amb aquestes paraules els autors de “Delta del Ebro: papel del sistema dunar frente a la regresión deltaica (actuaciones y medidas paliativas)” fan referència a que les actuacions dutes a terme al Delta per evitar la degradació dels camps dunars s’han fet per arreglar de manera artificial les conseqüències d’una tempesta, però no s’han realitzat actuacions de cara a prevenir futurs problemes, com l’erosió o la desaparició d’aquests espais. Sí que hi ha, però, diverses propostes que tenen en compte la projecció al futur de les zones costaneres, tot i que tradicionalment mai s’han dut a terme i s’acostuma a demorar la seva aplicació.

4.5.1. Observem dunes

4.5.1.1. Platja del Serrallo

La Platja del Serrallo és una platja situada a l'hemidelta sud i forma part de la costa progradant, és a dir, és una de les zones del Delta on es dipositen sediments i la platja guanya terreny al mar.

La Platja del Serrallo s'estén 3 km de costa i té una amplada aproximada de 450 metres.



Fig 12: Ortofotos 2019 de la platja del Serrallo (esquerra) i la zona del delta on està situada (dreta).

Font: ICGC

L'accés a la Platja del Serrallo s'ha de fer per uns camins habilitats i hi ha unes zones on deixar els vehicles. A l'entrada hi ha un camí i els arrossars estan protegits al fons per una barrera artificial d'arena i vegetació com tamarits, mates i joncs.

El camí per arribar al mar està marcat amb pals i cordes per tal de preservar una àmplia superfície de salobrar (300 metres d'amplada a tota la llargada de la platja) amb salicòrnia comuna (*Sarcocornia fructicosa*) com a vegetació predominant i una presència notable de libèl·lules.

A continuació del salobrar, anant en direcció cap al mar, hi ha la zona de dunes.

Les dunes es troben a una distància de 100 metres de la mar aproximadament i ocupen una amplada de 30 a 40 metres.

La zona de la platja més propera al mar (a partir de les dunes), es divideix entre la zona de sorra seca (85 metres) i la zona de sorra humida (els 15 metres més propers al mar). Es poden observar rames, canyes, palla, etc. que el mar ha deixat a l'arena, probablement després d'haver-les dut el riu.

Les dunes de la Platja del Serrallo són dunes fixades per vegetació, d'una alçada entre 0,5 i 1 metre en la majoria dels casos, amb una amplada de 2 a 4 metres. S'observa l'excepció d'una duna de 1,5 metres d'alçada i 20 d'amplada amb una vegetació molt més variada que la resta.

N'hi ha moltes de petites amb canals interdunars amplis (de 2 a 4 metres aproximadament).

La vegetació predominant és el borró (*Ammophila arenaria*) i la salicòrnia comuna (*Sarcocornia fructicosa*)

Imatges del salobrar:



Fig 13.

Font: Elaboració pròpia

Imatges de les dunes:



Fig 14.



Fig 15.



Fig 16.

Font: Elaboració pròpia.

4.5.1.2. Punta del Fangar

La Punta del Fangar és una de les zones més característiques del Delta de l'Ebre. Es denomina Fangar a la zona compresa entre el restaurant Vascos i el final de la Punta del Fangar, és a dir, la fletxa litoral al nord del Delta que forma una badia. És una extensió de 5 Ha aproximadament. Inclou una zona de costa progradant (nord i oest) i una zona de costa degradant (est). El motiu pel qual es diposita sorra a la Punta del Fangar és que s'erosiona la part frontal del delta i l'onatge transporta els sediments fins als extrems del Delta, tendint llavors a tancar la Badia del Fangar.



Fig 17: Imatge on es mostren els canvis en la línia de costa de l'hemidelta nord des del 2011 fins a les projeccions per a 2050 i 2100. En verd costa progradant i en roig costa degradant.

Font: Sandra Fatoric (2012)



Fig 18: Ortofotos 2019 de la Punta del Fangar (esquerra) i la zona del Delta on està situada (dreta).

Font: ICGC

La platja té el seu inici darrera el Restaurant Vascos, on s'ha instal·lat un dic de contenció. Els primers 800 metres transcorren a una platja amb clares marques d'erosió, on fins i tot els arrossars s'han hagut de desplaçar cap endins per les inundacions, l'amplada és irregular però en cap cas supera els 80 metres i arriba fins i tot a 30 metres.

Als 800 metres la platja augmenta la seva amplada fins a 200 metres i es formen unes dunes d'uns 4 a 6 metres d'alçada fixades amb vegetació. A l'inici de la Punta del Fangar hi ha aquest tipus de dunes.

En canvi, seguint per la cara externa hi ha l'únic camp dunar actiu, amb dunes mòbils, del Delta de l'Ebre. El règim de vents de la Punta del Fangar és semblant al d'un desert i diferent al de les altres platges, ja que està orientada perpendicularment al vent predominant (NW) i no hi ha res que freni el vent. Aquesta manca d'angles morts provoca un transport d'arena elevat, que dificulta l'arrelament de vegetació i manté les dunes mòbils. Aquestes dunes tenen forma de mitja lluna tancada en direcció SE. La cara NW és per on es forma i les partícules de sorra es dipositen, per tant, de forma més estirada formant un suau pendent, mentre que la cara SE cau més verticalment.

N'hi ha moltes i gairebé totes tenen la mateixa orientació al llarg d'una gran extensió de terreny.

Imatges de dunes fixes:



Fig 19.

Font: Elaboració pròpia.



Fig 20.



Fig 21.

Font: Elaboració pròpia.

Imatges de dunes mòbils:



Fig 22.



Fig 23.



Fig 24.

Font: Elaboració pròpia.

4.5.1.3. Platja de Riumar

La Platja de Riumar està situada a l'hemidelta nord, a continuació de la desembocadura de l'Ebre. Forma part de la costa en retrocés, és a dir, que és una de les zones del Delta on el mar guanya terreny i inunda la costa.

És una platja d'uns 4 km de longitud i uns 400 metres d'amplada.

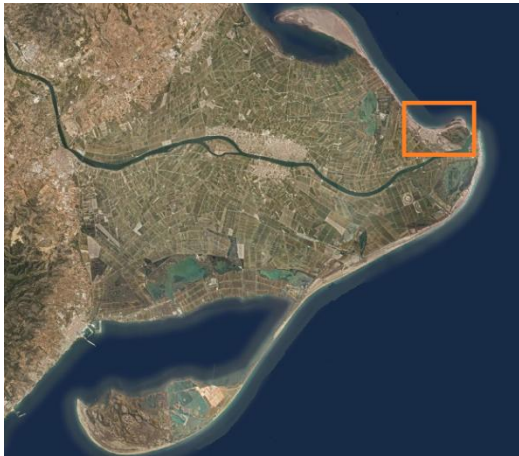


Fig 25: Ortofotos 2019 de la Platja de Riumar (dalt) i la zona del Delta on està situada (baix)

Font: ICGC

La Platja de Riumar té algunes de les dunes més ben formades del Delta de l'Ebre, arribant als 8 o 9 metres d'alçada. Aquestes dunes les van propiciar els veïns de la urbanització de Riumar als anys noranta, mitjançant barreres de canyes i vegetació per fixar la sorra de la platja. Actualment, la sorra de les dunes avança cap a l'interior i els toca retirar-la dels carrers, motiu pel qual va haver-hi alguna proposta

de rebaixar-les, i fins i tot d'eliminar-les, tot i que finalment es van desestimar per l'alt valor ecològic d'aquestes i l'atractiu turístic que representen.

Uns 130 metres de l'amplada de la platja, els de la vora del mar, són plans. Allí es situen els banyistes o qui vulgui visitar la platja. La resta de la platja està ocupada per les dunes i per a travessar-les hi ha unes passarel·les de fusta, de manera que la gent no les trepitja.

L'orientació d'aquesta platja també facilita la formació de sistemes dunars, ja que hi ha un vent predominant provinent del mar, el mestral (NO) i el tramuntana (N), que aporta sorra a les dunes.

Les dunes de la Platja de Riumar són fixes amb vegetació, amb una alta presència de berró (*Ammophila arenaria*), bardana (*Xanthium echinatum*) i de tamariu (*Tamarix boveana*).

Imatges de dunes:



Fig 26.

Font: Elaboració pròpia.



Fig 27.



Fig 28.



Fig 29.

Font: Elaboració pròpia.



Fig 30.

Font: Elaboració pròpia.

4.5.2. Platges on interessa crear sistemes dunars

4.5.2.1. Barra del Trabucador

La Barra del Trabucador uneix la Punta de la Banya, o dels Alfacs, amb la resta del Delta.

Es troba a l'hemidelta sud, en una zona de regressió de la línia de costa, concretament retrocedeix la part externa del trabucador, mentre que la part interna creix i fa que la barra es desplaci cap a la badia, tendint al tancament d'aquesta.



Fig 31: Ortofotos 2019 de la Punta de la Banya (esquerra) i la zona del Delta on està situada (dreta).

Font: ICGC

Té una llargada de 6 km i l'alçada arribava en algun punt fins a 2 metres. El 2019 era una barra d'uns 150 metres d'amplada aproximadament, quan el 1945 mesurava uns 250 metres. Actualment, des de la tempesta Glòria, s'ha trencat múltiples cops a diverses zones, afectant a 4,6 km de la barra. Per a mantenir l'accés a la Punta de la Banya, que havia quedat aïllada, es va crear un camí reposant 350 000 metres cúbics de sorra. És una restauració parcial de la barra i s'espera que la dinàmica natural la regeneri per complet. Aquestes obres van finalitzar l'agost del 2020, però a dia 9 de gener de 2021 torna a estar oberta pels temporals d'aquesta tardor-hivern.

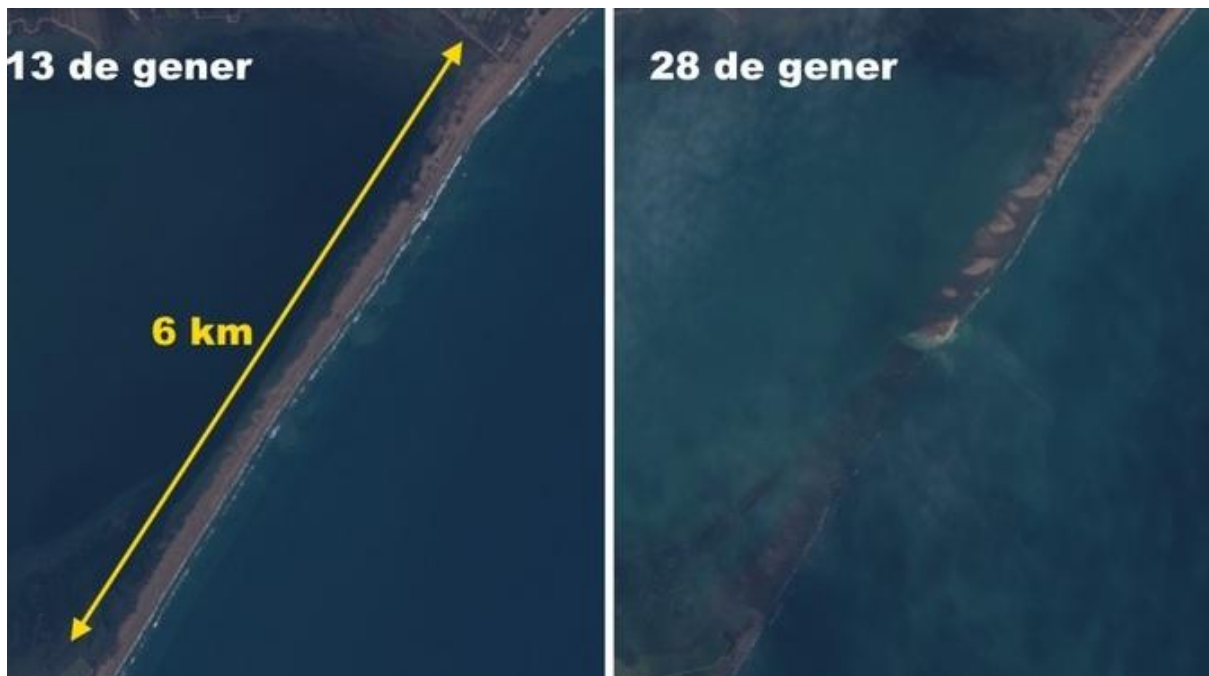


Fig 32: Imatges de la Barra del Trabucador abans (esquerra) i després (dreta) de la tempesta Glòria, que va ocórrer entre el 20 i el 23 de gener del 2020.

Font: La desaparició de la Barra del Trabucador a vista de satèl·lit, article de Néstor Gómez a TV3.

Tot i que de vegades es considera el Trabucador com una de les zones del Delta amb dunes, aquestes són el residu de la barrera artificial creada a principis dels anys 90, amb resultats poc satisfactoris, probablement la causa sigui que no es deixa retrocedir la barra i, per tant, s'estreix. A partir de 2004 es va corregir aquest pla, dipositant sediments a la part interna de la platja i deixant que aquests fossin redistribuïts pel vent predominant, el NO.

Hi ha algunes zones amb vegetació halòfila i psammòfila i fragments de barrera artificial, però en general és una platja molt plana, amb mar a ambdós costats.

Tot i que estigui prohibit l'accés de vehicles més enllà de l'inici de la barra (exceptuant permisos especials com el de les salines), cada any el Trabucador és transitat en tota la seva extensió pels vehicles dels usuaris.

4.5.2.2. Platja de la Marquesa

La Platja de la Marquesa està situada a continuació del Fangar: limita al nord amb el Restaurant Vascos i al sud amb l'Estació de Bombeig del Pal, la qual ajuda a drenar l'aigua de reg dels arrossars, que té dificultats en desaiguar per estar a nivell del mar. És una platja d'1 km de llargada i l'amplada augmenta de nord a sud, de 50 a 100 metres.



Fig 33: Ortofotos 2019 de la Platja de la Marquesa (esquerra) i la zona del Delta on està situada (dreta).

Font: ICGC

Forma part de la costa en regressió i la mitjana dels últims anys és que cada any s'inunden 3 metres, especialment durant les llevantades. Per tal d'evitar que aquesta regressió afecti els arrossars de darrera la platja, hi ha una barrera artificial de sorra d'aproximadament 1'5 metres, que fa la platja cada cop més estreta, al no poder retrocedir de manera equitativa per tenir els arrossars al darrera.

