

4

spartina

butlletí naturalista del delta del Llobregat.
El Prat de Llobregat 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)**

Narcís Carulla nacg@tinet.org
Diana Puigserver ccuerda@pie.xtec.es

Anàlisi i Evolució del Territori.
Eres, 6 - 43893 Altafulla



Introducció

Davant l'encàrrec de restaurar i naturalitzar al màxim l'espai litoral de les Madrigueres (terme municipal del Vendrell), des de l'actual límit de la zona maritimoterrestre fins a un corredor de 100 metres que arriba a la carretera local entre Calafell i Sant Salvador, es va optar per:

- a) Obtenir una diagnosi acurada de l'espai, tant de la platja actual, que va ser regenerada artificialment en el seu dia, com de la rereplatja, ocasionalment inundable després d'algunes pluges.
- b) Proposar una restauració que segueixi els patrons o models de platges equivalents properes, que poden tenir una dinàmica comparable. En aquest sentit el model dels Salats i Muntanyans de Torredembarra, és a dir de sorrals dunars entre la platja i una rereduna de tipus aiguamolls, pot ser un model a seguir.
- c) Analitzar la possibilitat de restaurar al màxim la xarxa hídrica pretèrita per recuperar l'espai i la seva dinàmica. Aquest aspecte no serà tractat en profunditat en aquest escrit, ja que la restauració de la desembocadura de l'antiga riera o llacuna litoral no planteja majors dificultats que reconèixer la topografia anterior als anys 60 i veure el funcionament d'altres estuaris o llacunes litorals de les comarques veïnes (des de les llacunes litorals de l'Ametlla de Mar al riu Gaià, o el restaurat estuari del riu Foix).

L'espai conegut com les Madrigueres correspon a l'antiga desembocadura de la riera de la Bisbal que, després de creuar i, sovint, inundar una part del Vendrell, anava a desembocar en aquesta zona fins a mitjan dels anys 60. L'espai, d'uns 500 metres de façana marítima per uns altres 500 m de fondària, començà a ser urbanitzat fins a prop de la via del tren durant els anys seixanta, amb la canalització i el desviament de la riera per evitar inundacions ocasionals i guanyar espai. Paral·lelament es construï una xarxa de vials amb terraplens, posteriorment abandonats però observables clarament en les vistes aèries.

Les propostes d'ordenació urbanística han previst sempre la implantació de zones verdes en aquesta franja litoral, com a mesura correctora i compensatòria.

La dinàmica de les rereplatges és difícil de seguir a l'escala dels darrers segles, per manca de registres acumulats, tal com passa amb el seguiment de la paleohidrologia concreta d'una vall, on predominen els fenòmens erosius, que no deixen rastres clarament diferenciables.

Sovint la dinàmica que es pot observar sembla molt estàtica a la nostra escala, més encara quan l'objectiu actual en molts espais és establir o immobilitzar les lleres, els canals, els sorrals o els litorals. Per un altre costat, els sorrals litorals, sovint denominats dunes, semblen realment establitzats per la vegetació. La manca d'aportacions litorals, relacionada amb l'escassetat de fluxos i arrossegaments fluvials, condiciona la migradesa d'un espai litoral franc, generador de materials transportables.

Per tant, cal ser conscients que és possible, relativament, emular o replicar models morfològics o geomorfològics, fins i tot amb litologies properes, però difícilment es podran instaurar dinàmiques fluvials, eòliques o litorals, que vénen condicionades per paràmetres que no es poden escollir.



Amb tot això es vol dir que es poden artificialitzar alguns paisatges amb la màxima cura morfològica, però que els processos posteriors d'edafització (formació de sòls), erosió o revegetació han de ser vetllats, guiats o induïts, en el millor dels casos.

El present article se centrarà en els aspectes físics o geològics, no tan analitzats com els aspectes biològics en l' àmplia bibliografia existent sobre restauració d'espais naturals.

En resum, l'objectiu és recuperar o, millor dit, reinventar un litoral i un paisatge degradats, a partir de la recreació de l'estat que tenia probablement aquesta zona fa milers d'anys, donat que en els darrers segles sempre hi ha hagut camps de conreu. Per tant la tasca és encara més delicada, ja que s'han de considerar les dinàmiques fluviotorrencials i l'elevat grau de pressió antròpica determinat per la proximitat a la platja.

Tipologia dunar comparada

El projecte inicial d'ordenació del sector ja preveu la creació o restauració de sistemes de sorrals del tipus madelers o muntanyans, com es coneixen al litoral de Torredembarra, Creixell o Roda de Barà. De fet, madelers és la denominació baix-penedenca dels sorrals litorals, mentre que muntanyans és el terme que perviu al Tarragonès, especialment a Torredembarra.

Donat que l'àmbit dunar ben conservat més proper a les Madrigueres és l'espai natural dels Salats i Muntanyans de Torredembarra, s'ha fet una anàlisi de la geomorfologia d'aquest sector per reproduir-la, en la mesura de les possibilitats, dins l'espai de les Madrigueres.

Els altres sorrals litorals de Creixell o Roda es presenten molt més afectats per la urbanització i, fins i tot, pels passeigs marítims recentment executats arran de platja com és el cas de Creixell. Amb tot, la tipologia d'aquests sorrals i els de Torredembarra és força similar.

Podem deduir que si hi havia relleus dunars en el litoral de les Madrigueres del Vendrell haurien de mostrar la tipologia que trobem al sud del Roc de Sant Gaietà, en els termes de Creixell, Roda i sobretot en els Salats i Muntanyans de Torredembarra, que apareixen analitzats en detall a la *figural*.