Aquesta regressió existeix des del segle XVIII, quan es va desviar artificialment el curs del riu a l'altura de la Cava i la desembocadura, que estava situada a la Platja de la Marquesa, va passar a estar situada al lloc actual. Des de llavors, els sediments es van acumular a la nova desembocadura i, independentment de l'existència d'aquests, la zona de la Marquesa va iniciar el seu retrocés.

Al Restaurant Vascos es va construir un dic amb pedra d'escullera per tal de mantenir-lo emergit, actualment sobresurt de la línia de costa, ja que aquesta ha seguit retrocedint.

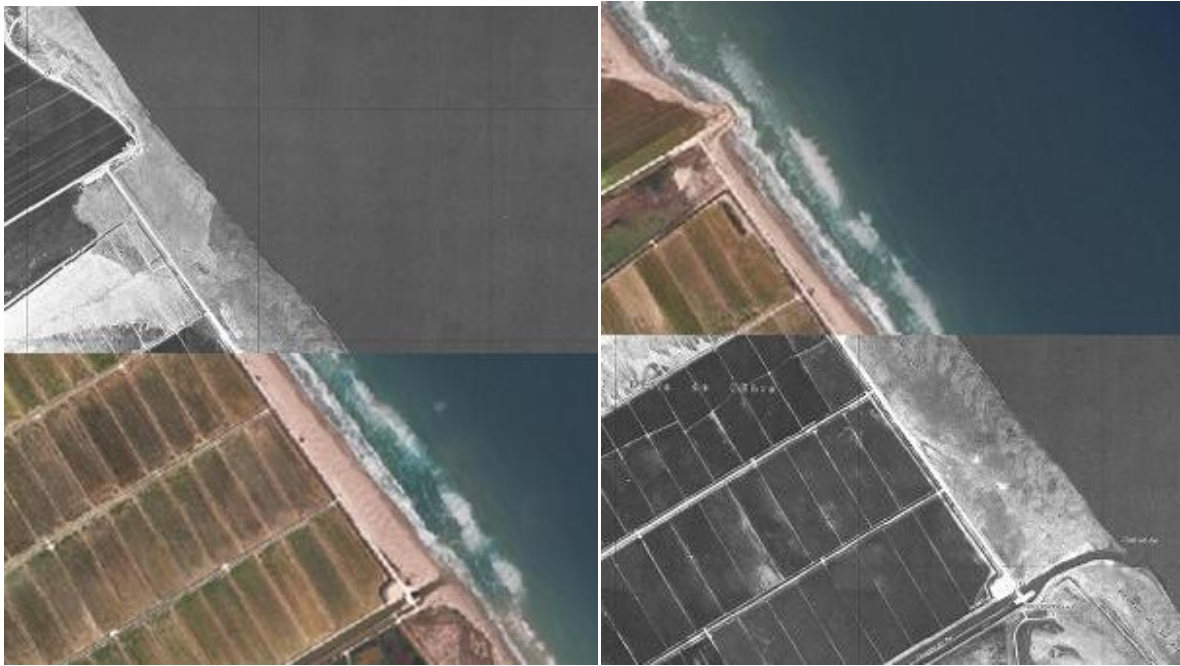


Fig 34: Comparació de la Platja de la Marquesa entre el 1983 (imatge en blanc i negre) i el 2019 (imatge a color)

Font: ICGC

4.5.2.3. Illa de Buda

L'Illa de Buda és un dels espais més característics del Delta. Es tracta d'una illa que limita amb dos braços de riu, al Gola de Llevant, que la separa de l'Illa de Sant Antoni, i la Gola de Migjorn, el braç secundari que normalment no arriba fins al mar. És un espai molt important per la seva biodiversitat i el fet que l'accés sigui restringit per ser en part una propietat privada i en part Parc Natural, a excepció de la Romeria de Sant Pere que es pot visitar, havent-se preservat molt millor que altres zones del Delta.

L'illa consta de dues llacunes: el Calaix Gran i el Calaix de Mar.

La platja de l'Illa de Buda mesura uns 4 km aproximadament i té una amplada que augmenta de nord a sud, de 100 a 350 metres aproximadament.



Fig 35: Ortofotos 2019 de l'Illa de Buda (esquerra) i la zona del Delta on està situada (dreta).

Font: ICGC

Entrant per la Gola de Migjorn hi ha una platja enorme amb molta vegetació i petites dunes d'uns 30 cm d'alçada fixes amb vegetació. Més avant n'hi ha que arriben als 50 cm. Més endavant, la vegetació disminueix fins que gairebé no n'hi ha, tot i que es mantenen algunes petites dunes amb un poc de vegetació, les quals es formen gràcies als vents del sud (migjorn (S), garbí (SSE) i xaloc (SE)) que predominen a l'estiu.

En arribar a la part estreta de la platja, que separa els calaixos de la mar, hi ha una barrera artificial que, en alguns punts, és l'únic que permet que es pugui passar, degut als trencaments dels últims anys. Està situada a la vora del calaix. A la frontera amb l'Illa de Sant Antoni torna a haver-hi petites dunes amb vegetació.



Fig 36: Imatge de la barrera artificial, separació entre el calaix (esquerra) i la mar (dreta).

Elaboració pròpia.

La regressió a l'Illa de Buda és especialment pronunciada: la platja retrocedeix 17 metres cada any i s'agreuja amb els temporals; el 2017 va retrocedir 150 metres la línia de costa de Buda i el 2020, amb el Glòria, gairebé es va trencar la platja que separa els calaixos del mar.



Fig 37: Comparació de la platja de l'Illa de Buda entre el 1990 (imatge en blanc i negre) i el 2019 (imatge a color)

Font: ICGC

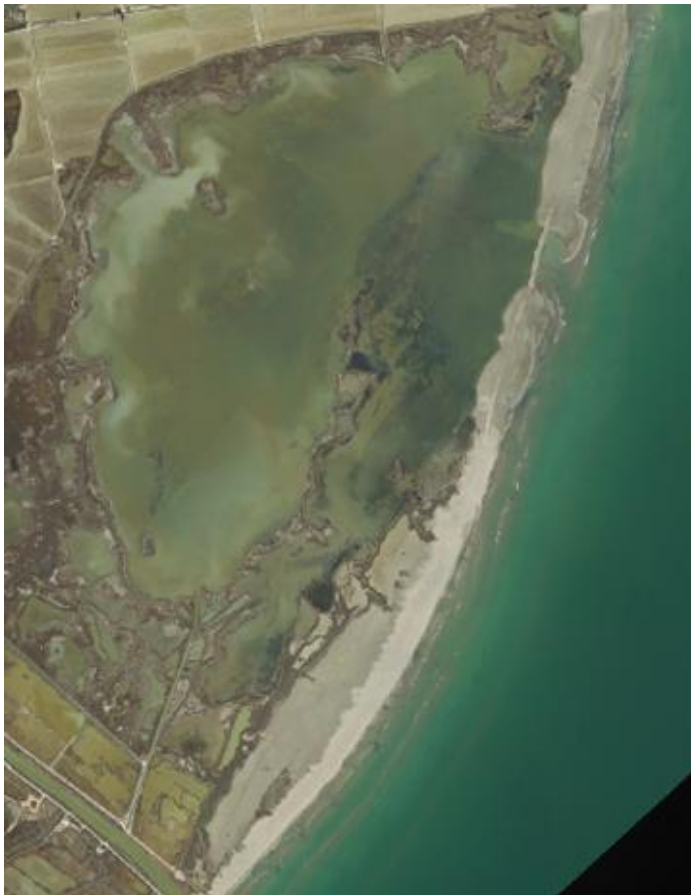


Fig 38: Ortofoto del 21 de febrer de 2020 on es veu l'estat de la platja de Buda després del Glòria.

Font: ICGC

Imatges de la platja:



Fig 39.



Fig 40.



Fig 41.

Font: Elaboració pròpia.



Fig 42.



Fig 43.



Fig 44.

Font: Elaboració pròpia.



Fig 45.



Fig 46.



Fig 47.

Font: Elaboració pròpia.

4.5.2.4. Illa de Sant Antoni

L'Illa de Sant Antoni està situada a la desembocadura de l'Ebre. Té forma triangular i actualment la seva superfície és d'uns 380 000 metres quadrats. Es troba en una zona costera en erosió.



Fig 48: Ortofotos 2019 de l'Illa de Sant Antoni (esquerra) i la zona del Delta on està situada (dreta).

Font: ICGC

Aproximadament a 15 metres de l'aigua hi ha algunes dunes fixes de menys d'un metre, amb una important presència de tamarius (*Tamarix boveana*) i barrella punxosa (*Salsola kali*). Més endavant la vegetació s'endarrereix i baixa la quantitat de dunes.



Fig 49: Imatge de les dunes de l'Illa de Sant Antoni.

Font: Fotografia feta per l'autora.

Cada any disminueix la grandària de l'illa, tot i trobar-se a la desembocadura, on arriben pocs sediments del riu, que desemboca a la Gola de Tramuntana. És l'única zona on els sediments podrien compensar l'acció erosiva, i és evident que no és així. El 1983 tenia una superfície de 1,22 km² i ha disminuït 780 000 m².



Fig 50: Evolució de l'illa de Sant Antoni des de 1983 (primera foto) a 2019 (segona foto).

Font: ICGC

Imatges de la platja:



Fig 51.

Font: Elaboració pròpia.



Fig 52.



Fig 53.

Font: Elaboració pròpia.

4.6. Barreres artificials

4.6.1. Descripció

A moltes platges del Delta de l'Ebre s'observa una barrera de sorra i pedra a la part més interior de les mateixes. Aquesta barrera, que també es pot anomenar camí de guarda o *malecò*, acostuma a ser tan llarga com la platja i mesurar aproximadament 1'5 metres d'alçada, depèn de la platja. Estan fetes de sorra amb una alta presència de còdols, i en molts casos hi ha vegetació a sobre.



Fig 54: Barrera artificial de la Platja de la Marquesa.

Font: Elaboració pròpia.



Fig 55: Barrera artificial de l'Illa de Buda.

Font: Elaboració pròpia

Els camins de guarda funcionen a mode de dic poc agressiu. Estan situats a la part interior de la platja i el seu objectiu és que l'aigua del mar, que durant les tempestes s'endinsa a la platja, no travessi més enllà de la barrera. Són una protecció per als camps de cultiu que hi ha darrera les platges o, en el cas de la Barra del Trabucador o l'Illa de Buda, per a protegir l'ecosistema del darrera.

4.6.2. Pros i contres

Aquestes barreres són positives en alguns aspectes, mentre que en altres són problemàtiques.

Per una banda, fan la seva funció de protecció de la part interior a la costa, que en alguns punts és molt necessària. Per exemple, la barrera que hi ha a l'Illa de Buda va ser necessària després del temporal Glòria, ja que es va trencar la barra que separava el mar dels calaixos. Si no s'hagués reparat, l'ecosistema dels calaixos hagués patit greus conseqüències i podria haver desaparegut.

Tot i així, cal tenir en compte altres factors. En una zona erosiva sense cap mur o barrera, la platja (que és la zona d'acció del mar) fa un retrocés paral·lel de la línia de costa i la de la platja, per tant disminueix la superfície emergida però no la superfície de platja. En canvi, en una zona erosiva amb una barrera únicament retrocedeix la línia de costa, de manera que la platja és cada cop més estreta i les conseqüències de les tempestes i l'onatge afecten molt més als cultius de darrera la barrera, que no és capaç de frenar la tempesta i es desfà més fàcilment si és molt forta. Si la barrera es manté, arriba un punt on l'amplada de la platja és la del mur. Una bona opció seria fer retrocedir la barrera cada cert temps, per tal de mantenir una amplada de platja considerable.

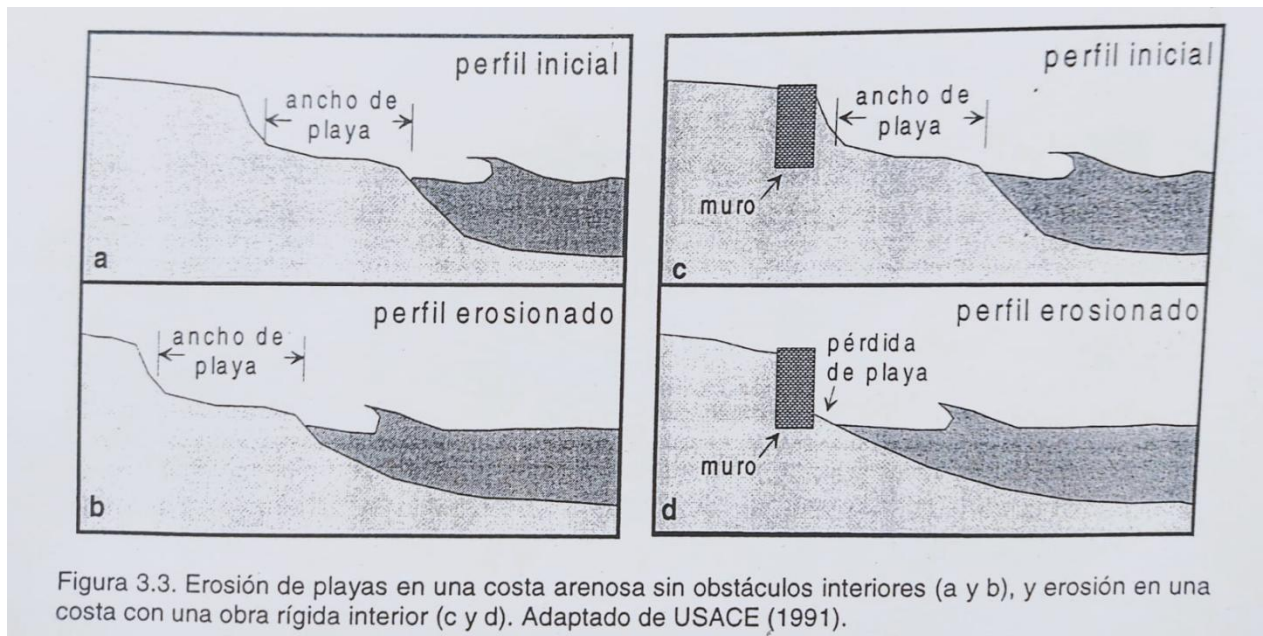


Fig 56: Erosió de la platja sense obstacles interiors (A i B) i erosió amb obstacles interiors (C i D).