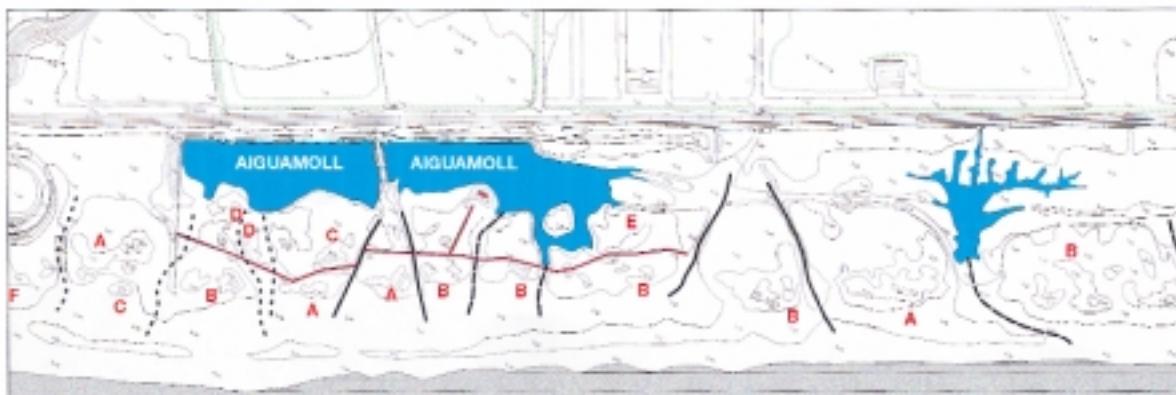
Aquests muntanyans són dunes costaneres transversals, disposades amb l'eix més llarg en un sentit paral·lel a la platja i perpendiculars al sentit dominant del vent, factor primari que conforma els muntanyans. Si la velocitat dels vents augmentés molt, les dunes o sorrals s'orientarien longitudinalment, en paral·lel al sentit dominant dels vents. Aquest fet no es dona en les alineacions dunars costaneres estudiades.

No sembla haver-hi un model de dunes amb estructures internes, amb laminacions creuades, malgrat les alçades que assoleixen, d'entre 3 i 4 metres. Tampoc no es dona l'estructura de barkhan o mitja lluna amb les "banyes" o "puntes" dirigides a l'interior i amb el sobrevent mirant a la platja. La realitat és més complexa que aquests models simplificats.

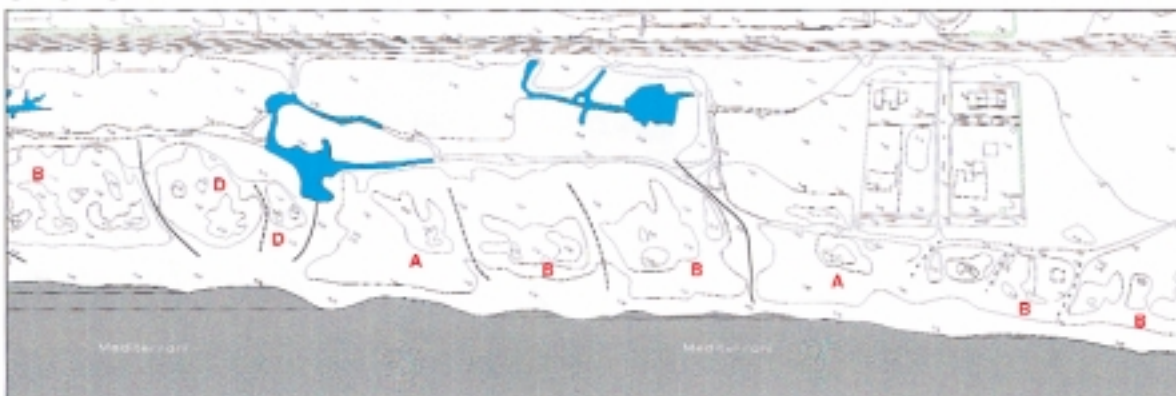


Figura 1: Tipologia de relleus dunars als Salats i Muntanyans de Torredembarra
 Figure 1: Typology of dune contours at the Salats i Muntanyans of Torredembarra

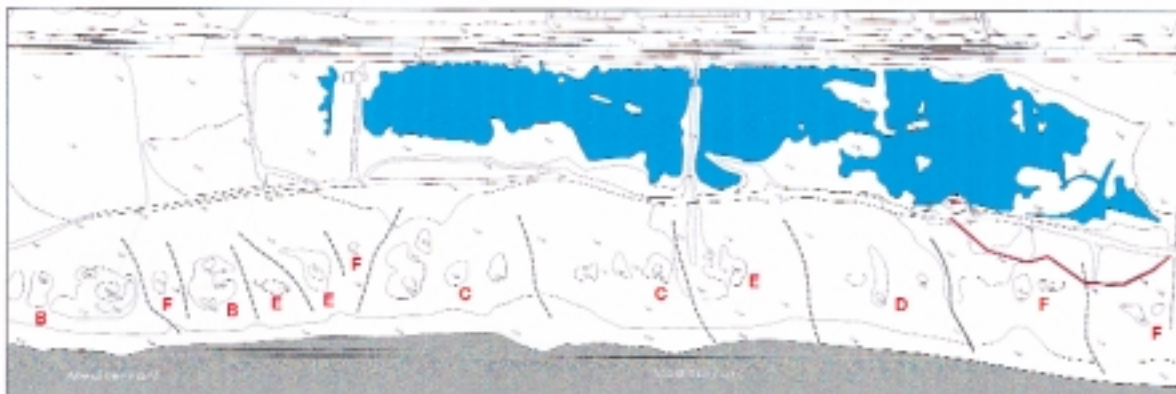
SECTOR 1








SECTOR 2








SECTOR 3



TIPOLOGIA DELS RELLEUS DUNARS:

-  **A,B,C** → Dunes transversals asimètriques (de més senceres a desfetes)
-  **D,E,F** → Dunes poc asimètriques (inicials o residuals)
-  Corredor o canal d'erosió i transport hídric.
-  Corredor o canal en formació o deformació.
-  Corredor o canal antropitzat (per l'ús)

-  Àrees de desplom o sotavent.
-  Maresme o aiguamoll.
-  Corves de nivell, de metre en metre.
-  Passera de fusta, paral·lela al sistema dunar.
-  Observatori.



Globalment, el costat més pendent mira a la platja, per la qual cosa podem catalogar aquests sorrals com semidunes transversals inverses, interceptades per un sistema de canals mareals o interdunars, amb un grau de fixació elevat per la vegetació psammòfila i un nivell d'evolució actual desconegut, però amb pocs espais actius. Possiblement, el balanç de detritus eòlics procedents de la platja és negatiu, fet que condiciona encara més la immobilitat o el retrocés del conjunt.

Diferenciem en primera i nstància dos grans grups de sorrals:

Muntanyans asimètrics, que presenten asimetria detectable en el sentit més estret del serral, indicador del grau de conservació o del seu dinamisme original. Aquesta asimetria es presenta sempre en el sentit del flux del material, és a dir, perpendicular a l'eix de la duna, denominat cresta. En principi, el material repta pels vessants suaus i es desploma pels vessants més inclinats.

Muntanyans poc o gens asimètrics. És a dir, que presenten una relativa simetria entre els seus vessants (sobrevent i sotavent). Per tant, semblen sorrals poc actius, probablement en procés de difuminar-se topogràficament, per efecte de la seva fixació i edafogènesi posterior. La seva relació entre amplada i fondària sol acostar-se a la unitat.

Dins de cada classe morfològica s'han distingit tres grups, per diferenciar el grau relatiu d'asimetria global, tal com apareixen a la taula següent.

Grup	MORFOLOGIA GLOBAL	Comentari
A	ASIMÈTRIC SENCER	Mitja lluna, barkhan. Carener o cresta còncava/convexa Duna semilunar.
B	ASIMÈTRIC PARTIT	Carener o cresta dividit. Traça més evolucionada.
C	ASIMÈTRIC DESFET	Conjunt partit. Menys conservada i/o evolucionada vers la descomposició. Més baixes.
D	POC ASIMÈTRIC	La manca d'asimetria representa heterogeneïtat en detall. Més baixes o menys agudes.
E	GENS ASIMÈTRIC	Similars a les anteriors, amb un volum menor de sorra.
F	RESIDUAL O INICIAL	Com l'anterior, baixa, poc voluminosa i diferenciada. Pot ser fase final o inicial.

S'ha executat una primera anàlisi global dels sorrals dels Salats i Muntanyans de Torredembarra, reflectit en la *Figura 1*. En la taula següent es presenten ordenades les dades morfomètriques dels muntanyans de Torredembarra, segons les tipologies pròpies definides a partir d'un vol de desembre de 1994, amb la relació dels valors morfològics mitjans (alçada, amplada, fons, superfície i volum de sorres).



Morfologia	Alçada	Amplada	Fons	Superfície	Volum	Relació
Dunar	m	m	m	m ²	m ³	(Amplada/Fons)
A	3,32	70	40	2800	2445	1,8
A	2,49	50	25	1250	746	2
A	3,1	45	30	1350	1080	1,5
A	4,21	100	70	7000	8190	1,4
A	3,33	100	80	8000	7013	1,3
A	3,21	100	50	5000	4183	2
Valor mig A	3,3	77,5	49,2	4333,3	3943	
B	3,31	60	40	2400	2088	1,5
B	2,59	35	25	875	551	1,4
B	2,72	45	20	900	606	2,3
B	2,68	100	40	4000	2640	2,5
B	3,88	80	60	4800	5088	1,3
B	3,55	120	80	9600	9120	1,5
B	3,55	80	80	6400	6080	1
B	3,7	90	100	9000	9000	0,9
B	3,72	110	50	5500	5537	2,2
B	3,35	45	40	1800	1590	1,1
B	2,7	45	40	1800	1200	1,1
B	3,88	110	60	6600	6996	1,8
Valor mig B	3,3	76,7	52,9	4473	4208	
C	2,1	60	20	1200	560	3
C	3,21	70	35	2450	2050	2
C	3,57	110	60	6600	6314	1,8
C	3,56	95	70	6650	6340	1,4
Valor mig C	3,1	83,8	46,25	4225	3816	
D	1,04	40	20	800	91	2
D	1,71	20	40	800	269	0,5
D	2,88	65	80	5200	3779	0,8
D	2,64	35	60	2100	1358	0,6
D	3,54	45	50	2250	2130	0,9
D	3,3	90	60	5400	4680	1,5
Valor mig D	2,5	49,2	51,67	2758,3	2051,1	
E	1,16	110	40	4400	675	2,8
E	2,46	30	25	750	440	1,2
E	2,92	30	25	750	555	1,2
E	3,61	30	50	1500	1455	0,6
E	2,6	60	70	4200	2660	0,9
Valor mig E	2,55	52	42	2320	1156,9	
F	2,82	80	25	2000	1413	3,2
F	2,27	40	35	1400	733	1,1
F	70	40	800	681	1,8	
F	2,75	20	30	600	410	0,7
F	2,04	20	30	600	268	0,7
F	2,74	85	50	4250	2890	1,7
F	2,48	50	50	2500	1483	1
Valor mig F	2,36	52,1	37,14	2021,4	1125,5	
Valor mig	2,9	66	47,4	3457	2885	



En la taula següent es resumeixen les dades estadístiques dels Muntanyans de Torredembarra que, d'una manera o altra, s'intentaran reproduir en els sorrals o madelers de les Madrigueres.