Font: UPC-UB 2000

A més, a diferència de les dunes, les barreres no tenen canals interdunars i no absorbeixen tan bé l'energia marina. Aquests canals interdunars són les depressions entre dunes per on passa l'aigua del mar cap a terra o l'aigua de la pluja cap al mar. Les barreres, al no tenir aquests canals no deixen passar l'aigua a través seu i són més susceptibles a trencar-se.

5. La Marquesa: platja a protegir

5.1. Motius de l'elecció

La Marquesa és una de les quatre platges on la Taula de Consens proposa la fixació de dunes com a mesura contra l'erosió costanera provocada per les tempestes, especialment les llevantades.

Després d'observar-les totes (la Marquesa, el Trabucador, Buda i Sant Antoni) i buscar informació sobre elles he decidit centrar-me en crear un projecte de restauració de dunes fixes a una d'elles.

La Platja de la Marquesa apareix en la cartografia de Maldonado, el 1972, com una de les zones de dunes més importants del Delta de l'Ebre, juntament amb el Fangar, la Punta dels Alfacs, les dunes de Riumar o l'Illa de Sant Antoni. Tenint en compte que històricament ja han hagut dunes en aquell substrat, la creació de dunes consisteix en una restauració d'aquestes en el sentit de dunes, tot i que originalment foren dunes mòbils.

Segons Ramon Ferré, que ha treballat en projectes de restauració de sistemes dunars a Torredembarra, el substrat és la base del 70% de l'èxit d'una restauració o creació d'un ecosistema, en les seves paraules "si en aquest substrat històricament hi havia hagut dunes, és probable que aquest substrat sigui el millor perquè es recuperin dunes".

Dins aquesta categoria també es pot incloure la platja de l'Illa de Sant Antoni, per exemple, però l'accés està molt restringit, igual que a l'Illa de Buda i també al trabucador degut a les obres per restaurar la barra després de la tempesta Glòria. A més, Buda i el Trabucador es troben a l'hemidelta sud, on la formació de dunes és molt reduïda ja que el vent predominant durant l'hivern travessa la costa perpendicularment, emportant-se l'arena directament cap al mar. Tot i així, s'ha observat en aquest treball de recerca que durant l'hivern les dunes fixes de la Platja del Serrallo han aguantat bé sense tenir aportació d'arena des del salobrar de la part més interior, ja que des dels temporals d'aquesta tardor està completament inundat d'aigua.

5.2. Descripció

5.2.1. Història

La Platja de la Marquesa és una zona històricament important del Delta, ja que era on estava situada l'antiga desembocadura fins al segle XVIII, quan es va desviar el curs del riu prop de La Cava per protegir una propietat privada. Des de llavors, va canviar notablement la morfologia del Delta, que va començar a créixer pel lòbul actual.

El Restaurant Vascos es va crear fa uns 50 anys, quan hi havia uns 100 metres de platja per davant. Actualment es troba gairebé envoltat d'aigua i es manté gràcies a un dic de contenció. Les germanes Otamendi, propietàries del restaurant, expliquen el següent a una entrevista de La Vanguardia:

“Para llegar a primera línea de mar aún faltaba lo más bonito, cruzar unas magníficas dunas de arena. Mucho más espectaculares que las pocas que siguen cambiando su forma con el viento camino del Faro del Fangar. [...] muchos aprovechaban la privacidad de las inmensas dunas para tomar el sol sin bañador lejos de miradas curiosas.”

Aquest i altres testimonis indiquen la presència de dunes a la Platja de la Marquesa fins no fa tants anys. Avui en dia, gairebé han desaparegut, tot i que segons l'època de l'any es poden veure dunes mòbils o petites dunes fixes.



Fig 57: Cartografia MTN50 de final del segle XIX.

Font: Institut Geogràfic Nacional



Fig 58: Vol CEFTA per a la CHE 1927.

Font: Confederació Hidrogràfica de l'Ebre.



Fig 59: Fotografia del Vol Americà Sèrie B (USAF) de 1956-57 on s'observa l'evolució de la Platja de la Marquesa, la Bassa del Pal i on s'observen dunes vora el mar en direcció paral·lela a la costa.

Font: Institut Geogràfic Nacional.

5.2.2. Geografia

La Platja de la Marquesa es troba a l'hemidelta nord i limita amb la Platja del Fangar (al Restaurant Vascos) i amb l'Estació de Bombeig del Pal i la Platja de la Bassa de l'Arena. Pertany al terme municipal de Deltebre.

Al límit nord, on hi ha el restaurant, hi ha un terreny que no ha retrocedit ja que hi ha un dic de pedra d'escullera, però el seu voltant és precisament la zona més erosionada a banda i banda.

Mesura aproximadament un quilòmetre de llargada i té una superfície d'uns 72 000 metres quadrats. La seva amplada augmenta de nord a sud de 50 a 100 metres.

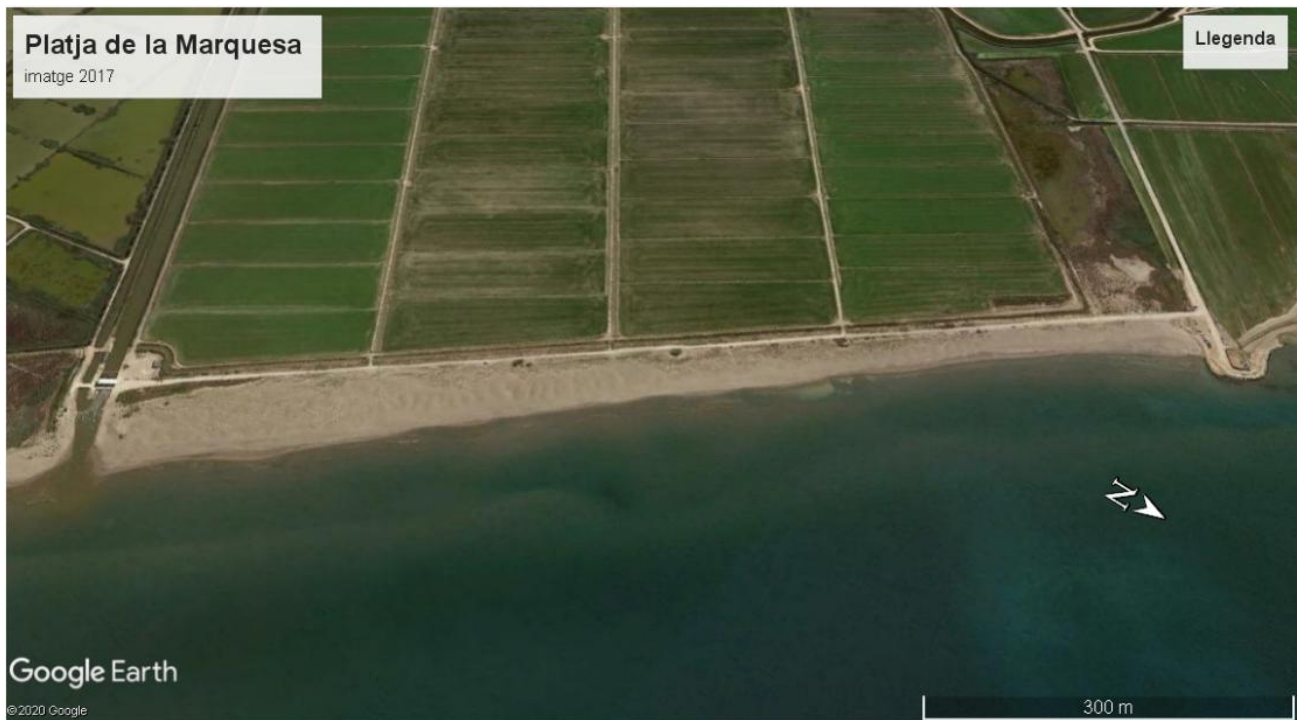


Fig 60: Imatge de la Platja de la Marquesa des del mar el 2017.

Font: Google Earth

5.2.3. Geologia

La Platja de la Marquesa, com la resta del Delta, té origen en els sediments que el riu Ebre ha anat dipositant a la seva desembocadura, especialment durant el temps en què aquesta estava situada a la Marquesa.

El fet que la desembocadura fos desplaçada va frenar el creixement de la zona i va quedar dominada per l'onatge que, juntament amb les corrents marines, tendeix a endur-se la sorra cap al final de les Puntes del Fangar i de la Banya.

L'erosió d'aquesta platja és un procés natural però agressiu, especialment perquè no permetem que el territori s'adapti a la nova situació. En els últims 40 anys, la línia de costa a la Platja de la Marquesa ha retrocedit uns 100 metres, però els arrossars es mantenen a la mateixa posició. Per tant, la platja no té l'oportunitat d'adaptar-se a aquest canvi, i els arrossars estan cada cop més exposats a l'onatge i les tempestes. Actualment es calcula que la platja recula aproximadament 3 metres a l'any.



Fig 61: Comparació d'ortofotos del 1983 (dalt) i 2019 (baix). S'observa el retrocés de la platja i com els arrossars s'han mantingut al mateix lloc.

Font: ICGC

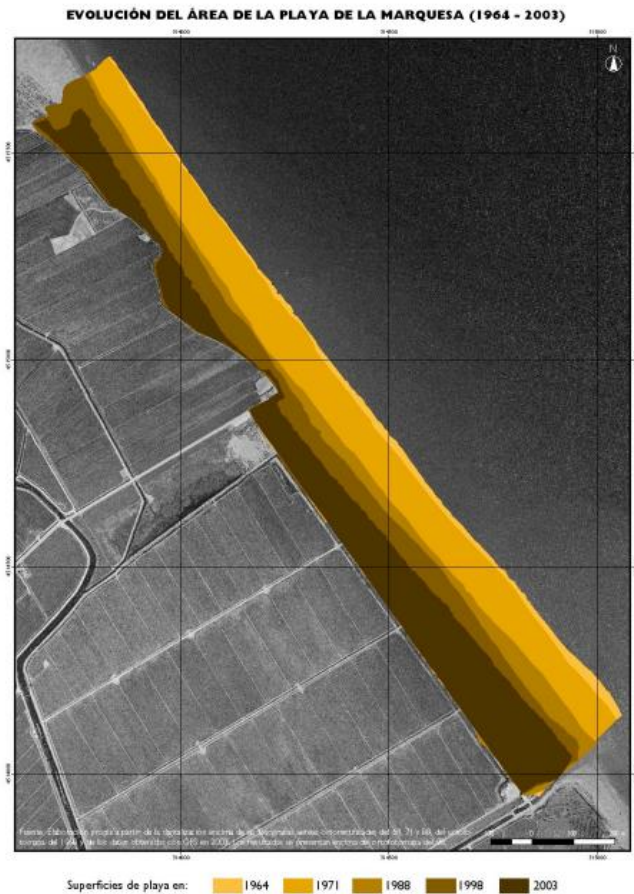


Fig 62: Evolució de la costa de la Platja de la Marquesa entre 1964 i 2003

Font: Evolución de la línea costera. Procesos de erosión y progradación del litoral catalán. El caso de la playa de la Marquesa (Delta del Ebro) y la cala de Sa Riera (Cap de Begur). ANNA CROUS I BOU, DIEGO VARGA I LINDE, JOSEP PINTÓ I FUSALBA

Tot i la desaparició gairebé total de les dunes a la Platja de la Marquesa, durant els mesos d'hivern, quan no hi ha turisme, es poden observar petites dunes mòbils i algunes dunes mòbils a continuació de la guarda.



Fig 63: Imatges del 25 d'octubre del 2020. S'observa que es formen algunes dunes.

Font: Elaboració pròpia

5.2.4. Clima

A la Platja de la Marquesa, com a la resta del Delta, hi ha un clima mediterrani. La proximitat al mar fa que les temperatures siguin moderades tot l'any i la humitat elevada, d'un 70 %. La mitjana de precipitacions anuals és de 500-550 mm.

Els vents més importants a la zona són el mestral, la tramuntana, el llevant i els vents del sud.

El mestral és el vent del NO, és fort i sec i predomina de novembre a abril.

La tramuntana és el vent del N, pot arribar als 100 km/h.

El llevant és el vent que bufa de l'E, sol portar pluja, les llevantades, i ocasionar destrosses a la línia de costes per la seva gran intensitat, tot i que durí poc. Les llevantades són tempestes que tenen lloc quan bufa aquest vent i produeixen inundacions i deteriorament de la costa. A més del vent de llevant, hi ha un temporal de mar, amb ones que poden arribar als 8 o 9 metres, i pluja en abundància. No n'hi ha moltes, normalment un cop a l'any, tot i que en poden haver més o menys, però són destacables ja que una part important de l'erosió costanera es produeix durant aquestes o altres tempestes, no de manera progressiva durant l'any.

Els vents del sud són el migjorn, del S, el garbí, SSE, i el xaloc, SE. Bufen a velocitats baixes durant tot l'any, però són predominants durant la primavera i l'estiu.

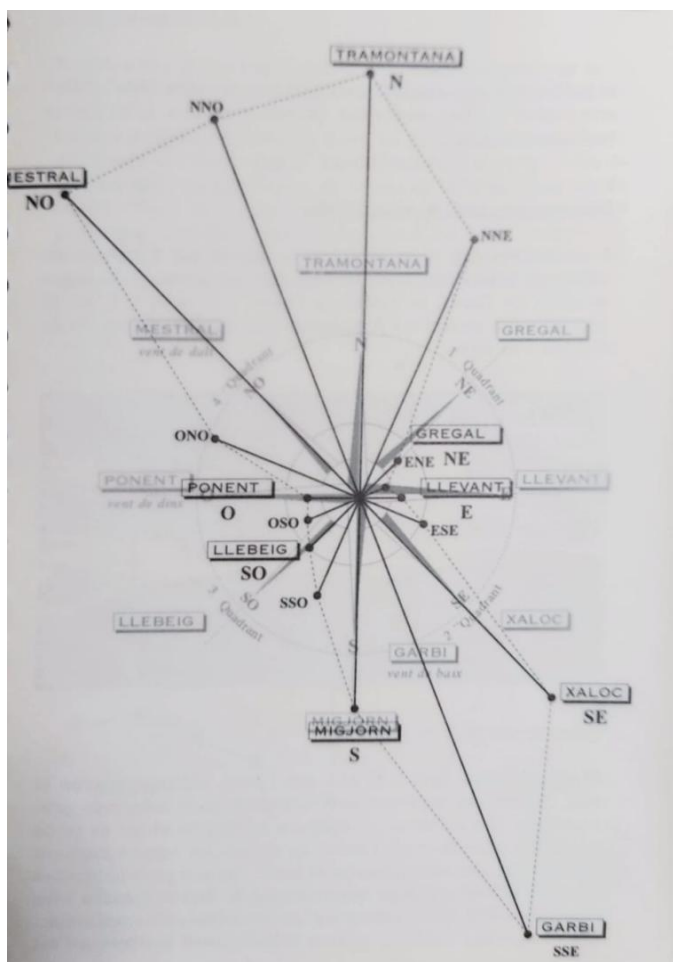


Fig 64: Rosa dels vents del Delta de l'Ebre
Font: Parc Natural Delta de l'Ebre

5.2.5. Vegetació

Catàleg florístic de la vegetació observada a la Platja de la Marquesa a l'agost i a l'octubre de 2020. Totes les fotografies d'aquest apartat són d'elaboració pròpia.