Morfologia	Quantitat	Alçada	Amplada	Fons	Superfície	Volum
Dunar	de casos	m	m	m	1.000 m ²	1.000 m ³
Asimètriques						
A	6	3,3	78	49	4,233	3,942
B	12	3,3	77	53	4,473	4,218
C	4	3,1	84	46	4,225	3,816
"Simètriques"						
D	6	2,5	50	52	2,758	2,051
E	5	2,55	52	42	2,320	1,157
F	7	2,4	52	37	2,021	1,126

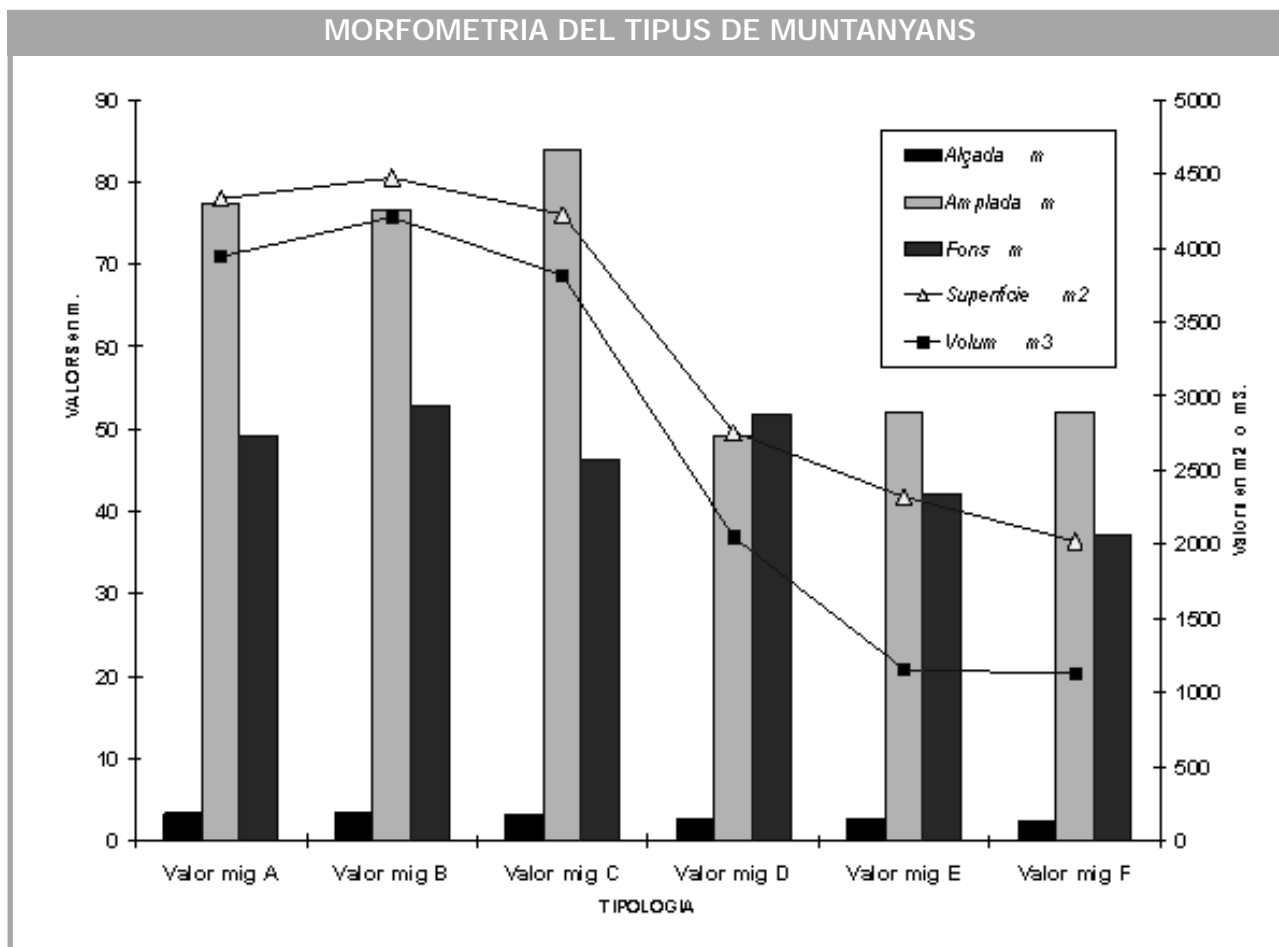
Com s'ha dit, l'evolució pròpia pot ser d'F a A quan es formen els sorrals i a l'inrevés quan s'erosionen o degraden.

Probablement, el tipus de vegetació i una anàlisi de detall pot indicar si una duna, madeler o muntanyà, s'està formant o deformant: la presència massiva de la gramínia *Sporobolus* indica sorrals joves en formació, mentre que l'aparició de peus descalçats de la gramínia *Ammophila* indica processos d'erosió. El grau de formació del sòl també pot indicar la joventut o senectut d'un sorral dunar. En dunes joves el sòl és quasi inexistent i el color superficial és clar. Més endavant l'edafogènesi dona pas a les dunes marrons (formació d'argiles) i posteriorment a dunes grises (formació del nivell A del sòl orgànic).

A partir de la representació gràfica dels principals valors morfològics dels diferents grups de dunes analitzats, és fàcil de treure conclusions.

- Les dunes poc asimètriques (D, E i F) semblen menys amples, fet que pot afectar al seu grau de conservació i a la cota del punt culminant.
- Per tant, és normal que les dunes poc asimètriques presentin menor superfície i, de retruc, menor volum emmagatzemat de sorra.
- Les dunes asimètriques de tipus A, B i C tenen una fondària més regular, mentre que les menys asimètriques (tipus D, E i F) a mesura que perden alçada també semblen més heteromètriques en planta (relacions dispars de l'índex *amplada/fons*).
- Les dunes asimètriques semblen un estat més desenvolupat de sorral eòlic, mentre que les dunes poc o gens asimètriques semblen en estat de formació o, més probablement, d'erosió i degradació més o menys estabilitzada.





e) En qualsevol cas i malgrat les condicions favorables de desenvolupament, el grau d'evolució actual dels sorrals sembla molt estable, ja sigui per l'acció fixadora de la vegetació o per les condicions de la dinàmica litoral de les darreres dècades.

Els corredors o canals interdunars

En relació als corredors o canals que seccionen o delimiten els sorrals se certifica que són canals funcionals de circulació d'aigües marines durant els temporals. Igualment tendeixen a reblir-se de sorra després d'alguns temporals de vent.

En els corredors intradunars és on s'observen sovint superfícies o cubetes de deflació, blowouts, on el vent mobilitza les sorres no fixades i deixa petites planes amb materials més grollers.

En qualsevol cas, crida l'atenció la tendència dels corredors a disposar-se una mica esbiaixats respecte a l'alineament aparent de la costa, fet que pot demostrar la complexitat local del règim de vents que es dona a la costa catalana.



En qualsevol cas, crida l'atenció la tendència dels corredors a disposar-se una mica esbiaixats respecte a l'alineament aparent de la costa, fet que pot demostrar la complexitat local del règim de vents que es dona a la costa catalana.

S'han diferenciat tres tipus de corredors o canals intramareals:

- 1) **Corredors o canals ben conservats i ocasionalment funcionals.** Connecten la mar i la platja amb la rereduna. Se solen presentar a cota 0,7-0,8 m. Pendent general vers l'aiguamoll interior. Amplada d'uns cinc metres.
- 2) **Corredors o canals en formació o deformació.** Cota inferior més alta, vora el metre. Reblerts per la sorra. No tan funcionals.
- 3) **Corredors antropitzats.** Consolidats per l'ús del trànsit humà, especialment per l'accés a les platges. Presenten punts d'erosió antròpica i senyals de circulació de vehicles de dues rodes.

S'ha de destacar que la majoria de canals presenten una orientació esbiaixada respecte al litoral. Això fa pensar que deuen funcionar uns o altres segons l'orientació del temporal.

Granulometries comparades

Els dipòsits eòlics es caracteritzen per presentar un empobriment de les partícules de mides llim i argila, arrossegades a distàncies majors que les de mida sorra fina, normalment entre una i tres dècimes de mil·límetre, capaces de ser arrossegades per saltació i deflació pel vent. És a dir, es presenta una gran homometria en comparació amb els dipòsits fluvials o litorals.

Per tant, la facilitat perquè es formin litorals amb sorrals dunars dependrà entre altres factors dels volums i les característiques granulomètriques de les sorres de la platja.

Diàmetre Sedàs	DUNES		DUNES		PLATJA	PLATJA	Rereplatja
mm	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	100



A tal fi es varen fer algunes anàlisis granulomètriques de sorres de la platja de Torredembarra (davant dels Salats i Muntanyans) i de la platja regenerada de les Madrigueres, així com una mostra del seu rereplatja.

En tots els casos de sorrals eòlics, els grans de sorra tenen un grau d'arrodoniment molt elevat, la composició és majoritàriament quarçítica, amb escàs o nul percentatge de grans carbonatats, a causa del rentat o dissolució.

Creació dels relleus dunars a la platja de les Madrigueres

D'entrada, podem avançar que no es projecta l'ús de tanques vegetals que retinguin la sorra, ja que semblen innecessàries vistes les granulometries de la sorra i la ràpida revegetació que s'espera.

A la *Figura 2* es presenta el disseny final del litoral naturalitzat de les Madrigueres del Vendrell, amb la topografia morfològica dels relleus dunars i el tipus de llacuna litoral (d'estuari) a reinstal·lar.

D'aquesta manera i de sud a nord, s'han dissenyat els relleus dunars que apareixen a la taula següent:

Relleu dunar	Tipus	Alçada	Amplada	Fons	Superfície	Volum	Volum aportació
Num.	m	m	m	m2	m3	m3	
1	F	2.7	40	30	1.200	1.080	0.560
2	B	3.1	85	40	3.400	3.513	2.040
3	D	2.5	50	45	2.300	1.875	900
4	A	3.3	95	55	5.200	5.748	3.483
5	F	2.7	30	55	1.700	1.430	715
Total					13.700	13.646	7.698

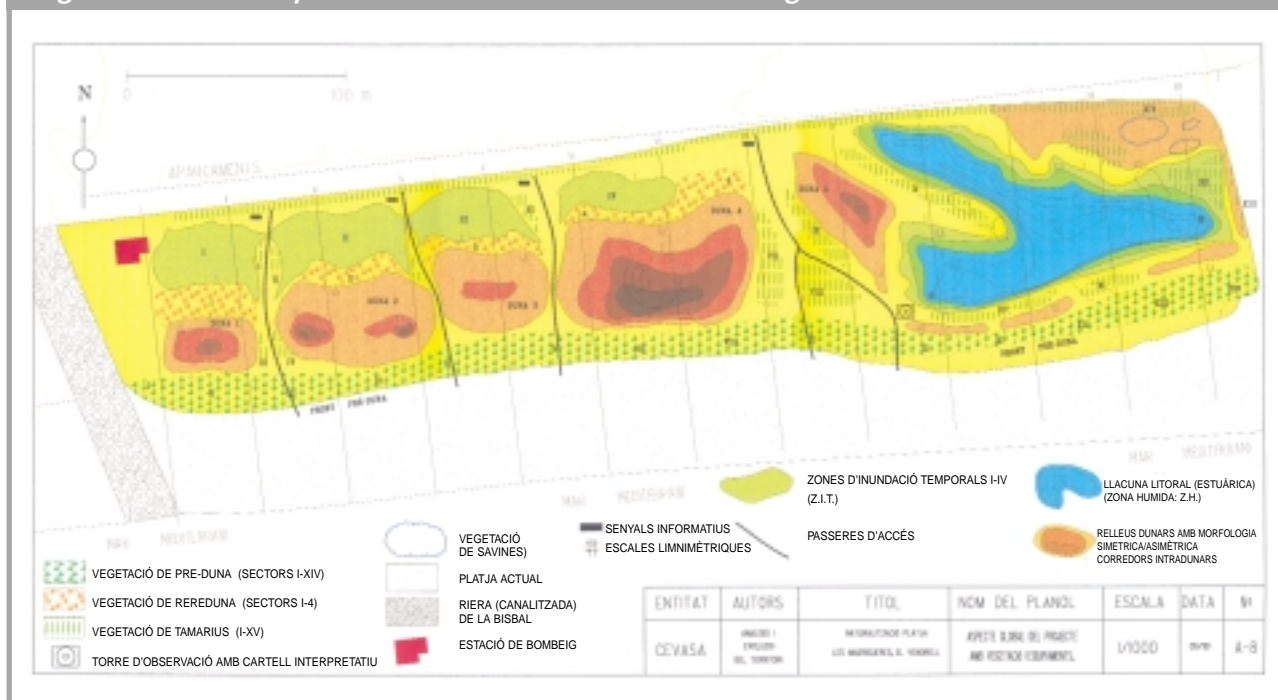
Les sorres necessàries per a la formació d'aquests sorrals provindran dels rebaixos per executar la llacuna litoral. El volum total de sorra a extreure de la llacuna arriba a 11.470 metres cúbics i per a la implantació de les quatre zones d'inundació temporal cal extreure'n 3.130 metres cúbics més, en total 14.600 metres cúbics, gairebé el doble del que es necessita per a la formació dels sorrals. Això vol dir que s'utilitzaran, per construir les dunes, els materials detrítics més homomètrics i fins.