Herbari digital

10/08/2020

- BARRELLA PUNXOSA (*Salsola kali*): herba espinosa de color verd. Les fulles són rígides, suculentas i acaben en una espina. Quan la planta mor, se'n troben les restes seques.



Fig 65.

- BORRÓ (*Ammophila arenaria*): és una gramínia que té un paper molt important en la formació de dunes i fixació d'arena. Les seves tiges són robustes i poden fer mates de fins un metre i mig d'alçada.



Fig 66.



Fig 67.

- SALAT PORTULACOIDE (*Atriplex portulacoides*): arbust molt ramificat, amb les fulles blanquinoses i lanceolades. Viu generalment als salobrans.



Fig 68.

- SALICÒRNIA (*Salicornia patula*): planta erecta i ramificada amb la tija articulada que pot agafar tonalitats porpra. Viu en sòls salins i secs a l'estiu.



Fig 69.



Fig 70.

- CANYA (*Arundo donax*): aquesta canya és originària de l'Àsia, però va ser introduïda a la nostra zona i es troba a zones humides.



Fig 71.

- LLIRI DE MAR (*Pancretium maritimum*): aquesta planta té unes fulles allargades i verdes. És característica per les seves grans flors blanques, que s'obren un sol dia; quan surten, les fulles ja estan seques i no surten de nou fins a la tardor.



Fig 72.



Fig 73: Imatge d'un lliri de mar en flor a la Platja del Serrallo (09/08/2020)

- BARDANA (*Xanthium echinatum*): aquesta espècie va ser introduïda d'Amèrica. Té unes fulles amples de color verd clar i uns capítols recoberts d'agullons.



Fig 74.



Fig 75: Imatge de la bardana a la Platja de Riumar (03/10/2020)

25/10/2020

Imatges del paisatge vegetal:



Fig 76.



Fig 77.

- TAMARIU (*Tamarix boveana*): arbre de mida petita que viu a les dunes i tolera bé els sòls salins.



Fig 78.

- MELGÓ MARÍ (*Medicago marina*): viu a sorralis marítims i dunes. Està cobert per una densa i llarga pilositat.



Fig 79.

- MELGÓ LITORAL (*Medicago littoralis*): herba ramificada. Les fulles són trifoliades i les flors grogues. Viu als sorrals litorals i a les vores dels camins.



Fig 80.

- CANYAMETES (*Suaeda maritima*): planta suculenta i molt ramificada. Les tiges són de color verd a vermell.



Fig 81.

- SALAT PORTULACOIDE (*Atriplex portulacoides*): arbust molt ramificat, amb les fulles blanquinoses i lanceolades. Viu generalment als salobrars.



Fig 82.

- BORRÓ (*Ammophila arenaria*): és una gramínia que té un paper molt important en la formació de dunes i fixació d'arena. Les seves tiges són robustes i poden fer mates de fins un metre i mig d'alçada.



Fig 83.

- BARRELLA PUNXOSA (*Salsola kali*): herba espinosa de color verd. Les fulles són rígides, succulentes i acaben en una espina. Quan la planta mor, se'n troben les restes seques.



Fig 84.



Fig 85.

- RAVE DE MAR (*Cakile maritima*): herba que colonitza zones costaneres degradades. Les seves fulles són lluent, carnosos i dividides, i les flors violetes.



Fig 86.

5.3. Actuacions contra la regressió

El frontal costaner de l'hemidelta nord, on es troba la Platja de la Marquesa, és una de les zones més fràgils del Delta, ja que les platges s'han anat estretint els últims anys fins al punt que són molt vulnerables a les tempestes.

Per aquest motiu es va construir un camí de guarda a tota la platja, que s'ha desfet diversos cops amb les llevantades i s'ha hagut d'arreglar.

Seguint el Pla de Protecció del Delta de l'Ebre que es va presentar a finals del 2020, es preveu per a 2021 dragar sorra del final de la Punta del Fangar i la Punta de la Banya, on s'acumula, per a resituar-la a les zones erosives, com la Platja de la Marquesa, i evitar les conseqüències d'aquesta erosió.

Aquest pla preveu, a mig i llarg termini, ampliar l'amplada de la platja fins a 500 metres per tal que hi hagi una zona d'acomodació que dissipï l'energia de les llevantades d'alta intensitat. Aquesta ampliació contempla l'aparició de vegetació que faci més resistent la platja. Aquestes i altres accions ja s'havien proposat l'any 2000 al Ministeri de Medi Ambient⁴, sense haver-se arribat a realitzar a data d'avui.

⁴ Jiménez et al., 2000

6. Creació d'un sistema dunar fixat amb vegetació

6.1. Objectiu

L'objectiu d'aquest projecte és planificar la formació de dunes a una de les platges del Delta: La Marquesa. Per tal de no provocar nous problemes a la platja, tot respectant el procés natural de formació de dunes, aquestes s'hauran de fixar amb vegetació, de manera que puguin ser beneficioses per a la platja per diversos motius.

En primer lloc, permet fer aquesta platja més resistent a l'erosió costanera que la fa retrocedir, ja que són molt beneficioses en una llevantada i són un dipòsit de sorra que la platja utilitza per a recuperar-se.

El segon motiu és que les dunes mitiguen la força de les onades al passar pels canals interdunars i ajuden a que no es destrossi el que tenen al darrere.

Per una altra banda, les dunes tenen un ecosistema únic molt amenaçat per la seva desaparició arreu de la costa. El Delta de l'Ebre té el sistema dunar més extens i més ben conservat de Catalunya i, tot i així, no deixa de disminuir i només subsisteix en bon estat a unes poques platges, mentre que a altres com La Marquesa en queda únicament el rastre. Amb la recreació d'un sistema dunar es contribueix a l'augment i la protecció d'aquesta formació geològica i el seu ecosistema.

Per últim, aquest projecte suposa la restauració d'un sistema que vam danyar amb l'ocupació de la platja i que segurament seguiria existint de no ser per l'acció humana, tot i que passaríem de dunes mòbils a fixes.

6.2. Estudi de Torredembarra

El Grup d'Estudi i Protecció dels Ecosistemes Catalans, el GEPEC, va dur a terme un projecte de restauració dunar amb vegetació a la Platja de la Paella, una platja urbana de Torredembarra.

Aquesta platja medeix uns 800 metres de llargada i uns 170 d'amplada.

Entre el 2012 i el 2018 es van realitzar tres experiments de restauració de la vegetació dunar per a la formació de dunes.

El primer experiment es va dur a terme el 2012 i es va utilitzar una parcel·la de sorra de 3 200 metres quadrats.

En aquest primer experiment es va provar la restauració dunar seguint el mètode exposat al *Manual de restauración de dunas costeras* del Ministeri de Medi Ambient d'Espanya. Es va acumular sorra de la pròpia platja i es va plantar vegetació dunar provinent de vivers i de dunes naturals pròximes. L'èxit de supervivència va ser d'un 70% en ambdós casos, per tant es va demostrar que els dos orígens eren igual de vàlids.

El 2015 es va dur a terme el segon experiment a una superfície de 3 500 metres quadrats.

S'havia observat a diverses platges que les restes de fanerògames marines, plantes que creixen al talús i ajuden a reforçar-lo de l'acció erosiva del mar, com la *Cymodea nodosa*, eren beneficioses per a la platja. En acumular-se a la platja absorbeixen una part de l'energia de l'onatge i en enterrar-se enforteixen i structuren el substrat que és ell mateix dèbil, i a les zones allunyades del mar afavoreixen la formació de dunes.

Amb aquestes dades es va planificar un nou experiment, i el 2015, quan un temporal va portar a la Platja de la Paella una gran quantitat de restes de *Cymodea nodosa*, es van escampar de 18 maneres diferents a petites parcel·les dins de la parcel·la de 3 500 metres quadrats.

La manera com s'havia escampat la cymodea no va tenir gaire influència en l'aparició de vegetació dunar i la formació de dunes, però sí que es va poder observar una diferència important entre el primer experiment i el segon.

Tot i que el segon experiment va començar tres anys més tard, l'any 2019 la parcel·la del segon experiment tenia molta més cobertura vegetal que la del primer.



Fig 87: Platja de la Paella. A la dreta parcel·la del primer experiment i a l'esquerra parcel·la del segon.

Font: Pòster *Fanerógamas marinas como creadoras de dunas*. Ramon Ferré

Aquesta tècnica, restaurar dunes escampant *Cymodea nodosa*, és pionera al món i l'experiment demostra que és molt més efectiva per a augmentar la cobertura vegetal de la platja. A més de ser eficient, és molt més barata, ja que no cal comprar les plantes a un viver.

L'any 2018 es va fer un tercer experiment que va consistir en tancar amb pals i cordes uns 3 000 metres quadrats de platja i evitar qualsevol acció humana en aquella parcel·la, és a dir, permetre que la platja seguís el seu procés natural. Aquest tipus de restauració ja s'havia provat al Prat de Llobregat entre els anys 80's i 90's.

La vegetació va aparèixer a un ritme mitjà entre el primer i el segon experiment i resulta molt més barat.

D'aquestes tres experiències es dedueix que el mètode més efectiu d'aquests tres per a restaurar la vegetació dunar, i les dunes, és escampar *Cymodea nodosa* per la platja, seguit de tancar la platja o una part d'aquesta i, per últim, fer monticles de sorra i plantar vegetació dunar (sigui de viver o de dunes naturals).

6.3. Metodologia

El nostre interès és arribar a la formació de dunes fixes naturals en el menor temps possible, per aquest motiu provarem d'aplicar les conclusions de l'estudi de reconstrucció de dunes de Torredembarra al nostre territori, la Platja de la Marquesa.

El primer pas és fer una recerca de tota la informació que puguem necessitar sobre la Platja de la Marquesa. Per a fer-ho s'ha realitzat un treball de camp, consistent en anar al lloc, un treball digital amb mapes aeris de la platja, i un treball de recerca bibliogràfica per a trobar les dades que puguem necessitar.

Després, basant-nos en els estudis esmentats, redactarem un pla precís però no rígid de crear aquest sistema dunar, de tal manera que encara que la pràctica no es correspongui totalment amb el pla, també es pugui dur a terme.

Per últim, proposarem quins són els resultats previstos en cada fase de la restauració, mitjançant models visuals teòrics.

6.3.1. Recollida d'informació

A) AFLUÈNCIA D'USUARIS

L'efecte dels humans a les dunes en trepitjar-les a elles i a la vegetació és molt negatiu. Al freqüentar el pas per sobre les dunes, aquestes es fragmenten i s'afavoreix l'acció erosiva del vent. Els motius per a passar per sobre les dunes poden ser per accedir a la platja o per curiositat de veure-les de prop.

A l'hora de decidir quina actuació fer en una platja, és interessant saber en quina mesura aquesta platja és freqüentada per banyistes. Segons l'Ajuntament de Deltebre, té una aflluència d'usuaris mitjana durant l'estiu, considerant elevada l'aflluència de la Platja de Riumar i baixa la de la Platja Bassa de l'Arena.

Per a comprovar-ho, es va fer un recompte de persones en hora punta l'11 de setembre, festiu, i el 13 de setembre de 2020, diumenge. Considerem l'11/09 un dia de màxima afluència, ja que l'aparcament era totalment ple i a tot el camí fins al Desaiqüe del Trastellador hi havia una filera de cotxes.



Fig 88.



Fig 89.

Imatge del camí d'accés a la Platja de la Marquesa i la Punta del Fangar ple de cotxes l'11 de setembre (dalt). Zona ocupada per cotxes aparcats l'11 de setembre (baix).

Font: Fotografia feta per l'autora (dalt). Modificat de l'ICGC (baix).

Com els cotxes que van al Fangar aparquen al mateix lloc que els que van a La Marquesa, la platja no estava tan ocupada com es podria imaginar.

L'11/09 entre les 11:30 i les 12:30 hores hi havia 131 persones a la Platja de la Marquesa.

El 13/09 sobre les 14:00 hores hi havia 116 persones a la Platja de la Marquesa.

A diferència d'altres platges, on tothom es situa vora el mar, hi havia gent estenent la tovallola a uns 10-15 metres del mar, altres a 30 metres i uns pocs més endins.

Les activitats més destacades dels usuaris són: banyar-se (estiu) i pescar.



Fig 90: Esquema de les entrades a la platja. Entrada principal (roig), entrada secundària (taronja) i entrades informals a través de la barrera (groc).

Font: Modificat de Google Earth.

Per tal de demostrar que el pas de la gent desfà les dues hi ha l'exemple de la Platja del Serrallo. Tot i no tenir màquines netejant-la a l'estiu, en temporada alta, era totalment plana tret de les dunes fixes que hi ha a l'inici del salobrar, mentre que al desembre, temporada baixa, hi havia dunes mòbils, amb un vent menys favorable que el de l'estiu per a la formació de dunes. El més probable és que durant els mesos de més afluència de gent es trepitgen les dunes i desapareixen fins que la gent marxa, de manera que no es poden arribar a fixar, perquè la vegetació necessita un temps per créixer.



Fig 91: Imatge dunes mòbils a la Platja del Serrallo, dia 4 de gener.

Font: Imatge feta per l'autora.

B) NETEJA DE LA PLATJA

Les platges amb una important aflluència de gent necessiten un manteniment i una neteja constants per tal de tenir unes condicions òptimes per als usuaris. El problema és que les màquines encarregades d'aquesta neteja eliminen la vegetació, les llavors que podien haver-hi, els nutrients provinents del mar i inutilitzen l'acció del vent per crear dunes.

L'Ajuntament de Deltebre contracta una empresa per a la neteja i manteniment de les platges, els seus accessos i els aparcaments.