Pel que fa als corredors intradunars s'han projectat poc esbiaixats per reduir la distància de pas de la gent i evitar així la temptació d'obrir nous camins.

En aquest cas, els corredors o canals intradunars no tindran caràcter funcional, ja que difícilment els temporals o llevantades portaran aigües per aquests corredors fins a les zones d'inundació temporal interiors.



Figura 2: Aspecte global de la restauració de les Madrigueres
 Figure 2: Global aspect of the restoration of les Madrigueres



Restauració de la llacuna litoral de les Madrigueres

La llacuna natural que es proposa reconstruir s'inspira en el tipus de llacuna litoral que hi havia abans del desviament i canalització de la riera de la Bisbal, feta els anys seixanta.

No es tracta d'una maresma temporal, del tipus dels Salats i Muntanyans de Torredembarra, sinó més aviat de les zones humides que solen formar-se en el tram final dels rius o rieres mediterrànies que no tenen un règim permanent i on afloren les aigües del freàtic subjacent en contacte amb la falca d'aigües marines.

No és estrany, per tant, trobar sortides considerables d'aigua subterrània al costat d'algunes platges. Els brolladors de Comarruga, la font de Calders, a uns 2.000 metres de les Madrigueres, en són un clar exemple. En aquest cas, l'emergència ha de tenir causes estructurals, ja que sembla una descàrrega profunda, com indica l'elevada salinitat mesurada en les aigües de sortida (uns centenars de litres per segon, amb salinitat de 12.150 microSiemens/cm).

Podem trobar exemples de llacunes litorals similars a la que ara es vol recuperar a la desembocadura del riu Foix, al riu Gaià o als paleoestuaris del Llobregat (estany de la Ricarda o el Remolar).

A la taula següent apareixen dades morfològiques, químiques i de vegetació de les principals llacunes litorals tarragonines (dades pròpies i bibliogràfiques).



T.M.	Nom	Morfologia	Llarg.	Ampl.	Relació	Fons	Salinitat	Domina
L'Ametlla	Santes Creus	Estuàric	350	35	0,1	1,5	4 -5 mS/cm	Jonqueres /canyissar
"	L'Estany	Estuari obert al mar	50	15	0,3	1	6-16	Canyis/ joncs
"	Torrent del Pi	Estuari encaixat	70	15	0,1	1,3	5-7	Canyis/ joncs
"	Sant Jordi		150	15	0,1	0,6	40-50	Canyissar/ jonqueres
Hospitalet	Riu Llastres	Cordó tancador	60	20	0,3	-		
Montroig	Riudecanyes	Al·luvial	1.000 m	15 m	0,01	1	Variable	Erosió
Cambrils	Riera d'A.	Al·luvial-deltaic	600	5	0,01	-	"	Antropitzat
"	R. de Maspujols	Estuàric Riudoms	100	20	0,2	1		
Tarragona	Gaià	Estuàric	350	20	0,06	1,5	Alta.	Canyissar
Torredembarra	Salats i Muntanyans	Maresmes	50	4.000	-	1,5		Salicornies
Vendrell	R. Bisbal	Barra litoral	50	40	1	0,5	5-6	Antropitzat
Vendrell	Antiga Riera	Estuàric	100	40	0,4	-1	-	Canyissar
Calafell	L'Estany	Estuàric	400	50	0,1	2	-	Canalitzat
Cubelles	Foix	Estuàric-fluvial	250	100	0,01	2	Ara alta.	Joncs. Humanitzat

Críteris de disseny de la llacuna litoral de les Madrigueres

Per tot el que s'ha comentat en els apartats anteriors, els críteris de reinstauració de la llacuna litoral han de ser:

- Recuperar el disseny o morfologia propis d'una llacuna litoral de riera, que tendeix a ser estuàrica.
- Recuperar unes mides o proporcions similars a les originalment existents, és a dir:

Longitud variable: d'algunes desenes de metres fins a un centenar llarg de metres.

Cota del fons: Lleugerament per sota de la cota zero, per permetre el trànsit de fluxos vers el mar i viceversa, en cas de llevantades. Per tal de facilitar l'aportació permanent i la renovació mínima de les aigües del freàtic, els rebaixos es faran fins a la cota aproximada -1,7 a -1,8 m, amb la previsió que la tendència serà cap a un lent rebliment.

Platges dels marges: colonitzades per vegetació, segons la salinitat de les aigües. En principi, i tal com es denota en el terreny natural, sortiran amb molta vitalitat els canyissos, a part de les replantacions.

Tancament: en funció de la dinàmica de la barra litoral. Donada la regeneració de la platja serà molt difícil que les llevantades arribin a trencar la barrera física del sorral que separa el mar i la futura llacuna litoral.



Condicions hidrogeològiques naturals

La recàrrega de l'aqüífer litoral present a la zona es veu dificultada per la migradesa dels escolaments de la riera de la Bisbal i el balanç hídricament deficitari del Vendrell.

Es coneixen sínies antigues que aprofitaven l'aqüífer lliure. Amb tot, en l'actualitat el consum d'aigües subterrànies del sector sembla molt reduït.

Per tant, en cap cas s'hauran d'aportar aigües de fora per refer la zona humida que es vol crear. Es tractarà d'aigües del nivell freàtic, que es faran aflorar.

El nivell piezomètric mínim que es trobarà a la llacuna (és a dir el nivell més baix) se situarà molt a la vora de la cota zero, amb les variacions estacionals i diàries previsible. Malgrat tot s'ha de considerar que és una mica difícil o inexacta la precisió de la cota zero, donades les variacions referencials.

Els ascensos estacionals dels nivells piezomètrics seran causats per períodes relativament més humits, amb recàrrega d'aigües subterrànies que emergeixen a l'exterior. Aquests ascensos podrien arribar fins als 0,6-0,7 metres sobre el nivell piezomètric mínim. Les variacions diàries són, en canvi, molt menors.

Condicions hidroquímiques

Normalment, les aigües aflorants a les llacunes litorals presenten una salinitat de mitjana a elevada, segons el balanç hídric i la influència de les aigües marines per via subterrània, a través de la falca marina, o bé superficialment, a través dels temporals de llevant que aporten aigües a la llacuna.

Durant els treballs de situació de les canonades de recollida d'aigües negres i depurades que transiten per la riera de la Bisbal, per fer-les arribar a la planta impulsora, situada vora Sant Salvador, s'ha pogut veure la disposició del freàtic superior, a cotes pròximes a la cota zero.

Al mateix temps, aproximadament un centenar de metres més amunt, es va fer una caixa de fonamentació i registre de les canonades, i es va haver de bombejar les aigües durant un dia per deprimir el nivell freàtic vora d'un metre i així permetre un forjat millor del conjunt. Això va facilitar el mostreig i reconeixement de les aigües que probablement afloraran durant la reexcavació de la llacuna litoral de la riera de la Bisbal.

En la taula següent es mostren les anàlisis de les aigües freàtiques obtingudes els dies 13 i 17 de març de 1999 .



Conductivitat (mS/cm) Paràmetre, en mg/l	Freàtic Riera Canalitzada 13/3/1999 5050 mS/cm	Bombeig captació 17/3/1999 5820 mS/cm
Clorurs, Cl	1638	1900
Sulfats, SO ₄	229	275
Bicarbonats, CO ₃ H	477	484
Nitrats, NO ₃	11.6	10.7
Sodi, Na	935	1202
Magnesi, Mg	124	133.8
Calci, Ca	168	120.2
Potassi, K	40	50
Nitrits, NO ₂	0.32	0.06
Amoni, NH ₄	0.33	0
Fosfat, PO ₄	1.83	3.21
Silici, SiO ₂	11.83	11.29

En resum, podem pensar que la salinitat podrà oscil·lar de salabrosa a molt salabrosa (3 a 10 mS/cm) segons la dinàmica. Amb tot, desconeixem com evolucionarà la qualitat química i bioquímica de les aigües, així com la concentració de nutrients (nitrats, fòsfor, potassi) i l'oxigen dissolt, que guiaran el desenvolupament de la vida aquàtica dins la llacuna, i de retruc en el seu entorn.

Per un altre costat, es pot preveure que aquestes aigües de la llacuna es podran usar per a regs selectius, de les zones d'inundació temporal previstes o de la vegetació halòfila. I viceversa, segons com evolucioni la contaminació hi haurà l'opció de posar en contacte puntual les aigües marines amb les aigües de la llacuna, tal com s'ha efectuat sovint a llacunes del delta de l'Ebre.

Projecte de llacuna litoral

La llacuna vol recuperar l'antiga desembocadura de la llera de la riera de la Bisbal, de la qual coneixem com era antigament, abans dels anys seixanta, per les fotografies aèries antigues i pels testimonis dels vendrellencs.

Les restes de vegetació que existeixen dins del tram que es vol naturalitzar ens indiquen el traçat de la llera. Per tant, per respectar tres exemplars magnífics de tamarius i un sector on creix amb força el canyís, el disseny ve condicionat per aquest corredor que des de l'angle NW es dirigirà a l'extrem del sector a naturalitzar.



Tan sols a la vora la platja, la llacuna es pot obrir per crear una massa d'aigua major i recordar possibles àrees humides més antigues, a manera d'antigues desembocadures.

A la llum de tots els raonaments i les anàlisis s'han dissenyat la llacuna i les zones d'inundació temporal annexes, que tenen les següents característiques:

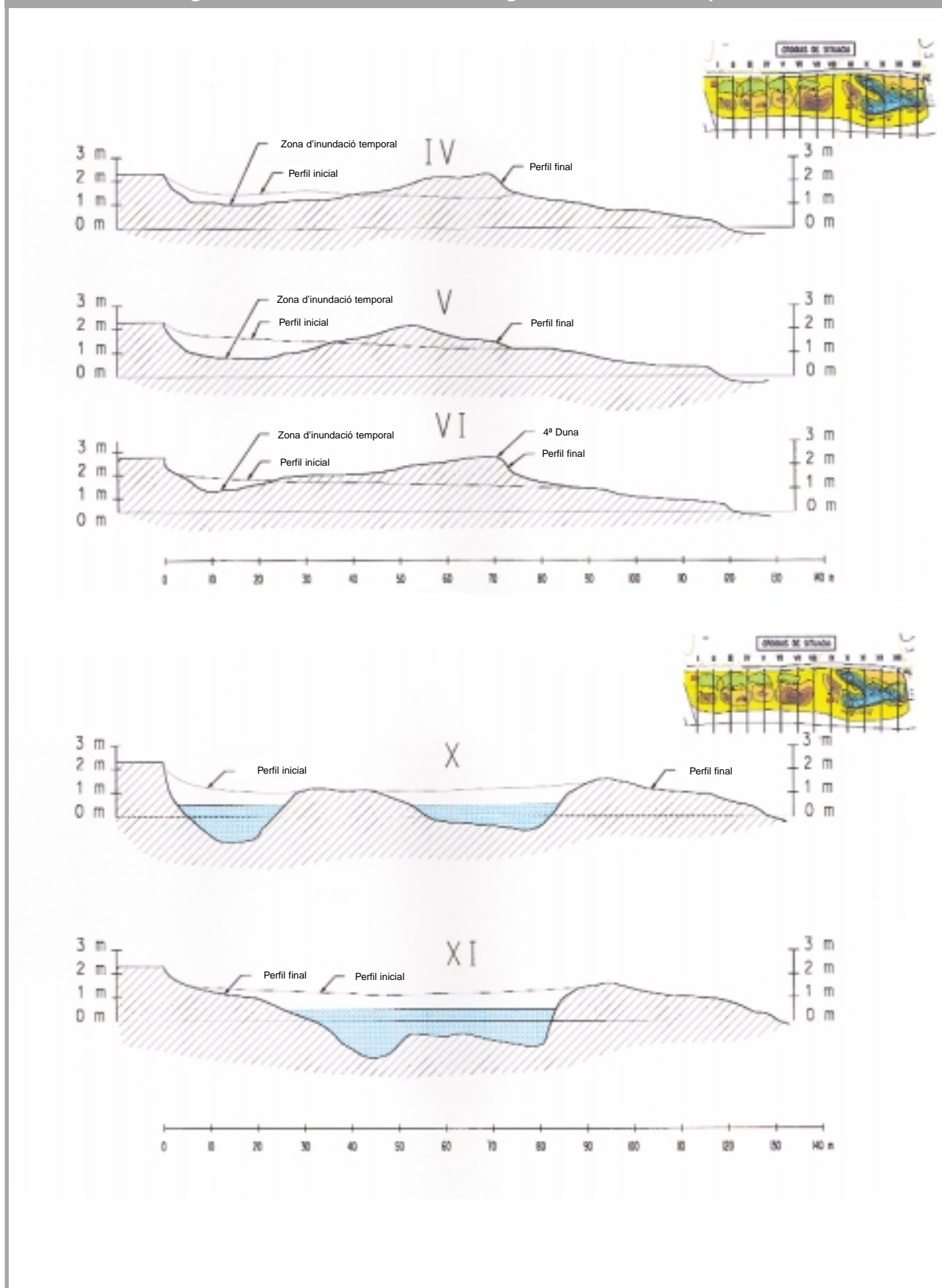
Els paràmetres principals de la llacuna seran:

Superfície mínima d'aigua:	4.060 m ²
Superfície màxima de les aigües:	7.500 m ²
Fondàries màximes:	1,75 m sota nivell del mar
Perímetre mínim i màxim:	475 i 560 metres
Volum mínim i màxim d'aigües emmagatzemades:	4.400 a 6.600 m ³
Volum d'extraccions a realitzar:	11.420 m ³
Percentatge aprofitable en la construcció dels relleus dunars:	65% aproximadament (7.700 m ³ a 11.420 m ³)

En els perfils de la *figura 3* es pot veure la cota mínima de les aigües emmagatzemades i la probable cota màxima de les aigües.



Figura 3: Perfils transversals - Figure 3: Transversal profiles



Les zones d'inundació temporal

A fi d'incrementar la geodiversitat local que afavoreix la biodiversitat i per reconstruir aproximacions a paratges similars, s'ha proposat la instal·lació de zones inundables en les reredunes, tal com es pot veure en el mapa de l'aspecte global (*Figura 2*).

En el cas d'aquestes zones d'inundació temporal, les aigües s'acumulen en algunes planes o cubetes arran d'escolaments o desbordaments superficials, lligats sempre a pluges immediates en l'espai o el temps. En principi són àrees deslligades o separades dels nivells aquífers locals.

El nombre de dies amb inundació és molt menor que a les zones humides permanents, la seva química és molt variable i no pot establir-s'hi una fauna estable. La vegetació, de transició, també és diferent.

S'han projectat unes planes reduïdes i semiindependents darrera de cada duna (cinc en total), amb la realització d'un rebaix proper al mig metre, per facilitar l'acumulació d'aigua pluvial que lentament s'anirà evaporant i infiltrant. El rebaix no arribarà al nivell freàtic. Com a màxim en períodes especialment plujosos i sempre que el nivell freàtic pugés de l'ordre de 0,5 a 0,7 m sobre el nivell o cota zero, es confondrien els nivells durant uns quants dies.

Zona d'inundació temporal número	Extensió màx. (m ²)	Volum d'extracció (m ³)
1	1.300	850
2	1.400	900
3	1.200	800
4	900	580
Total	4.800	3.130

En els perfils transversals es pot veure el perfil final (*Figura 3*)

Aquestes zones es podrien, si es cregués convenient, inundar o regar mitjançant el bombeig de les aigües de la llacuna litoral veïna, tant per fer una renovació com per afermar la revegetació proposada d'aigües predominantment salobroses.

Aquests àmbits d'inundació temporal també són una barrera de protecció contra la hiperfreqüentació dels sorrals dunars, i poden canalitzar els fluxos de gent per les passeres.