El calendari de neteja depèn de l'època de l'any, dividit de la següent manera:

- Temporada baixa: de l'1/01 al 31/04 i de l'1/11 al 31/12
- Temporada mitjana: de l'01/05 al 15/06 i del 16/09 al 31/10
- Temporada alta: del 16/06 al 15/09
- Setmana Santa: els 7 dies anteriors i els 6 posteriors al dilluns de Pasqua, així com aquest mateix dia tindran la consideració de temporada mitjana.

Durant la temporada alta la platja es neteja diàriament. Durant la temporada mitjana es neteja 4 dies a la setmana, un d'ells en dissabte. I durant la temporada baixa es neteja 1 dia cada 2 setmanes.



Fig 92: Imatge de les roderes deixades al netejar la Platja de la Marquesa l'11 de setembre de 2020.

Font: Fotografia feta per l'autora

Operacions generals (diàries):	Temporada alta			Temporada mitjana		
	Platja de Riumar	Platja Bassa de l'Arena	Platja de la Marquesa	Platja de Riumar	Platja Bassa de l'Arena	Platja de la Marquesa
Garbellar la totalitat de la sorra, tenint especial cura de la zona on es col·loquen els banyistes.	X	X	X	X	X	X
Recollir manualment qualsevol residu que no hagi agafat la màquina garbelladora neteja platges.	X	X	X	X	X	X
Recollir qualsevol residu que tregui el mar i quedi dipositat a la sorra (algues, troncs, meduses...).	X	X	X	X	X	X
Netejar escombrant totes les passarel·les, dutxes i rentapeus tant de sorra com de residus.	X	X	X	X	X	X
Rasclar amb rascle les franges amb sorra d'un metre d'amplada a banda i banda de les passarel·les amb la finalitat de recollir residus de petites dimensions tals com burilles, etc.	X			X		
Netejar escombrant els accessos a la platja tant de sorra com de residus.	X	X	X	X	X	X
Rasclar amb rascle les franges amb sorra d'un metre d'amplada a banda i banda de les passarel·les amb la finalitat de recollir residus de petites dimensions tals com burilles, etc.	X			X		
Netejar les zones d'estacionament de vehicles.	X	X	X	X	X	X
Buidar totes les papereres i punts de reciclatge de la platja.	X	X	X	X	X	X
Buidar tots els bidons de la zona d'estacionament de vehicles	X	X	X	X	X	X
Operacions puntuals: 2 cops per setmana (dilluns i divendres)						
Desinfecció de totes les dutxes i rentapeus	X	X	X	X	X	X
Baldejar totes les dutxes i rentapeus.	X	X	X	X	X	X
Baldejar tots els accessos a la platja	X	X	X	X	X	X

Taula 1: Planificació de la neteja de les platges de Deltebre durant la temporada alta i mitjana.

Font: Ajuntament de Deltebre

C) ANÀLISI DE SORRA

Totes les imatges d'aquest apartat són d'elaboració pròpia.

Objectiu:

Analitzar i comparar la mida i la composició dels grans de sorra de tres llocs diferents (una duna fixa de la Punta del Fangar, una duna mòbil de la Punta del Fangar i una petita duna mòbil de la Platja de la Marquesa), per tal d'observar-ne les similituds entre elles i amb estudis científics, així com preveure la probabilitat de que es formin dunes a la Platja de la Marquesa en funció del tipus de sorra.

Material:

- Sorra de la Marquesa, d'una duna fixa de la Punta del Fangar i d'una duna mòbil de la Punta del Fangar
- Forn
- Bàscula
- Vasos de precipitats
- Sedassos
- Plaques de Petri
- Lupa binocular
- Àcid clorhídric
- Càmera fotogràfica

Procediment:

1. Secar l'arena al forn a 80°C fins que s'evapori la humitat. L'arena està en 3 vasos de vidre etiquetats. Un és arena d'una duna mòbil de la Punta del Fangar, l'altre d'una duna fixa de la Punta del Fangar i l'altre de la Platja de la Marquesa.



Fig 93.

2. Mesurar 500 grams de sorra de cada tipus i posar-la en vasos de precipitats.



Fig 94.

3. Passar la sorra pels sedassos tot fent-la vibrar durant 20 minuts. Pesar els grans de cada rang de mides per a calcular els percentatges.



Fig 95.

4. Posar la sorra separada per mides i lloc en plaques de petri i escriure quina és.



Fig 96.

5. Observar els minerals que formen la sorra amb una lupa binocular i mitjançant la reacció química amb l'àcid clorhídric.



Fig 97.

6. Anotar les dades en gràfiques i taules.

Resultats:

Veure Annex 2 per observar la sorra separada per diàmetre i procedència.

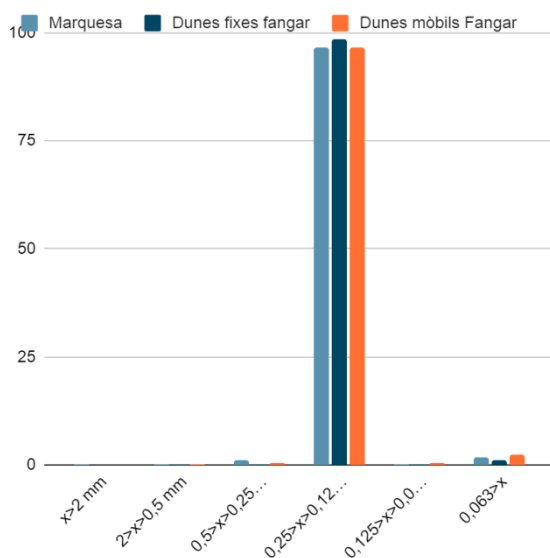
Diàmetre de la sorra

diàmetre de la sorra (x)	Marquesa		Dunes mòbils Fangar		Dunes fixes Fangar	
	grams	%	grams	%	grams	%
$x > 2$ mm	1	0,2	0	0	0	0
$2 > x > 0,5$ mm	0,1	0,02	0,1	0,02	0,3	0,06
$0,5 > x > 0,25$ mm	5,4	1,07	2,1	0,42	0,7	0,142
$0,25 > x > 0,125$ mm	487	96,7	483	96,72	490	98,6
$0,125 > x > 0,063$ mm	1,6	0,317	1,6	0,32	0,1	0,02
$0,063 > x$ mm	8,7	1,73	12,6	2,52	5,9	1,19
Total	503,8	100	499,4	100	497	100

Taula 2: Taula amb el pes i percentatge de grans de sorra segons el diàmetre.

Font: Elaboració pròpia.

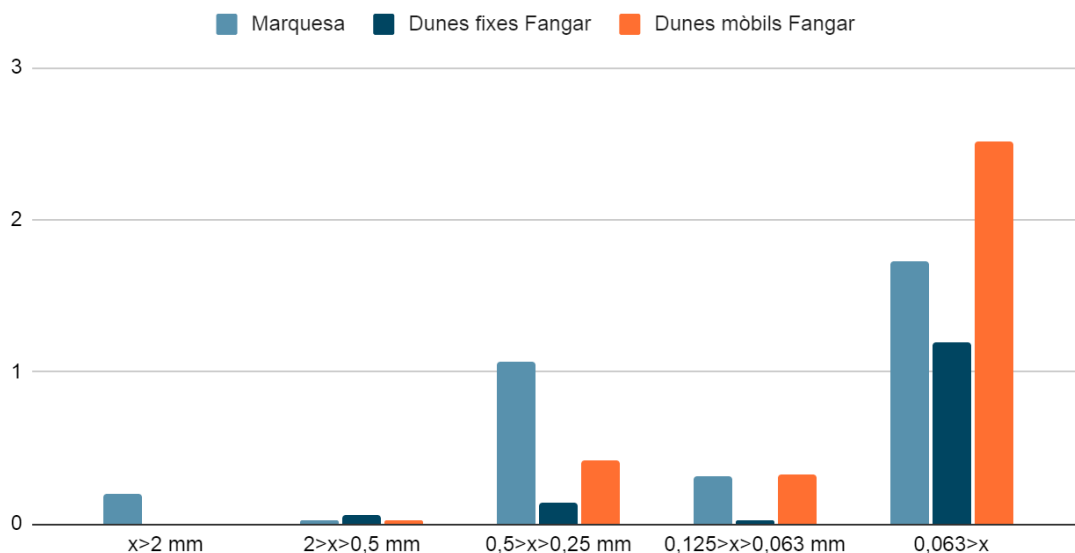
Diàmetre de la sorra (%)



Gràfic 1: Mostra els percentatges de sorra segons el diàmetre.

Font: Elaboració pròpia.

Diàmetre de la sorra (%)



Gràfic 2: Mostra els percentatges de sorra segons el diàmetre sense incloure aquells entre 0,25 i 0,125 mm per tal de poder observar aquesta part del gràfic.

Font: Elaboració pròpia.

Composició de la sorra

Els principals minerals a la sorra són els següents:

1. Quars: grans incolors, semitransparents i de consistència vítria
2. Feldspat: grans mat, de color rosat, blanc o ataronjat
3. Mica biotita: làmines o cristalls negre brillant
4. Carbonat: reacciona i es dissol ràpidament amb un àcid, per exemple l'HCl
5. Bioclasts: són restes orgàniques d'organismes marins

Les imatges de la sorra de la Platja de la Marquesa separada per diàmetres es poden veure aquí: <https://photos.app.goo.gl/tq8ijZXHAKXqbpUU7>



Marquesa	$x > 2$ mm	$2 > x > 0,5$ mm	$0,5 > x > 0,25$ mm	$0,25 > x > 0,125$ mm	$0,125 > x > 0,063$ mm	$0,063 > x$ mm
Quars			x	x	x	x
Feldspat			x	x	x	x
Mica biotita			x	x	x	x
Carbonat			x	x	x	x
Bioclasts	x	x				
Altres		vidre			x	

Taula 3: Composició mineralògica de la sorra de la Platja de la Marquesa.

Font: Elaboració pròpia.

Les imatges de la sorra de les dunes fixes de la Punta del Fangar separada per diàmetres es poden veure aquí: <https://photos.app.goo.gl/BEYrKUj4bMPAMTBu6>



Fangar dunes fixes	$2 > x > 0,5$ mm	$0,5 > x > 0,25$ mm	$0,25 > x > 0,125$ mm	$0,125 > x > 0,063$ mm	$0,063 > x$ mm
Quars		x	x	x	x
Feldspat		x	x	x	x
Mica biotita		x	x	x	x
Carbonat		x	x	x	x
Bioclasts	x	x			
Altres		x	x	x	

Taula 4: Composició mineralògica de la sorra de les dunes fixes de la Punta del Fangar.

Font: Elaboració pròpia

Les imatges de la sorra les dunes mòbils de la Punta del Fangar separada per diàmetres es poden veure aquí: <https://photos.app.goo.gl/FyBJ3SmpuDajkNZW9>



Fangar dunes mòbils	$2 > x > 0,5$ mm	$0,5 > x > 0,25$ mm	$0,25 > x > 0,125$ mm	$0,125 > x > 0,063$ mm	$0,063 > x$ mm
Quars	x	x	x	x	x
Feldspat	x	x	x	x	x
Mica biotita	x	x	x	x	x
Carbonat	x	x	x	x	x
Bioclasts	x			x	
Altres		x	x	x	

Taula 5: Composició mineralògica de la sorra de les dunes mòbils de la Punta del Fangar.

Font: Elaboració pròpia.

Interpretació dels resultats

Al comparar la granulometria d'aquestes tres mostres de sorra, podem observar que el percentatge de sorra que té un diàmetre entre 0,25 i 0,125 mm és la que predomina clarament per sobre de mides majors i menors. Per a la duna fixa representa un 98,6% del total, i per a la Platja de la Marquesa i la duna mòbil de la Punta del Fangar representa un 96,7%, el mateix percentatge per a les dues. La Marquesa i la duna mòbil també coincideixen en altres percentatges, amb molt poca variació. La duna fixa canvia una mica però per molt poca diferència, per tant podem deduir que es tracta de la mateixa sorra a la Punta del Fangar i a la Platja de la Marquesa i que els canvis en el cas de la duna fixa es deuen a que és una formació geològica diferent.

La composició també és molt similar en tots els casos, sense apreciar-se diferències significatives.

Diàmetre Sedàs mm	DUNES		PLATJA		Rereplatja	
	Punta Creueta	Roca Plana	Muntanyans	Torredembarra	Madrigueres	Madrigueres
2	2,3	0,3	0	0	1,1	0,7
1,6	0,3	0,1	0	0	0,5	0,2
1,25	0,3	0,1	0,1	0	1,4	0,3
0,63	0,7	0,2	0,1	0,1	9,9	0,8
0,3	1,9	0,6	3,6	4	31,6	2,9
0,15	63,1	71,3	82	82,7	48,6	70,5
0,08	29,8	27,2	14,1	13,1	6,4	22,8
0,001	1,6	0,2	0,1	0,1	0,5	1,8
% en pes	100	100	100	100	100	100

Taula 6: Diàmetre de la sorra a diferents platges i dunes del Delta del Llobregat.

Font: Carulla & Puigserver, 2001

Amb aquesta taula podem comparar els nostres resultats amb els d'algunes platges amb dunes de la costa daurada. S'observa que la majoria de la sorra de les dunes és de 0,15 mm de diàmetre, amb percentatges entre el 60 i el 80 %. En el nostre cas el percentatge d'aquest diàmetre és més alt, però també és el predominant.

A partir de la comparació de les diferents sorres i amb altres platges, es dedueix que la granulometria de la Platja de la Marquesa és correcta per a la formació de dunes,

ja que és gairebé igual a la de la Punta del Fangar (on hi ha dunes) i semblant a les altres zones amb dunes.

D) HERBARI

L'objectiu d'aquest herbari és conèixer i identificar les principals plantes dunars de La Marquesa, que haurem de conèixer en iniciar la restauració dunar.

Aquest herbari inclou les plantes que es van trobar el 25 d'octubre de 2020, és a dir, la vegetació de la tardor. Per tant, no es representatiu de tota la vegetació dunar a la Platja de la Marquesa. A l'apartat 5.2.5. Vegetació, es pot observar un herbari digital de l'estiu i la tardor. Aquest herbari és una ampliació amb exemplars de vegetació premsada i fitxes completes de cada planta.

Material:

- Tisores de podar
- Bossa
- Cartró
- Paper de diari
- Premsa
- Plastificadora
- Plàstic
- Plàstic adhesiu

Procediment:

1. Es va a la platja de la Marquesa i s'observa la vegetació.
2. Es recull una branqueta de cada exemplar de la vegetació que es pot trobar i es fa una fotografia a la planta sencera.

3. A casa es posen totes les plantes planes entre paper de diari i es col·loquen a baix d'un pes que faci de premsa, per tal d'eliminar la humitat.
4. Els primers dies es canvia el paper diàriament per a evitar que es facin malbé, després serà convenient canviar-lo quan estigui humit, tot i que no tan sovint.
5. Quan les plantes estan totalment seques, es treuen, es preparen per a la seva conservació i es plastifiquen.
6. Per a completar l'herbari, es fa una petita fitxa amb la informació de cada planta.

Herbari: *Veure Annex 3 (volum a banda)*

Versió digital:



E) OBSTACLES A LA SORRA

Per a que es formi una duna, la sorra de la platja ha de ser transportada pel vent i s'ha de dipositar junta en trobar-se amb un obstacle. Tot i que l'obstacle més efectiu és la vegetació psammòfila, o dunar, no és l'única opció. El mar transporta canyes, rames i restes marines que ocasionalment arriben a la platja.

A La Marquesa es poden observar algunes restes, probablement menys de les que arriben, ja que en netejar-la s'eliminen.

Exemples:



Fig 98.



Fig 99.



Fig 100.



Fig 101



Fig 102.



Fig 103.

Imatges d'obstacles a la Platja de la Marquesa.

Font: Elaboració pròpia.

F) APORTACIÓ DE SORRA

Una de les condicions per a la formació de dunes és que hi hagi un vent del mar a la platja que porti sorra almenys una època de l'any.

En el cas de La Marquesa hi ha un vent que compleix aquesta condició, el tramuntana, que arriba en diagonal.



Fig 104: En rosa la direcció del tramuntana sobre el mapa de la Marquesa.

Font: Modificat de ICGC

Tot i així, hi ha un altre vent força interessant, el mestral, vent del NO, ja que ve des del Fangar. Si l'amplada de la platja fos suficient, es podria aprofitar la sorra del Fangar transportada pel mestral per a alimentar les dunes de la Platja de la Marquesa. El transport eòlic net dels sediments del Fangar és en direcció SE i transporta un volum de 23 000 metres cúbics per metre en un període de 10 anys. En un any (2005-2006) es va calcular que la sorra del Fangar es desplaçava una distància de 100 metres cap al SE⁵. La sorra transportada es pot dipositar al mar, pot ser erosionada pel mar si està en una duna o pot acabar als camins i arrossars, d'on s'extreu. Aquesta última és la que arribaria fins a La Marquesa de no ser perquè hi ha trams de fins a 10 metres d'amplada de platja a l'inici de la Punta del Fangar.

⁵ Sánchez García, 2008. *Veure fonts d'informació*

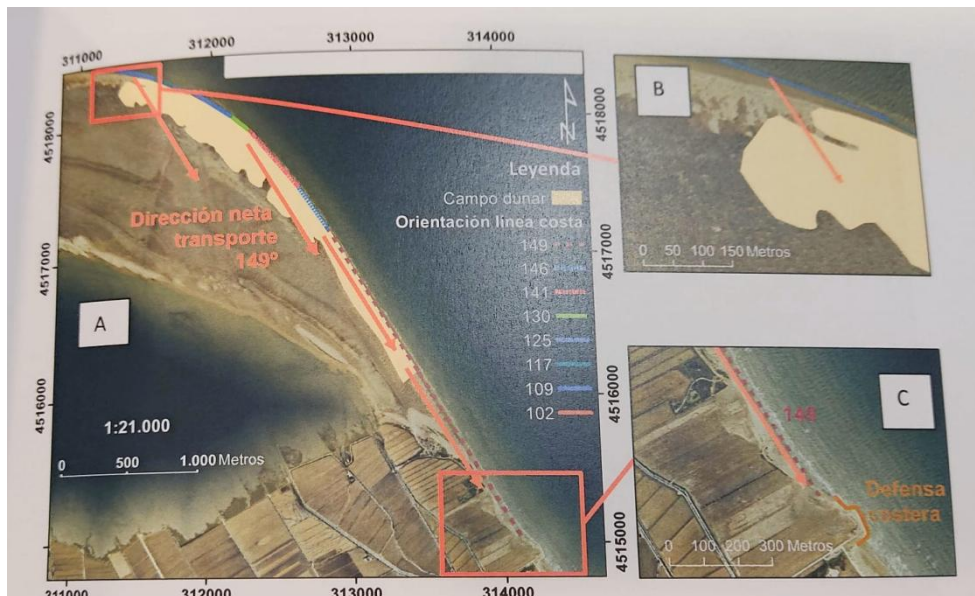


Fig 105: Direcció del transport eòlic net de sediments a la Punta del Fangar entre 1998 i 2007.

Font: García, 2008

G) TEMPS DE FORMACIÓ

Com no hi ha dades concretes del temps que tarden en formar-se els sistemes dunars fixats amb vegetació, es pot utilitzar com a guia l'experiència de la Platja de Torredembarra. Allí les primeres dunes van tardar 2 anys a formar-se, i 7 anys a ser una duna amb totes les comunitats de vegetació dunar (duna grisa).

D'aquí es pot deduir que la vegetació tarda en créixer, però altres experiències al Delta demostren que la formació de dunes mòbils és molt més ràpida. Per exemple, el cas de les dunes mòbils de les Platges del Serrallo i de la Marquesa, que van aparèixer immediatament després d'un temporal tot i la neteja de la platja amb màquines.



Fig 106.



Fig 107.

Dunes mòbils a la Platja de la Marquesa, el 25 d'octubre (dalt). Dunes mòbils a la Platja del Serrallo, el 4 de gener (baix).

Font: Fotografies fetes per l'autora.

6.3.2. Planificació

Tenint en compte l'estudi dut a terme a Torredembarra i les característiques de la Platja de la Marquesa, el mètode més pràctic i efectiu per a la formació de dunes és el d'evitar l'activitat humana a una franja de la platja.

Curt termini.

Limitar l'accés a un 25% de la Platja de la Marquesa amb pals i cordes. Com que la platja és freqüentada per usuaris que es situen lluny del mar, en un primer moment tanquem una superfície moderada.

Accions:

- Netejar aquella zona
- Tancar amb pals i cordes el 25% de platja més llunyana del mar, amb els pals situats onduladament per tal de crear menor impacte visual. El 25% representa tancar 24 000 metres quadrats, amb un perímetre d'uns 2 300 metres. Amb això, aquesta zona estarà protegida de les màquines que netegen la platja i de ser trepitjada.

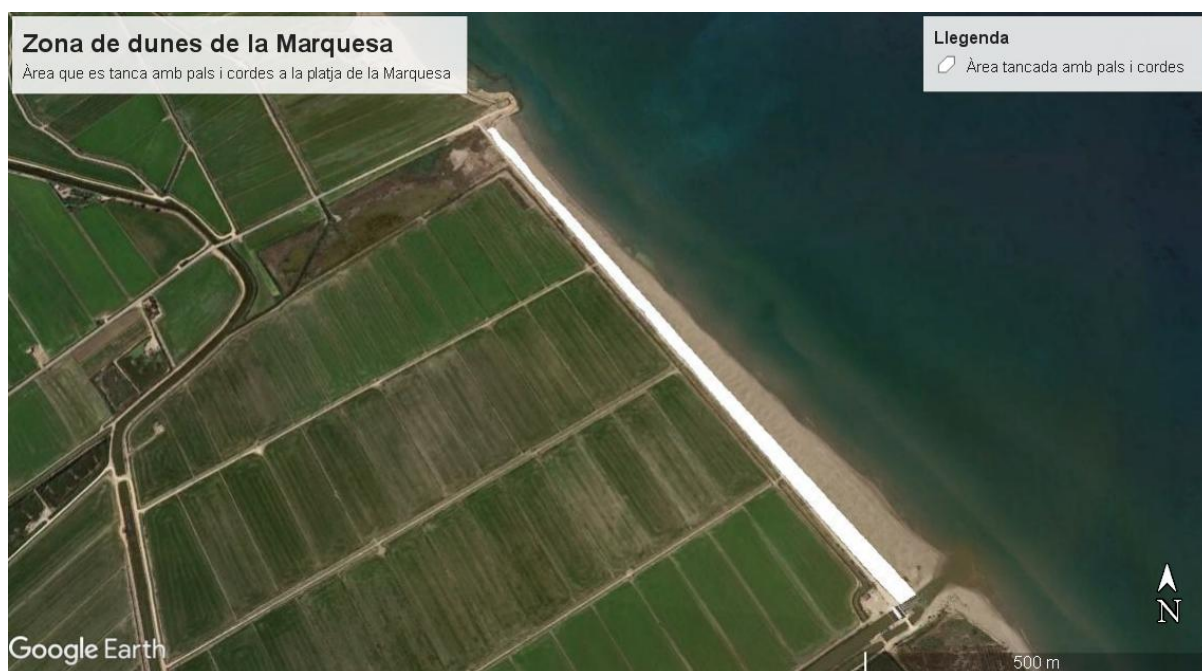


Fig 108: En blanc hi ha la zona de La Marquesa que es tanca amb pals i cordes.

Font: elaboració pròpia a partir de Google Earth.

- Portar i escampar a la zona de dunes les restes marines que arriben a la Marquesa perquè facin d'obstacle a la sorra.
- Afegir sorra viva de les dunes fixes del Fangar. La sorra viva és aquella que pertany a l'ecosistema que volem crear, la qual conté llavors i restes de matèria orgànica que acceleren el procés d'aparició de les primeres plantes.

Manteniment:

- Cada mes cal netejar manualment la brossa artificial que hi hagi a la zona de dunes.
- Cal eliminar la vegetació invasora que no pertany a l'ecosistema dunar, com la canya asiàtica (*Arundo donax*).
- Manteniment dels pals i les cordes, sobretot després de tempestes.

Mig termini.

Augmentar la superfície de dunes fins un 50% a la zona més ampla de la platja. A la zona nord no s'augmenta per la reduïda amplada de la platja.

Accions:

- Neteja de la zona.
- Tancar aproximadament 8 415 metres quadrats més de platja, seguint les pautes establertes al punt anterior (curt termini).

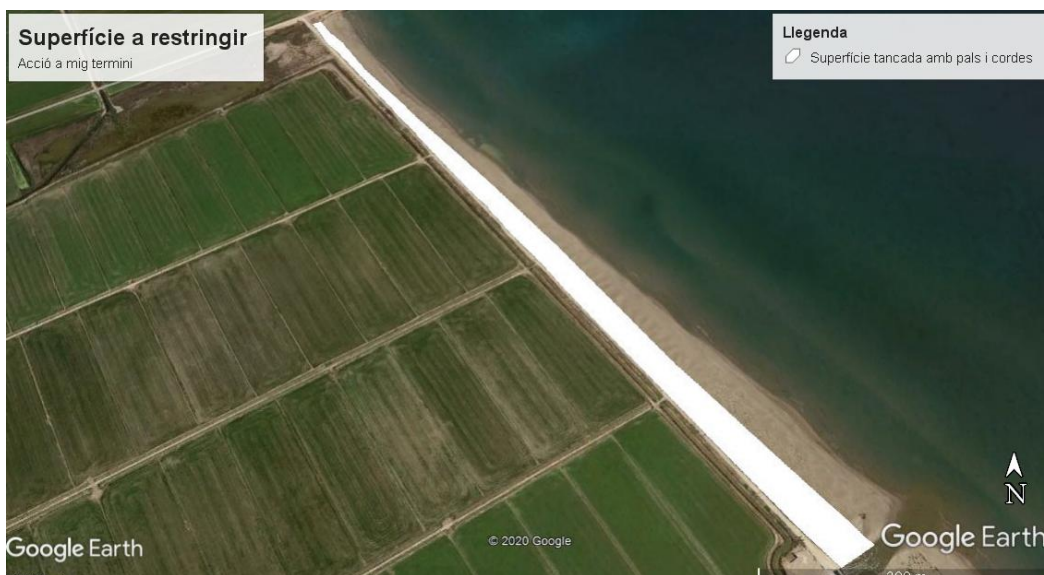


Fig 109: En blanc hi ha la zona de La Marquesa que es tanca amb pals i cordes.

Font: Modificat de Google Earth

- Escampar restes marines de la mateixa Platja de la Marquesa a la zona ampliada.
- Escampar sorra viva de les dunes ja existents a la Platja de la Marquesa.

Manteniment:

- Continuar amb el manteniment del punt anterior amb la zona ampliada.

Apunt: Si en iniciar aquesta ampliació les dunes anteriors no tenen vegetació, es considerarà plantar-la a partir d'un viver.

Llarg termini.

Ampliar la platja per a tenir una amplada de 500 metres des de la Punta del Fangar, que faciliti i acceleri el transport longitudinal de sediments al llarg de la platja, afavorint una millor resistència de la platja a les llevantades i la formació de cordons dunars secundaris i terciaris. Aquesta ampliació està prevista al Pla de Protecció del Delta de l'Ebre del 2020 com una acció a mig termini.

Accions:

- Expropiar els terrenys necessaris per a tenir una franja de platja de 500 metres d'amplada.
- Renaturalitzar els camps de conreu. Procés llarg en el qual la sorra envaeix els camps i la platja s'amplia.
- Endarrerir la barrera, el camí de pas i el canal de drenatge d'aigües fins a una distància de 500 metres del mar.
- Tancar amb pals i cordes de manera progressiva l'ampliació de la platja.
- Finalment, seria interessant deixar el 50% de la platja més interior tancat amb pals i cordes per protegir de l'activitat humana el cordó dunar que es formi a la platja.

Manteniment:

- Continuar amb el manteniment del punt anterior a la zona ampliada.

6.3.3. Resultats esperats

Aquests resultats estan basats en experiències similars i la recerca d'informació duta a terme en aquest treball. Però en fer l'experiència poden sorgir imprevistos, per exemple de tipus climàtic, que poden fer variar la previsió temporal o forçar a incorporar canvis en la planificació.

FASE 1: A curt termini s'espera, en un període d'1 any, que la vegetació hagi avançat cap al mar i que s'hagin format algunes dunes mòbils petites.

FASE 2: En els següents 3 o 4 anys s'espera que la vegetació hagi arribat a tota la zona tancada amb pals i cordes per procedir a tancar més superfície. En cas que la vegetació no arribés, es plantaria des d'un viver.

FASE 3: A mig termini s'espera que 1 any després d'ampliar la zona de dunes hi hagi dunes mòbils on no n'hi havia.

FASE 4: En 3 o 4 anys s'espera que hagi arribat la vegetació i siguin tot dunes fixes.

A llarg termini s'ha de tenir en compte que la platja tardarà un temps en arribar als 500 metres d'amplada. Per fer una aproximació, deduïm que si en un any la massa de sorra de la Punta del Fangar es desplaça 100 metres i n'ha de recórrer 2 200 per a arribar des d'on s'estreix la Platja del Fangar fins al final de la Platja de la Marquesa, llavors es trigarà uns 22 anys en arribar aquella sorra. Abans que això passi, esperem que hagi arribat sorra de la pròpia Platja de la Marquesa, però podem considerar que aquest és el període necessari per a que la platja tingui una quantitat de sorra suficient i abundant al llarg de tota la nova amplada.

FASE 5: En els anys immediatament posteriors a l'ampliació (les dades recollides no permeten fer una estimació concreta) es formarà un salobrar, ja que la vegetació arribarà, però no hi haurà un volum de sorra suficient per a que es formin dunes tan endins.

FASE 6: En un estadi final ideal, la platja arribaria a tenir una zona amb salobrars, diversos cordons dunars i algunes dunes mòbils.

Per observar una representació de cadascuna de les fases de la creació de dunes fixes, veure annex 4.

7. Conclusions

Aquest treball parteix de la hipòtesi de si es pot frenar l'erosió costanera a les platges més vulnerables del Delta de l'Ebre amb la creació de dunes fixes amb vegetació.

La dinàmica d'un delta sol estar condicionada per l'aportació de sediments del riu i l'acció de les corrents marines, però en el cas del Delta de l'Ebre, des de la construcció dels pantans, no arriben sediments i únicament afecta el mar. Les corrents marines redistribueixen la massa de sorra del Delta i en canvien la forma. A unes parts es perd arena i a altres es guanya. Considerem platges vulnerables la Platja de la Marquesa, l'Illa de Buda, l'Illa de Sant Antoni i el Trabucador per ser zones on retrocedeix la línia de costa, mentre que altres com la Punta de la Banya, la Punta del Fangar, la Platja del Serrallo o la Platja de Riumar, entre altres, no són vulnerables perquè no estan en una situació de retrocés.

Com la línia de costa s'endarrereix i l'activitat humana es manté en la mateixa posició, sobretot conreus i negocis, les platges de les zones en regressió són cada cop més estretes.

Per altra banda, hi ha els temporals periòdics que afecten a les costes, amb pluja, vent i grans onades. Aquestes últimes travessen la platja allí on és més estreta i afecten precisament als conreus i negocis existents, que demanen millores com els *malecons* per tal de no patir destrosses a curt termini.

En l'experiència d'aquest treball s'observa com les platges no vulnerables, que són més amples i en la majoria dels casos tenen dunes, no pateixen les greus conseqüències dels temporals. Les dunes fixes altes actuen com a barrera, mentre que les dunes fixes petites o mòbils frenen la velocitat de l'aigua que passa pels canals interdunars. A més, les zones susceptibles de ser danyades (com els conreus) es troben a més distància del mar i l'efecte és moderat o nul.

Per tant, arribem a la conclusió que les dunes fixes, juntament amb una amplada de platja suficient, redueixen l'efecte negatiu dels temporals i l'erosió puntual.

L'experiment dut a terme a Torredembarra demostra que les condicions per a que es formin dunes fixes són senzilles d'assolir, per la qual cosa en aquest treball s'ha estudiat en concret el cas de la Platja de la Marquesa, demostrant que sí és possible crear dunes fixes en aquest cas.

La conclusió d'aquest estudi és que la creació de dunes fixes amb vegetació, que és possible a la Platja de la Marquesa, sí que frenaria en gran part l'erosió puntual a curt termini. En canvi, l'erosió a mig i llarg termini té més a veure amb l'erosió del talús per les corrents marines, per la qual cosa les dunes no tenen cap efecte favorable en aquest àmbit.

Aquesta conclusió és rellevant ja que presenta una solució al problema de l'erosió puntual que causa grans destrosses al Delta, alhora que posa en valor les dunes, formacions geològiques d'una biodiversitat específica cada cop més amenaçades de desaparició al litoral Mediterrani.

Aquest treball partia d'una proposta de la Taula de Consens d'actuació a les platges del Delta. L'objectiu era demostrar la seva utilitat i la possibilitat de dur-la a terme a almenys en una platja, la de La Marquesa, alhora que es buscava un tipus d'acció que estigués en consonància amb la dinàmica natural de la zona, per tal de no generar nous problemes addicionals en intentar resoldre els ja existents. Penso que, tot i que la hipòtesi inicial no s'ha complert en la seva totalitat, els objectius sí han estat assolits de manera gairebé completa.

Algunes incidències que han afectat l'elaboració d'aquest treball han estat les restriccions de mobilitat els caps de setmana durant els mesos de tardor, així com el fet de no haver tingut accés a la Punta de la Banya (es necessita un permís del Parc Natural que només s'accepta en el cas de treballs universitaris) ni a la Barra del Trabucador (les obres de reconstrucció de la barra eren recents i la constructora no permetia accedir). En no haver-los vist, aquests llocs no estan gaire representats en aquest estudi, tot i ser zones costaneres d'un gran interès.

De cara al futur, seria interessant estudiar la manera de frenar l'erosió a mig i llarg termini. Una opció a estudiar és la fixació de la sorra del talús amb fanerògames, vegetació marina que té un creixement molt lent i, per tant, dificultats per viure en un entorn canviant com és el Delta.

Penso que, al dur a terme l'actuació a la Platja de la Marquesa descrita en aquest treball, es podrien arribar a formar dunes de gran tamany i amb característiques semblants a les de la Platja de Riumar i l'inici de la Punta del Fangar, ambdues molt interessants per tenir moltes de les comunitats de vegetació dunar estudiades, i al fet que es troben en una situació geogràfica similar a la de la Platja de la Marquesa. Tot i així, es tracta d'una opinió que no es deriva de la informació disponible en aquest treball.

Valoro molt positivament l'aprenentatge adquirit amb aquesta recerca, ja que permet desenvolupar capacitat d'organització i experimentar tot el procés d'un estudi científic per un mateix. He après que fins i tot tractant-se de temàtiques minoritàries hi ha una gran quantitat d'informació, i que aquesta no sempre es correspon amb el que s'observa al treball de camp, sigui perquè la informació ha deixat d'estar actualitzada o per una recerca insuficient.

8. Fonts d'informació

Arasa, Á. (2014). De duna a duna. *Soldó*, (42), 14-16. Retrieved 1 November 2020, from http://parcsnaturals.gencat.cat/web/.content/home/delta_de_lebre/coneix-nos/centre_de_documentacio/fons_documental/publicacions/revistes_i_butlletins/soldo/soldo42.pdf.

Balsells, F. (2009). ¿Salvará un muro el delta del Ebro?. *El País*. Retrieved 9 January 2021, from https://elpais.com/diario/2009/07/27/sociedad/1248645602_850215.html.

Berbís, S. (2014). Les dunes de Riumar, un valor natural singular que 'envaix' la urbanització. *Aguaita*. Retrieved 9 January 2021, from <http://www.aguaita.cat/noticia/2411/dunes-riumar-valor-natural-singular-envaix-urbanitzacio>.

Camarasa, J., Folch, R., Masalles, R., & Velasco, E. (2020). El paisatge vegetal del delta de l'Ebre (Memòria explicativa de la carta 1:40000). *TREBALLS De La Institució Catalana D'història Natural. Els Sistemes Naturals Del Delta De L'ebre.*, 8, 54-59.

Canal21Ebre. (2020). *Finalitzen els treballs de regeneració de la barra del Trabucador* [Video]. Retrieved 20 December 2020, from <https://www.youtube.com/watch?v=0RVwYAIPxNY>.

Canal21Ebre. (2020). *L'Entrellat (25/11/2020)* [Video]. Retrieved 3 January 2021, from <https://www.youtube.com/watch?v=u1s4Wc1Tcno&list=PLPmqisaVaubznqJKWEHQ1Th071PUvczws&index=5>.

Canicio, A. (2020). A la costa de la Marquesa la regressió no és el problema. *Setmanari L'ebre*. Retrieved 10 December 2020, from <https://www.setmanarilebre.cat/opinio/111572/a-la-costa-de-la-marquesa-la-regressio-no-es-el-problema>.

Carulla, N., i Puigserver, D. (2001). Anàlisi de la Tipologia Dunar i de la Morfologia dels Estanys Litorals: Aplicació a la Proposta de Restauració del Paratge de les

Madrigueres (El Vendrell, Tarragona). *Spartina*. *Butlletí Naturalista Del Delta Del Llobregat.*, (4), 9. Retrieved 8 January 2021.

Casanovas, M. (2019). La batalla de dos hermanas para que el mar no devore su restaurante. *La Vanguardia*. Retrieved 27 December 2020, from <https://www.lavanguardia.com/comer/sitios/20190927/47579917712/restaurante-vascos-cambio-climatico-inundaciones-delta-del-ebro.html>.

Cebolla, M., Donoyan, J., Espanya, A., i Juan, I. *Quadern de camp Parc Natural del Delta de l'Ebre*. Generalitat de Catalunya Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca.

Cerrillo, A. (2019). El mar devora el corazón del Delta del Ebro. *La Vanguardia*. Retrieved 22 December 2020, from <https://www.lavanguardia.com/natural/20190224/46479837429/delta-faro-regresion.html>.

Chinery, M., 1989. *Guía Prá ctica Ilustrada Para Los Amantes De La Naturaleza*. Barcelona: Blume, pp.146, 147.

Ebredigital.cat. (2020). El govern espanyol elabora un pla de protecció del delta de l'Ebre i descarta una comissió mixta amb la Generalitat. Retrieved 9 January 2021, from <https://ebredigital.cat/2020/07/29/el-govern-espanyol-elabora-un-pla-de-proteccio-del-delta-de-lebre-i-descarta-una-comissio-mixta-amb-la-generalitat/>.

Fatoric, S. (2012). El Delta de l'Ebre, amenaçat [Blog]. Retrieved 2 January 2021, from <https://www.uab.cat/web/detall-de-noticia/el-delta-de-l-ebre-amenacat-1345469002000.html?articleId=1345643974506>.

Ferré, R. (2019). *FANERÓGAMAS MARINAS COMO CREADORAS DE DUNAS* [Ebook]. GEPEC.

FloraCatalana.net | La flora del nostre entorn. Floracatalana.net. Retrieved 2 January 2021, from <http://www.floracatalana.net/>.

Garcia, C. (2019). *Els sistemes dunars de la costa catalana. Evolució històrica, estat actual i potencial de restauració* (Doctorat). Universitat de Girona.

Gómez, N. (2020). La desaparició de la barra del Trabucador a vista de satèl·lit. TV3. Retrieved 20 December 2020, from <https://www.ccma.cat/el-temps/la-desaparicio-de-la-barra-del-trabucador-a-vista-de-satellit/noticia/2986141/>.

Herbari Virtual del Mediterrani Occidental. Herbari Virtual del Mediterrani Occidental. (2021). Retrieved 9 January 2021, from <http://herbarivirtual.uib.es/>.

Ibáñez, C. (2018). *Origen i evolució del delta de l'Ebre: una història per escriure* [Ebook]. IRTA.

Ibáñez, C. (2020). *El futur de les nostres zones costaneres: impactes del canvi climàtic i de la gestió dels rius* [Ebook]. IRTA.

Ibáñez, C.. *El delta de l'Ebre, un ecosistema amenaçat: causes i solucions* (p. 1). Sant Carles de la Ràpita: IRTA.

ICGC, I. (2021). *ICGC - Vissir3*. Icc.cat. Retrieved 9 January 2021, from <http://www.icc.cat/vissir3/>.

Illa de Buda – Turisme Sant Jaume d'Enveja. Santjaumeturisme.cat. (2021). Retrieved 22 December 2020, from <http://www.santjaumeturisme.cat/illa-de-buda/>.

Jimenez, J., Sanchez-Arcilla, A., Canicio, A., i Ibáñez, C. (2000). *Caracterizacion de la problemática y alternativas de gestion y actuacion para las costas del Delta del Ebro* (pp. 37, 46, A-7). Barcelona: Ministerio de Medio Ambiente.

Jimenez, J., Valdemoro, h., Bosom, E., & Garcia, V. (2011). *STORM-INDUCED COASTAL HAZARDS IN THE EBRO DELTA (NW MEDITERRANEAN)* [Ebook]. Retrieved 2 January 2021, from http://268180326_STORM-INDUCED_COASTAL_HAZARDS_IN_THE_EBRO_DELTA_NW_MEDITERRANEA_N.

Ley Vega de Seoane, C., Gallego Fernández, J., & Vidal Pascual, C. (2007). *Manual de restauración de dunas costeras* [Ebook]. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Costas. Retrieved 8 January 2021, from https://www.miteco.gob.es/es/costas/publicaciones/cap01_introduccion_tcm30-161387.pdf

Llobet, T. i Fèlix i Franquesa, J., 2009. *Flora i Fauna Del Parc Natural Del Delta De L'ebre*. Girona: Brau, pp.34-39.

Pintó, J., i Garcia-Lozano, C. (2016). *Restauració i gestió de sistemes dunars. Estudi de casos*. [Ebook]. Francesc Xavier Roig-Munar. Retrieved 3 January 2021, from https://www.researchgate.net/publication/308891870_Transformacio_historica_i_situacio_actual_del_paisatge_dunar_a_Catalunya.

Prat Román, L. i Tuset, J., 2010. *Delta De L'ebre*. Deltebre: Magazín Parcs, pp.36, 84, 85.

Riumar. Catalunya.com. Retrieved 9 January 2021, from <https://www.catalunya.com/riumar-17-17003-124?language=ca>.

Sanchez-Arcilla, A., Jiménez, J., Gelonch, G., & Romeral, J. (1997). *El problema erosivo en el Delta del Ebro* [Ebook] (pp. 28-30).

Sánchez García, M., 2008. *Evolución Y Análisis Morfodinámico Del Campo Dunar De La Flecha Del Fangar (Delta Del Ebro)*. Doctorado. Universidad Rey Juan Carlos.

Sanjaume, E., & Garcia, F. (2011). *Las dunas en España* [Ebook] (pp. 207-226). Sociedad Española de Geomorfología. Retrieved 2 November 2020, from <https://geomorfologia.es/sites/default/files/Las%20dunas%20en%20España%201.pdf>.

Serra, J., Rodríguez, I., Sánchez, M., & Montoya, I. (2012). *Delta del Ebro: papel del sistema dunar frente a la regresión deltaica (actuaciones y medidas paliativas)* [Ebook] (pp. 365-373). Societat d'Història Natural de les Balears.

SignA. Signa.ign.es. (2021). Retrieved 9 January 2021, from <https://signa.ign.es/signa/Pege.aspx>.

Tena Medialdea, J., & Alcántara Carrió, J. (2004) (pp. 43-44). Universidad Católica de Valencia "San Vicente Mártir".

Taula de Consens. (2020). *LA PROBLEMÀTICA DEL DELTA DE L'EBRE DAVANT LA REGRESSIÓ I LA INUNDACIÓ PROPOSTES D'ACTUACIONS CONSENSUADES DES DEL TERRITORI* [Ebook].

ANNEXOS

ANNEX 1: FITXES DE TREBALL DE CAMP

Aquestes fitxes són un petit recull de dades que he elaborat després de cada sortida per fer el treball de camp. Van acompanyades d'aquest mapa digital amb fotografies de cada lloc i dia.

<https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1guK4rvFZJttzYZWTkNoRIGBoaC5EgNRO&ll=40.67451459526953%2C0.7391487723774226&z=12>



FITXA 1

Data: 09/08/2020

Hora: 15:00 h

Lloc: Platja del Serrallo

Objectiu: Observar una platja amb dunes naturals

Presència de dunes naturals: Sí

Presència de duna/barrera: No

Tipus de dunes: Dunes fixades amb vegetació

Distància de les dunes des de la vora del mar: 100 metres aproximadament

Presència de vegetació a les dunes: Sí

Alçada de les dunes: 0,5 a 1,5 metres

Amplada de la platja: 450 metres aproximadament

Amplada de la sorra humida: 15 metres aproximadament

Distància de la gent des de la vora del mar: 10 metres aproximadament

Presència d'obstacles a l'arena (canyes, rames, vegetació, brossa): Bastants

Zones d'accés restringit: Els salobrars de darrera les dunes tenen uns accessos fins a la platja per als vehicles, i no es pot anar per cap altre lloc (hi ha pals i cordes per a evitar que es passi)

Altres observacions: La duna més gran observada era la que tenia una vegetació més diversa

FITXA 2

Data: 10/08/2020

Hora: 12:00 h

Lloc: Platja de la Marquesa

Objectiu: Observar una platja on la Taula de Consens proposa la fixació de dunes

Presència de dunes naturals: No

Presència de duna/barrera: Sí

Alçada de la barrera: 1,5 metres

Presència de vegetació dunar: Sí

Amplada de la platja: Entre 50 i 100 metres

Distància de la gent des de la vora del mar: 5-10 metres aproximadament

Presència d'obstacles a l'arena (canyes, rames, vegetació, brossa): Pedres (on s'havia trencat la barrera)

Zones d'accés restringit: S'ha de deixar el cotxe al Restaurant Vascos, a partir d'allí s'ha d'anar a peu

Altres observacions: Tot i que no hem arribat fins allí, es podien observar dunes mòbils sense vegetació en direcció al Fangar

FITXA 3

Data: 24/08/2020

Hora: 12:00 h

Lloc: Platja del Trabucador

Objectiu: Observar una platja on la Taula de Consens proposa la fixació de dunes

Presència de dunes naturals: No o molt poca

Presència de duna/barrera: Sí

Alçada de la barrera: 2 metres aproximadament

Presència de vegetació dunar: Sí

Amplada de la platja: 150 metres

Distància de la gent des de la vora del mar: 5-10 metres aproximadament

Presència d'obstacles a l'arena (canyes, rames, vegetació, brossa): Vegetació en algunes zones

Zones d'accés restringit: Com que hi ha hagut varis trencaments de la barra des del Temporal Glòria i s'estan fent obres per arreglar-ho, no es pot passar a partir de cert punt (allí on està realitzada l'obra)

FITXA 4

Data: 07/09/2020

Hora: 16:00 a 20:00

Lloc: Platja de Buda

Objectiu: Observar una platja on la Taula de Consens proposa la fixació de dunes

Presència de dunes naturals: Sí, però molt poques

Presència de duna/barrera: Sí

Tipus de dunes: Fixades i mòbils

Alçada de les dunes:

Dunes fixades: 0,20 a 0,40 metres

Dunes mòbils: 0,5 a 1 metre

Duna/barrera: 2 metres aproximadament

Presència de vegetació dunar: Sí

Amplada de la platja: Entre 100 i 350 metres

Distància de la gent des de la vora del mar: No està permès l'accés a la platja sense una autorització

Presència d'obstacles a l'arena (canyes, rames, vegetació, brossa): Molta i de tot tipus

Direcció del vent: Provenent del sud-est cap al nord-oest

Zones d'accés restringit: Tota la platja

Altres observacions: La forma, mida i abundància de dunes varia molt al llarg de la platja, però n'hi ha a tot el trajecte exceptuant tota la llargada de la duna/barrera, on

no hi ha cap tipus d'elevació a banda i banda i estreny de manera considerable l'amplada de la platja

FITXA 5

Data: 07/09/2020

Hora: 18:00 h

Lloc: Platja de Sant Antoni

Objectiu: Observar una platja on la Taula de Consens proposa la fixació de dunes

Presència de dunes naturals: Sí

Presència de duna/barrera: No

Tipus de dunes: Dunes fixes

Alçada de les dunes: Menys d'1 metre

Presència de vegetació dunar: Sí

Amplada de la platja: Tota l'illa, no hi ha cultius ni altres ecosistemes al darrera, sinó salobrans

Distància de la gent des de la vora del mar: No està permès l'accés a la platja sense una autorització

Presència d'obstacles a l'arena (canyes, rames, vegetació, brossa): Molta i de tot tipus

Direcció del vent: Provenent del sud-est cap al nord-oest

Zones d'accés restringit: Tota la platja

FITXA 6

Data: 11/09/2020

Hora: 12:00 h

Lloc: Platja de la Marquesa

Objectiu: Recollir informació necessària per a planificar la creació de dunes

Presència de dunes naturals: Potser una, falta comprovar

Presència de duna/barrera: sí

Tipus de dunes: Artificial

Alçada de les dunes: Entre 3 i 4 metres

Distància de les dunes des de la vora del mar: 50 metres al nord de la platja i augmenta progressivament a 100 metres.

Presència de vegetació dunar: Sí

Amplada de la platja: 50 metres al nord de la platja i augmenta progressivament a 100 metres

Distància de la gent des de la vora del mar: Entre 20 i 30 metres des de la vora del mar

Presència d'obstacles a l'arena (canyes, rames, vegetació, brossa): Canyes i altres a la part sud

Direcció del vent: Nord

Direcció del vent predominant: Mestral (novembre-abril), vent fort, i garbí (sobretot primavera i estiu), vent amb poca velocitat

Zones d'accés restringit: No n'hi ha

Núm de persones: 131 (es pot considerar màxima afluència, ja que no cabien més cotxes a l'entrada principal)

Altres observacions: Poc onatge

FITXA 7

Data: 13/09/2020

Hora: 13:00 h

Lloc: Platja de la Marquesa

Objectiu: Recollir informació necessària per a planificar la creació de dunes

Presència de dunes naturals: Potser una, falta comprovar

Presència de duna/barrera: Sí

Tipus de dunes: Artificial

Alçada de les dunes: Entre 3 i 4 metres

Distància de les dunes des de la vora del mar: 50 metres al nord de la platja i augmenta progressivament a 100 metres

Presència de vegetació dunar: Sí

Amplada de la platja: 50 metres al nord de la platja i augmenta progressivament a 100 metres

Distància de la gent des de la vora del mar: Entre 20 i 30 metres des de la vora del mar

Presència d'obstacles a l'arena (canyes, rames, vegetació, brossa): Canyes i altres a la part sud

Direcció del vent: Est

Direcció del vent predominant: Mestral (novembre-abril), vent fort, i garbí (sobretot primavera i estiu), vent amb poca velocitat

Zones d'accés restringit: No n'hi ha

Núm de persones: 116

FITXA 8

Data: 03/10/2020

Hora: 12:00 h

Lloc: Platja de Riumar

Objectiu: Observar unes de les dunes més desenvolupades del Delta de l'Ebre

Presència de dunes naturals: Sí

Presència de duna/barrera: No

Tipus de dunes: Dunes naturals fixades amb vegetació

Alçada de les dunes: Entre 10 i 15 metres

Presència de vegetació dunar: Sí

Amplada de la platja:

Presència d'obstacles a l'arena (canyes, rames, vegetació, brossa): No

Zones d'accés restringit: S'han de travessar les dunes per unes passarel·les per a accedir a la platja

Altres observacions: Sistema dunar fixat més ben conservat que jo he vist al Delta

FITXA 9

Data: 25/10/2020

Hora: 17:00 h

Lloc: Platja de la Marquesa

Objectiu: Recollir mostres per a l'herbari i una mostra de sorra per a analitzar-la

Presència de dunes naturals: Sí

Presència de duna/barrera: Sí

Tipus de dunes: Dunes naturals mòbils i artificials

Alçada de les dunes naturals: Entre 20 i 70 cm

Presència de vegetació a les dunes: Sí (a la barrera)

Presència d'obstacles a l'arena (canyes, rames, vegetació, brossa): Sí

Núm de persones: 7

Altres observacions: A diferència de les altres observacions a aquesta platja, hi havia dunes naturals mòbils en forma de mitja lluna a aquelles parts de la platja on no es veien roderes (no s'havien aplanat)

FITXA 10

Data: 12/11/2020

Hora: 17:00 h

Lloc: Platja del Fangar

Objectiu: Observar la platja i les dunes mòbils. Recollir una mostra d'arena de les dunes mòbils per analitzar-la

Presència de dunes naturals: Sí

Presència de duna/barrera: Sí

Tipus de dunes: Dunes naturals, mòbils i fixes, i dunes artificials

Alçada de les dunes naturals: Les fixes entre 4 i 7 metres, i unes altres 1 metre, i les mòbils sobre 1 metre

Presència de vegetació a les dunes: Sí (a les dunes fixes)

Presència d'obstacles a l'arena (canyes, rames, vegetació, brossa): Sí

Direcció del vent predominant: Nord-oest

Altres observacions: Just al darrera de la platja hi ha arrossars. On gairebé s'inicia la barra hi ha unes dunes fixes amb vegetació molt altes (5 o 7 metres)

FITXA 11

Data: 08/12/2020

Hora: 16:30 h

Lloc: Platja del Fangar

Objectiu: Recollir una mostra d'arena de les dunes fixes per analitzar-la

Presència de dunes naturals: Sí

Presència de duna/barrera: Sí

Tipus de dunes: Dunes naturals, mòbils i fixes, i dunes artificials

Alçada de les dunes naturals: Les fixes entre 5 a 7 metres, i unes altres 1 metre, i les mòbils sobre 1 metre

Presència de vegetació a les dunes: Sí (a les dunes fixes)

Presència d'obstacles a l'arena (canyes, rames, vegetació, brossa): Sí

Direcció del vent: Nord-oest

Altres observacions: Just al darrera de la platja hi ha arrossars. On gairebé s'inicia la barra hi ha unes dunes fixes amb vegetació molt altes (5 o 7 metres)

FITXA 12

Data: 04/01/2021

Hora: 11:30 h

Lloc: Platja del Serrallo

Objectiu: Observar si les dunes fixes baixes es mantenen durant l'hivern, tot i el canvi de vent dominant

Presència de dunes naturals: Sí

Presència de duna/barrera: Sí

Tipus de dunes: Dunes naturals, mòbils i fixes, i dunes artificials

Alçada de les dunes naturals: Entre 0,5 a 1 metre

Presència de vegetació a les dunes: Sí (a les fixes)

Presència d'obstacles a l'arena (canyes, rames, vegetació, brossa): Sí, però menys que a l'estiu

Altres observacions: Tot i que a l'estiu, en temporada alta, la platja era molt plana, a l'hivern es formen bastantes dunes mòbils d'uns 0,70 metres que fan pensar que les dunes arribarien més a prop de la línia de costa de no ser pel pas de gent una època a l'any. S'observa que les dunes fixes s'han conservat intactes en la seva majoria, i que l'aigua ha passat a través dels canals interdunars per a fer cap al salobrar existent

ANNEX 2: SORRA

Tal com s'indica a l'apartat 6.3.1 C, en la realització d'aquest treball s'ha analitzat sorra de la Platja de la Marquesa (d'una duna mòbil) i de la Punta del Fangar (d'una duna mòbil i d'una duna fixa). A més a més de la recollida d'informació present en el punt esmentat, es pot observar una mostra de cada mida de sorra de manera digital i analògica.

Platja de la Marquesa:



Fangar (duna fixa):






Fangar (duna mòbil):



Per observar la sorra analògicament, veure el volum a banda on hi ha la sorra en tubs d'assaig etiquetats per diàmetre i lloc d'origen.

Llegenda del lloc d'origen:

-  Platja de la Marquesa
-  Punta del Fangar: duna fixa
-  Punta del Fangar: duna mòbil

Per veure digitalment una mostra del volum a banda "Annex 2", escanejar aquest codi QR:



ANNEX 3: HERBARI

Tal com s'explica a l'apartat 6.3.1. D, en aquest treball s'ha elaborat un herbari amb la vegetació que hi havia a la Platja de la Marquesa el 25 d'octubre de 2020.

L'herbari es troba en un volum a banda que inclou les plantes plastificades i una fitxa tècnica de cada espècie. La fitxa tècnica dóna informació sobre els noms de cada planta en català i castellà, la família i el gènere, l'hàbitat, l'època de floració i les característiques principals. També hi ha imatges de les fulles, les flors i la planta en general.

Per veure una versió digital d'aquest herbari es pot accedir amb aquest codi QR:



ANNEX 4: FASES DELS RESULTATS ESPERATS

Per entendre les fases dels resultats esperats (apartat 6.3.3.) de manera visual s'han elaborat maquetes de les 6 fases. Aquestes representacions es poden observar en un volum a banda i ajuden a fer-se una imatge esquemàtica dels diferents estadis de la creació de dunes fixes amb vegetació a la Platja de la Marquesa seguint la planificació detallada en aquest treball (apartat 6.3.2.).

Es pot accedir a imatges de les maquetes amb aquest codi QR:

