

# alguer de mataró

## ESTUDI DE L'ALGUER DE MATARÓ

Campanya 2025



Ajuntament de Mataró



Ajuntament de Badalona

Escola del Mar



UNIVERSITAT DE  
BARCELONA

MUSEU  
DE MATARÓ





## **AUTORS:**

Gregori Muñoz-Ramos i Xavier Seglar (Escola del Mar. Ajuntament de Badalona)

## **ASSESSORAMENT CIENTÍFIC**

Javier Romero ( Departament d'Ecologia. Universitat de Barcelona).

## **ANNEX 1:**

**Informe de las actividades realizadas durante el 2025 por el CEAB-CSIC en el marco del proyecto STORM:** *“Tormentas de cambio: cómo fenómenos meteorológicos extremos alteran los ecosistemas costeros mediterráneos, sus servicios y su percepción por parte de la sociedad.”*

**Personal del Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CEAB) involucrado en los muestreos realizados en Mataró en 2025:** Candela Marco-Méndez (coordinadora; investigadora postdoctoral), Felix Calonge (voluntario), Pol Ramis (técnico de investigación CEAB-CSIC), Lucía Rodríguez Arias (estudiante de doctorado CEAB-CSIC),

## **VOLUNTARIAT AMBIENTAL**

Guillermo Álvarez	Albert Fernández
Pol Anillo	Alberto Fierro
Gerard Artigues	Antoni Gea
Sandra Berral	Wayne Genthner
Oriol Borrajo	Alba González
Albert Borràs	Alejandro Guillén
Josep Borràs	Iñigo Gutiérrez
Karl Cajtak	David Guzman
Sandra Campos	Xavier Llurba
Martí Cano	Arnau Martínez
Alex Caparros	Eric Martínez
Anna Maria Claus	Robert Mayoral
Anna del Pino	Naomi McLatchie
Harald Derkx	Kevin McLatchie
Mathys Derkx	Candela Mendez-Marco
Aitziber Díaz	Gregori Muñoz-Ramos
Oriol Domingo	Omar Nassib
Ricard Domínguez	Nacho Olano

Daniel Pinyol  
Raúl Portugués  
Roger Punsola  
Eva Ramírez  
Pol Ramis  
Margot Riera  
Lucia Rodríguez  
Jonathan Roigé  
Irene Roigé  
Tiziana Romano  
Antoni Salvà  
Xavier Seglar  
Oscar Segura  
Marc Sicilia  
Nerea Vieitez

# ÍNDEX

<b>1. INTRODUCCIÓ .....</b>	<b>6</b>
<b>2. DESCRIPCIÓ DELS TREBALLS FETS.....</b>	<b>8</b>
MATARÓ I .....	8
MATARÓ II .....	9
MATARÓ III .....	10
PINS MAR (MATARÓ IV) .....	10
<b>3. RESULTATS .....</b>	<b>12</b>
3.1 DENSITAT .....	12
3.2 COBERTURA.....	19
3.3 DISTÀNCIA BARRA-POSIDÒNIA.....	25
3.4 DINÀMICA DEL SEDIMENT .....	32
3.5 FLORACIÓ.....	40
<b>4. CONCLUSIONS .....</b>	<b>41</b>
<b>ANNEX 1 .....</b>	<b>43</b>

## 1.INTRODUCCIÓ

El litoral Català és una zona ambientalment molt sensible i, alhora un espai on l'acció humana hi produeix una forta pressió econòmica i urbanística. És molt important la seva preservació, conservació i protecció.

Per poder fer aquesta preservació de manera efectiva cal disposar de les dades que ens mostrin el seu estat de conservació, i així poder prendre les mesures adients per gestionar el litoral i avançar cap a la seva gestió integral i sostenible.

Les comunitats submarines canvien, i el seu monitoratge de manera continuada es un mecanisme clau per a detectar aquests canvis i per prendre les decisions per actuar i aconseguir la seva conservació

El projecte ALGUER DE MATARÓ és un bon exemple de com poder disposar de dades de l'estat de conservació d'una de les comunitats submarines més importants i emblemàtiques de la mar Mediterrània; la pradera de *Posidonia oceanica* que hi ha davant de la costa matoronina.

Aquestes dades, a més, no només es tracten de dades puntuals, sinó que es disposa d'una sèrie continua de 29 anys de seguiment, que és la segona més llarga de la costa Catalana.

Aquesta sèrie tant llarga de dades permet:

1. Avaluar el seu estat de conservació, complint les exigències tècnic-científiques
2. Estudiar la seva evolució
3. Mostrar les principals amenaces quines son les amenaces

Cal destacar que la base d'obtenció de les dades és el voluntariat ambiental submarí, la qual cosa encara dona a més del valor científic una vàlua social a aquest projecte. Aquest projecte que va néixer el 1997, ara s'ha transformat amb una activitat de CIÈNCIA CIUTADANA com un indicador del compromís d'una part de la societat, les persones que practiquen el submarinisme esportiu, amb la conservació del medi marí,

També aquest any comptem amb les dades obtingudes per l'equip del CEAB (Centre d'Estudis Avançats de Blanes) que està avaluant l'efecte del temporal Glòria sobre les praderies de posidònia del litoral català i balear. Mataró és un dels punts de seguiment.

Un any més volem agrair la participació del voluntariat que ja porta 2.259 h de treball submarí amb la participació de 656 persones. Sense la seva valuosa participació aquest projecte no seria possible.

## **2. DESCRIPCIÓ DELS TREBALLS FETS**

### **MATARÓ I**

#### **21/02/2025**

Immersió de plaer a la barra de La Trencada però que hem aprofitat per comprovar que s'havien observat fruits de posidònia en desenvolupament. Efectivament a una fondària de 15 m i per la part de fora de la barra hi ha una praderia fragmentada i amb unes quantes flors amb fruits en creixement. Hem anat a la part de la costa de la barra però n'hem vist. Hem fet fotos i vídeo.

#### **19/07/2025**

Immersió amb el CEAB dins del projecte STORM per avaluar l'efecte del temporal GLORIA sobre les praderies de posidònia de Catalunya i Balears. Hem aprofitat per revisar l'estat de les barres i mesurar la seva alçada i la distància barra-posidònia. La pradera manté la seva estructura fragmentada i avui, les plantes, estaven recobertes d'una capa de material fi que no deixava veure el verd de les fulles. Aspecte de finals d'estiu amb les fulles completament epifitades. S'ha de revisar que les barres 4N i 5N estiguin correctament marcades, sembla que falta una brida a la 5N. Hi ha participat Candela Marco-Mendez, Pol Ramis, Lucia Rodríguez del CEAB i Wayne Genthner, David Guzman, Gregori Muñoz-Ramos, Omar Nassib i Roger Punsola.

#### **24/10/2025**

Immersió per preparar l'estació I per al treball amb voluntariat del diumenge. Hem mesurat l'alçada de les barres i la distància barra-posidònia. També hem avançat feina d'algunes barres agafant les dades de densitat, cobertura i enterrament. Hem deixat totes les barres unides per un cap guia. Aigua una mica tèrbola i amb una corrent de llevant que ens ha dificultat una mica la feina. L'aigua està a 20°. Ens han acompanyat del CEAB per agafar unes mostres amb CORER. La pradera, en aquesta estació encara està molt descalçada i segueix mantenint una estructura molt fragmentada. Hi ha participat Guillermo Àlvarez, Pol Anillo, Karl Cajtak, Felix Calonge, Anna Maria Claus, Alberto Fierro, Antoni Gea, Wayne Genthner, Iñigo Gutierrez, Candela Marco-Méndez, Diego Martínez, Gregori Muñoz-Ramos, Nacho Olano, Sergi Pérez, Roger Punsola, Pol Ramis, Margot Riera, Lucia Rodríguez, Ferran Roure i Xavier Seglar

**26/10/2025**

Immersió amb el voluntariat per agafar les dades de l'estació. Aigua molt neta i tranquil·la que ha facilitat la feina, tot i que el dia està ennuvolat i plou. Aigua a 20°. Hem pogut fer totes les feines i ha vingut uns voluntaris del CRAM amb un càmera per agafar imatges. No hem trobat flors i hem anat cap a l'interior de l'alguer i la planta està força descalçada. Sembla que hagi entrat sorra ja que les plates properes a les barres estan enterrades. Hi ha participat 24 persones: Pol Anillo, Arnau Argemí, Sandra Berral, Albert Borràs, Karl Cajtak, Sandra Campos, Anna Maria Claus, Anna del Pino, Oriol Domingo, Alberto Fierro, Iñigo Gutierrez, Xavier Llurba, Arnau Martínez, Robert Mayoral, Gregori Muñoz-Ramos, Daniel Pinyol, Roger Punsola, Eva Ramírez, Jonathan Roigé, Irene Roigé, Ferran Roure, Xavier Seglar, Oscar Segura i Marc Sicília.

## **MATARÓ II**

**20/06/2025**

Immersió per preparar l'estació pel treball amb el voluntariat que està previst fer el diumenge. S'han revisat les barres i s'ha posat un cap guia. A més s'ha mesurat l'alçada de cada barra i la distància de la barra al límit de l'alguer. També s'han fet mesures de densitat i de cobertura. Martí Cano, del Pino Anna, Ricard Domínguez, Alberto Fierro, Antoni Gea, Naomi McLatchie, Kevin McLatchie, Gregori Muñoz-Ramos, Nacho Olano, Roger Punsola, Antoni Salvà, Xavier Seglar, Nerea Vieitez. Falta la barra 1B2N i la barra 1B està trencada.

**22/06/2025**

Immersió de voluntariat per obtenir les dades de la cobertura de l'estació II. Mar quasi pla i aigua força neta. Hem trobat totes les barres. Hem fet el tram que va des de la barra 1N6B a la 3B. Pol Anillo, Gerard Artigues, Oriol Borrajo, Albert Borràs, Josep Borràs, Martí Cano, Alex Caparros, Anna Maria Claus, Anna del Pino, Harald Derkx, Mathys Derkx, Aitziber Díaz, Ricard Domínguez, Albert Fernández, Alberto Fierro, Alba González, Alejandro Guillén, Iñigo Gutiérrez, Eric Martínez, Raúl Portugués, Roger Punsola, Tiziana Romano, Nerea Vieitez

## **MATARÓ III**

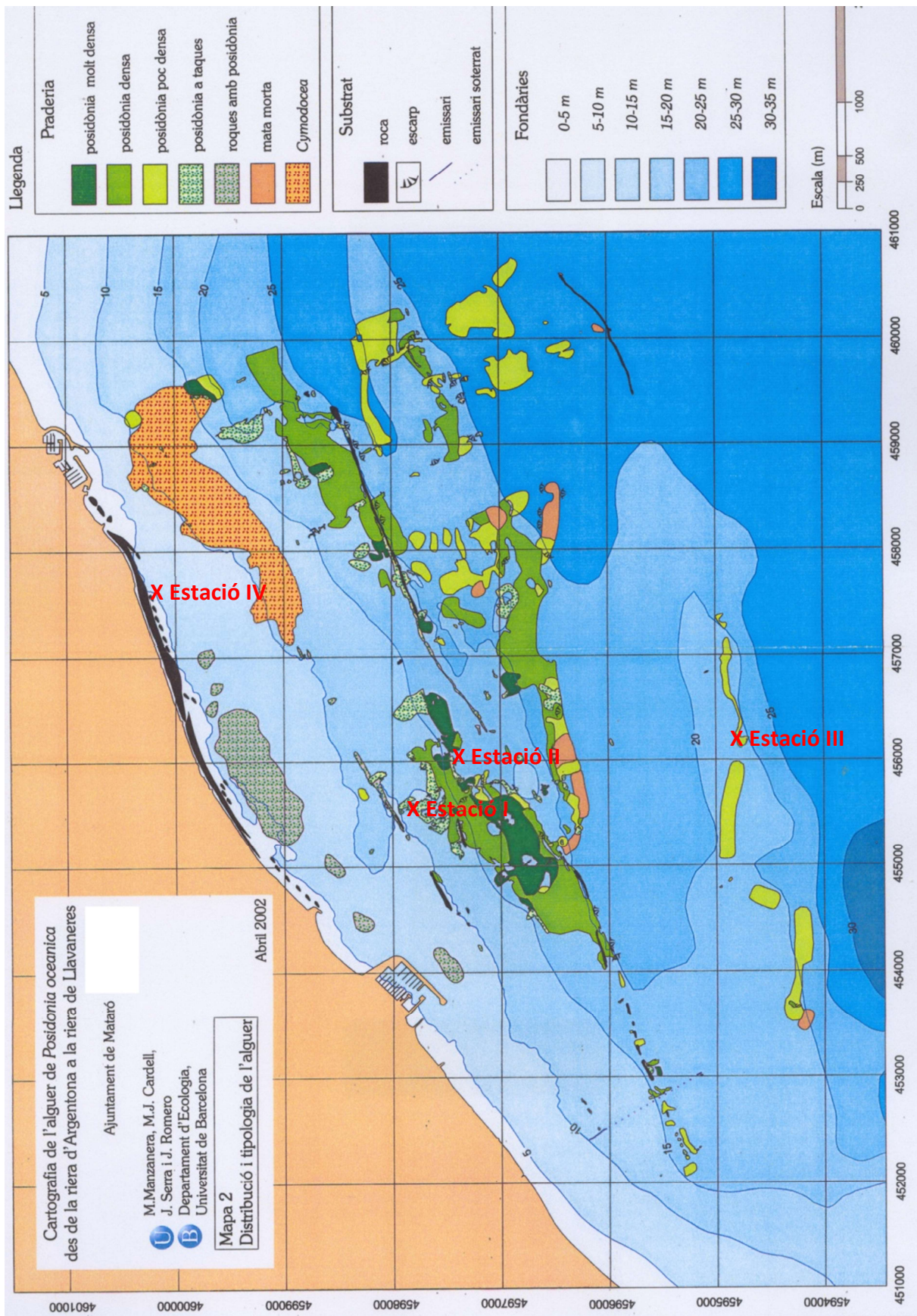
**18/07/2025**

Immersió de voluntariat per obtenir les dades de l'estació III. Mar quasi pla i aigua molt neta, es veuen les taques de posidònia quasi des de la superfície, tot i estar a 16 m de fondària. Una mica de corrent ens dificulta baixar però un cop a baix la corrent és constant però ens deixa treballar. S'han pogut fer totes les feines. Transsecte longitudinal per valorar la cobertura i 4 densitats per cada barra de les puntes i 2 per cada barra dels laterals. La taca presenta molts espais sense plantes però mostra signes de vigorositat. Un pop ens ha donat la benvinguda, hi havia força gerrets i al Xavi li ha picat una *Alicia mirabilis* Guillermo Álvarez, Martí Cano, Gregori Muñoz-Ramos, Omar Nassib, Nacho Olano, Roger Punsola, Margot Riera, Antoni Salvà, Xavier Seglar.

## **PINS MAR (MATARÓ IV)**

**18/07/2025**

Immersió de voluntariat per obtenir les dades de l'estació IV. Mar arrissada amb aigua neta. Ens hem posicionat davant de Reciclauto i de seguida hem trobat les taques de posidònia que vam marcar amb una barra. Es troben a uns 5 m de fondària. S'han pogut fer totes les feines. Guillermo Álvarez, Martí Cano, Gregori Muñoz-Ramos, Omar Nassib, Nacho Olano, Roger Punsola, Margot Riera, Antoni Salvà, Xavier Seglar.



Situació de les estacions a la praderia de Mataró.

### 3. RESULTATS

En les jornades de mostreig que es realitzen a l'alguer de Mataró són diversos els paràmetres que es mesuren per tal de poder caracteritzar i conèixer el millor possible l'estat de conservació i l'evolució d'aquest espai natural. A continuació repassarem cadascun d'aquests paràmetres presentant els resultats obtinguts aquest any i posant-los en comú amb els obtinguts en les campanyes anteriors. Ho farem per cadascuna de les quatre estacions de mostreig que tenim i posteriorment en farem un anàlisi conjunt.

En el mapa de la plana anterior es pot veure el plànol de la cartografia de la praderia feta el 2002 amb una marca a cadascuna de les posicions de les quatre estacions que es mostregen actualment.

#### 3.1 DENSITAT

La densitat és el paràmetre que mesura el número de feixos de planta que hi ha per metre quadrat. Ens dona una idea de l'estat de salut de la pròpia planta. De res serveix tenir una praderia amb una gran superfície ocupada per plantes amb pocs feixos ja que implicaria un possible deteriorament de la seva salut. En canvi una superfície, encara que petita, on les plantes estiguin força desenvolupades té més probabilitats de créixer i progressar si no rep cap impacte fora de l'habitual.

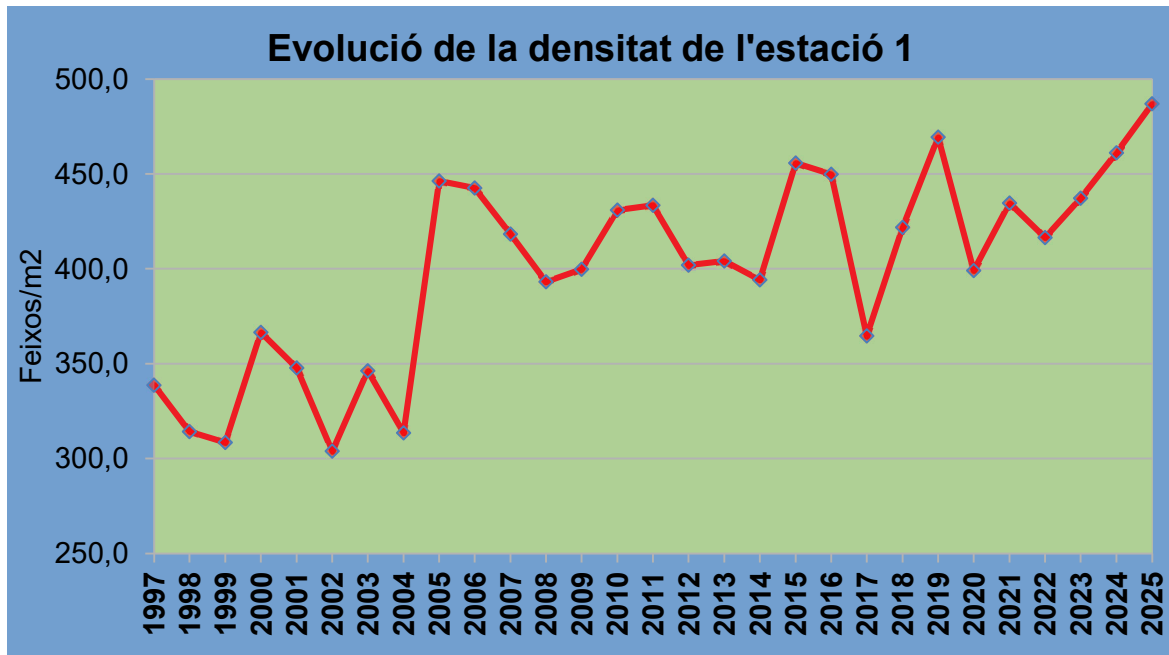
##### 3.1.1 Estació 1

L'estació 1 es troba aproximadament a uns 12 metres de fondària. És la segona estació menys fonda de les quatre que tenim actualment i molt propera a la zona costanera, sent molt susceptible de rebre els impactes que es produeixen sobre l'espai litoral.

La següent taula mostra les dades de densitat de l'estació 1. Per a cada barra es fan tres mesures de densitat en tres punts diferents i se'n fa la mitjana que és el que presentem aquí. Podem veure que la densitat mitjana de l'estació 1 el 2025 ha estat de 487 feixos/m<sup>2</sup> amb una desviació estàndard aproximada de 72, un valor que continua reflectint l'heterogeneïtat d'aquesta estació, amb valors mitjans que fluctuen des dels 329 feixos/m<sup>2</sup> de la barra 3B fins als 585,4 feixos/m<sup>2</sup> de la 1B, però que millora respecte els 124 de l'any passat.

Barra	1B	2B	3B	4B	5B	5N	4N	3N	2N	1N	MITJANA
Densitat (feixos/m <sup>2</sup> )	585	494	329	410	510	504	556	510	494	475	487

En la gràfica següent podem veure quina ha estat l'evolució anual de la densitat a l'estació 1 en els últims 29 anys des de que vam començar els mostrejos el 1997.



S'observa clarament que des del 2005 els valors de densitat en aquesta estació han oscil·lat normalment dins de l'interval limitat pels 400 i 450 feixos/m<sup>2</sup>. En els dos últims anys, però, s'ha sortit d'aquest llindar per dalt, amb valors de 461 i 487. És aviat per veure si aquests valors es consoliden, però, en qualsevol cas, sempre és millor sortir de l'interval per dalt que per baix.

Les dades obtingudes durant els darrers sis anys mostren que a nivell de densitat, per tant de salut de la planta, l'impacte del temporal Glòria no va ser gaire dur, un fet clarament positiu, i els valors s'han mantingut de manera estable dins del canal esmentat. També és positiu que la mitjana de la densitat en aquesta estació dels últims 11 anys està per sobre dels 430 feixos/m<sup>2</sup>, és a dir, en la banda alta del canal.

### 3.1.2 Estació 2

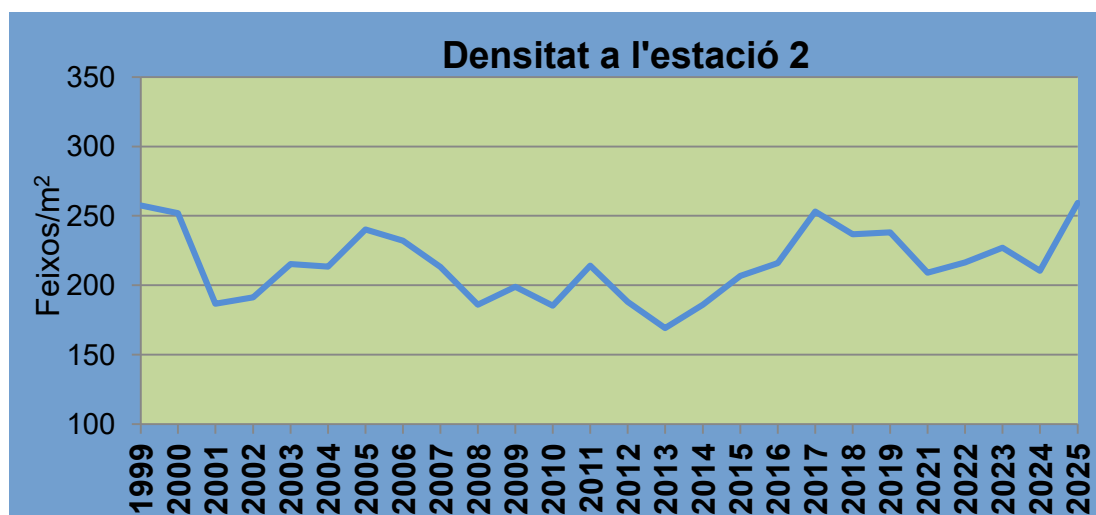
L'estació 2 es troba en una zona més allunyada i més fonda de la praderia, aproximadament entre els 18 i 20 metres de fondària. És l'estació més fonda que tenim i la més sensible a canvis en la transparència de l'aigua, ja que, trobant-se en el límit efectiu en el qual la planta pot fer la fotosíntesi, un empitjorament d'aquest paràmetre podria posar en dificultats la seva supervivència i iniciar un procés de regressió important.

Aquesta estació compta amb el doble de punts de mostreig que l'estació I, amb un total de 20, ja que, als 10 inicials que es varen establir al principi, se'n van afegir 10 més en veure que, adjacent a la zona de mostreig, existia un esglaó erosiu amb un comportament sedimentològic força particular que feia recomanable ampliar l'estació amb 10 nous punts d'estudi. Per aquesta raó també molts cops donarem les dades tant a nivell de tota l'estació com desglossades segons el que anomenem zona antiga i zona nova. Com en el cas de l'estació 1 es fan tres mesures de densitat per punt de mostreig.

La dificultat per mostrejar aquesta estació, donada la seva fondària i el nombre elevat de punts de mostreig que té, ha fet que en els últims anys no hagi estat possible cobrir-la sencera. Per això s'ha decidit disminuir el número de densitats mostrejades. El fet que la densitat de l'estació s'hagi mantingut gairebé de manera constant entre els 170 i els 240 feixos/m<sup>2</sup> durant els darrers 20 anys permet considerar aquest paràmetre com a "no crític". D'aquesta manera, es fa un mostreig de menor magnitud d'aquest paràmetre que actua com a prova de control. Si els resultats obtinguts es mantenen dins de l'interval citat s'acceptarà que tot està dins de la normalitat, mentre que si hi ha una desviació perceptible s'intentaria tornar als protocols originals.

Aquest any s'han fet 21 controls de densitat que han donat un resultat de 260 feixos/m<sup>2</sup>, dada que està dins dels marges de confiança acceptats, i que supera amb diferència els 210 feixos/m<sup>2</sup> obtinguts en el control fet a 22 punts l'any passat, els 227 obtinguts en 18 punts el 2023 i els 216 de 2022.

La següent gràfica mostra l'evolució de la densitat de l'estació 2 des de que es va començar a mostrejar.



Des de 2005 aproximadament, els valors mitjans de l'estació s'han situat en la franja dels 170 i els 240 feixos/m<sup>2</sup>, tot i que hi ha diferències i fluctuacions segons la zona de la praderia que es mostregi. L'estabilitat d'aquesta estació, que ja dura més de 25 anys, és, sens dubte, un element positiu a valorar.

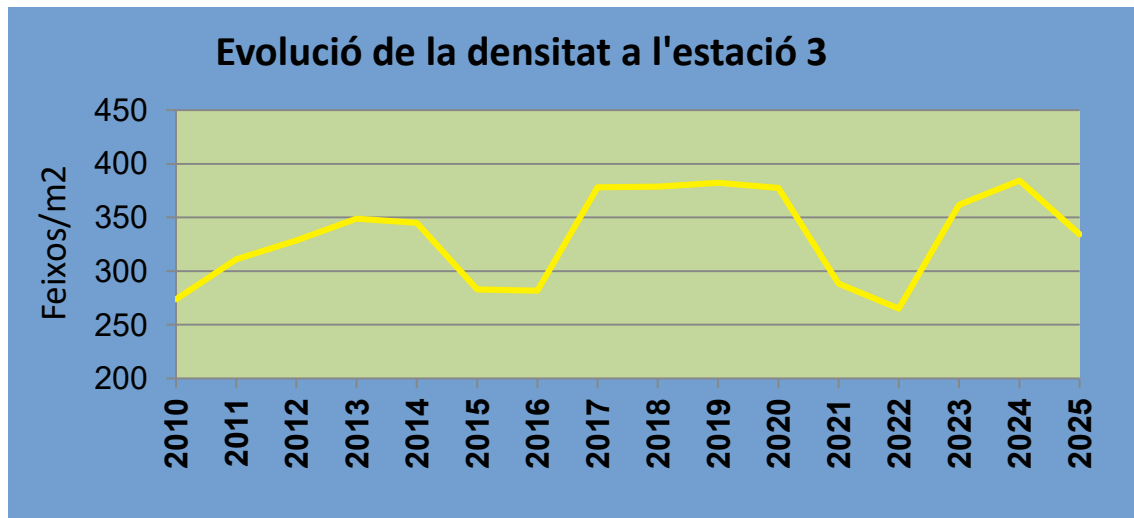
### 3.1.3 Estació 3

L'estació 3 o de Cap Sa Tira es troba en la zona del mateix nom. És la més allunyada de la costa, en un punt on la fondària, que ja havia superat àmpliament els 20 metres, torna a situar-se per sota d'aquesta cota. En aquesta zona la posidònia no forma una praderia compacta, com passa amb la praderia principal, sinó que es troba molt repartida en taques de diferents dimensions. En una d'aquestes taques, d'aproximadament uns 50 metres de llarg per uns 10 d'ample, hem establert l'estació 3 amb 4 punts de mostreig. En total es fan 12 mesures de densitat.

<b>Barra</b>	<b>1N</b>	<b>1N+5</b>	<b>1N1B</b>	<b>1N1B+5</b>	<b>1B</b>	<b>1B+5</b>	
<b>Densitat (feixos/m<sup>2</sup>)</b>	431	363	350	288	419	413	
<b>Barra</b>	<b>1B+10</b>	<b>1B+20</b>	<b>2B+20</b>	<b>2B+10</b>	<b>2B+5</b>	<b>2B</b>	<b>MITJANA</b>
<b>Densitat (feixos/m<sup>2</sup>)</b>	238	438	319	175	213	369	<b>334</b>

La mitjana de densitats de l'estació 3 ha estat de 334 feixos/m<sup>2</sup>, un valor que, tot i ser menor al dels dos últims anys (384 i 362), mantenen la sèrie, després de 2 anys força dolents (2021 amb 288 i 2022 amb 265), en valors més habituals per aquesta praderia. Amb tot, el fet que les dades de cobertura, com veurem més endavant, continuïn sent dolentes, fa que haguem d'estar vigilants per veure si realment existeixen perspectives de recuperació en aquesta estació.

Això es pot veure en la sèrie històrica que mostrem a continuació, on sembla que el trenca-ment, durant 2021 i 2022, de la tendència positiva que havíem tingut des de 2017 s'ha aconseguit remuntar en els tres últims anys.



### 3.1.4 Estació 4

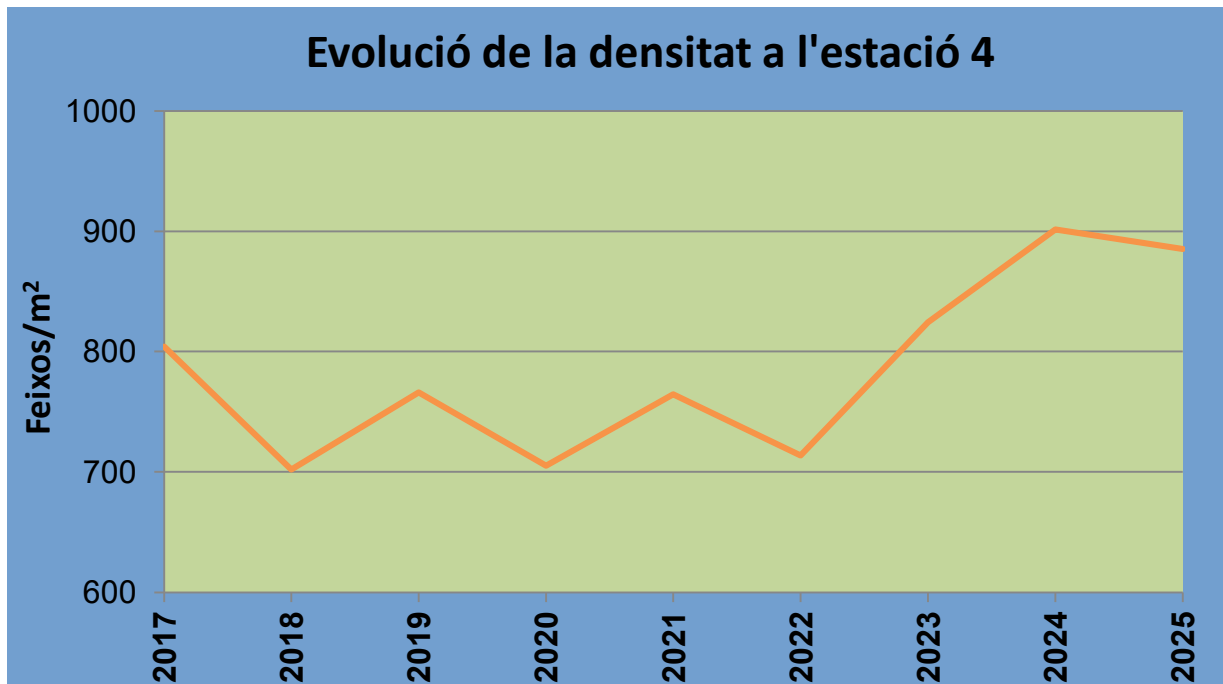
L'estació 4 es troba a la zona de Pins Mar a una fondària que està sobre els 5 metres, una de les fondàries més petites en les que trobem posidònia en el litoral barceloní. És una zona amb les plantes molt disperses, de manera que les trobem bàsicament en zones o taques reduïdes i espaiades entre elles. Fins ara s'han localitzat 4 zones d'unes dimensions suficients com per poder prendre-hi mesures de densitat de manera mínimament fiable.

Aquest any es van fer onze mesures de densitat en una d'aquestes zones. La mitjana total obtinguda va ser de 885 feixos/m<sup>2</sup>, una xifra molt elevada, especialment si la comparem amb els valors presentats en les altres estacions. És interessant veure i analitzar que una estació tan soma, i que per lògica hauria d'haver patit més severament l'impacte del Glòria, no s'hagi vist pràcticament afectada, mantenint uns valors que bé podrien ser els més alts obtinguts al nostre país. Malauradament, com hem dit, aquesta estació no caracteritza una praderia com a tal, sinó unes zones on s'ajunten una sèrie de taques aïllades.

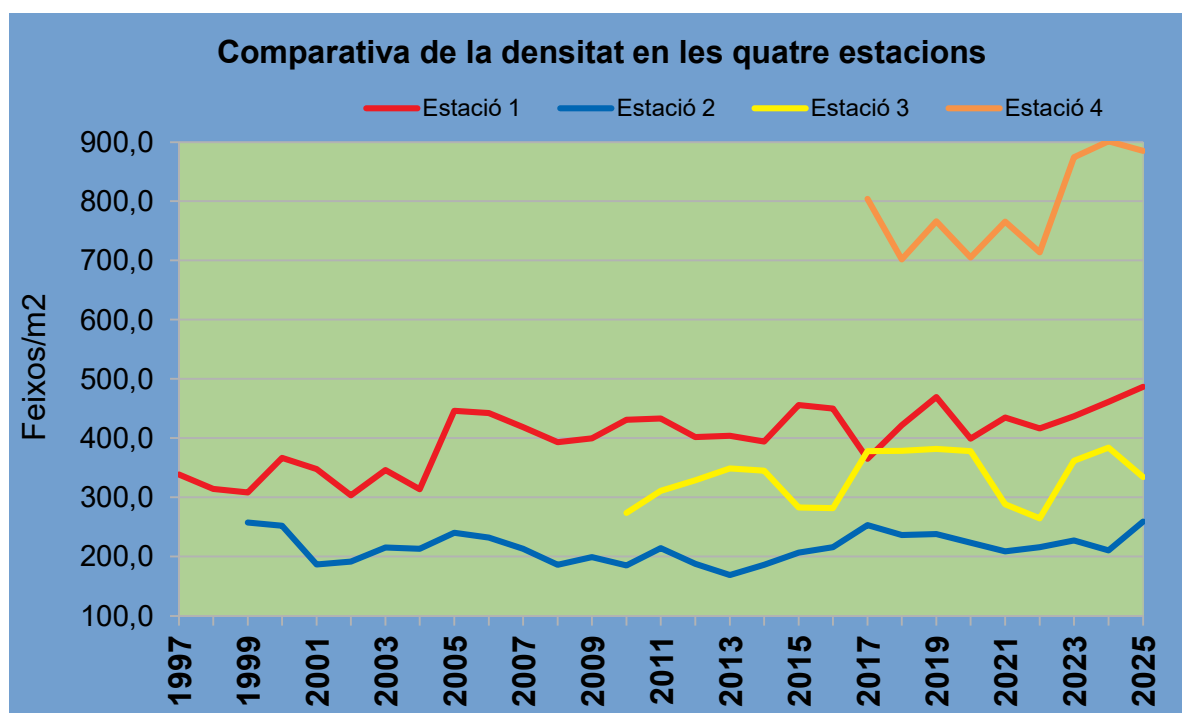
S'estan obtenint dades des de 2017 i, tot i que la morfologia explicada d'aquesta estació és complicada i fa que sigui difícil considerar-la igual que les altres tres per la seva alta dispersió, podem començar a analitzar les dades obtingudes en aquests 9 anys.

Aquestes dades presenten uns valors força elevats i força homogenis com veurem en la següent gràfica. La mitjana obtinguda durant aquests 9 anys ha estat de 785 feixos/m<sup>2</sup>, amb una desviació estàndard de 75, movent-nos entre els 702 feixos/m<sup>2</sup> de 2018 i els 902 de l'any passat. Tot plegat és un bon indicador del bon estat de salut de la planta en aquesta

zona. Dissortadament, com hem comentat, no es tracta d'una praderia contínua ni de taques de grans dimensions, sinó que es troba de manera dispersa i heterogènia i per tant és més sensible a impactes externs, especialment a aquells derivats d'intervencions sobre el litoral.



### 3.1.5 Anàlisi conjunta



L'anàlisi conjunta de les quatre estacions referma part de les afirmacions que ja hem fet fins ara. En primer lloc observem les claríssimes diferències que hi ha entre l'estació 1 i l'estació 2, fet poc sorprenent donada la major profunditat de la segona estació. Hem de tenir present que posidònia és una planta, i com a tal fa la fotosíntesi procés pel qual és imprescindible la llum. Una major taxa de fotosíntesi implicarà un major creixement foliar i per tant una major densitat de feixos. La llum del sol perd ràpidament intensitat a mesura que guanya fondària, de manera que la llum disponible per fer la fotosíntesi a 19 metres és molt menor que la que hi ha als 12 metres de l'estació 1 o als 5 de la 4. Per aquesta raó és lògica aquesta distribució de densitats en funció de la fondària. Això queda també evidenciat amb l'estació 4 i els seus elevadíssims valors de densitat. La poca fondària d'aquesta estació i la consegüent major il·luminació provoquen aquesta major producció de la planta, no només en quantitat de feixos sinó en el propi gruix de les fulles, molt més consistent i gruixudes, fet que es nota fàcilment només tocant-les però que no hem pogut demostrar rigorosament.

L'estació 3 se situa en un punt intermedi entre la 1 i la 2, fet normal si tenim en compte que la seva fondària també està a mig camí entre les dues.

## 3.2 COBERTURA

La cobertura és un paràmetre que calcula el tant per cent de praderia que realment està cobert per la planta. És habitual que quan un mira la praderia des de fora, especialment en els mesos de primavera, estiu i principis de tardor, quan les fulles estan més llargues i la frondositat és més exuberant, tingui la sensació de que tota la superfície del fons està coberta per planta. Però quan un fa un examen més proper veu que realment això no és així i hi ha molta zona no ocupada per les plantes on només hi ha sorra o mata morta. La cobertura ens diu quina és la superfície de la praderia que realment està colonitzada. Si la densitat ens donava una idea de l'estat de salut de la planta, donant-nos la quantitat de feixos que té per metre quadrat, la cobertura ens dona un idea de l'estat de salut de la praderia en general. Ambdós paràmetres són complementaris i ens permeten, juntament amb el proper, el de la distància de regressió de la praderia, diagnosticar de manera bastant efectiva l'estat de l'alguer.

La cobertura es mesura en les tres primeres estacions, ja que l'estació 4 està formada per unes petites taques de pocs m<sup>2</sup>.

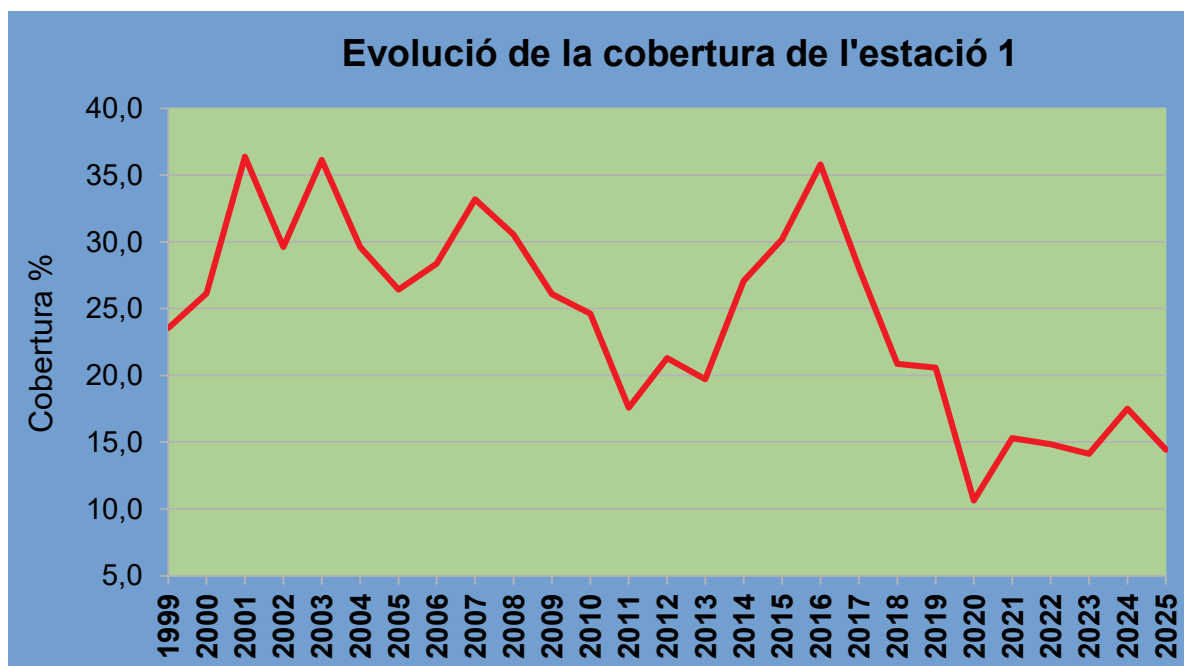
### 3.2.1 Estació 1

En cadascuna de les 10 barres de l'estació es fa un transsecte de 10 metres mesurant la cobertura a cada metre. Cada mostreig consta d'11 punts de mesura i a vegades el transsecte es realitza per duplicat.

La següent taula mostra els resultats de les cobertures per l'estació 1. La mitjana resultant és de 14,4% amb una desviació de 6,1.

Barra	1B	2B	3B	4B	5B	5N	4N	3N	2N	1N	MITJANA
Cobertura (%)	9,8	10,2	11,0	26,3	18,1	17,6	16,5	19,4	7,6	7,7	14,4

La gràfica de la taula següent mostra l'evolució de les cobertures durant tot el període de mostrejos.



La gràfica anterior mostra clarament com l'estació 1 és molt vulnerable a les afectacions per temporals severes.

El temporal de Sant Esteve de 2008 es veu clarament reflectit en els descensos continuats de cobertura durant els anys següents. La posterior recuperació entre 2011 i 2016 va ser a costa d'haver perdut una gran superfície de praderia que va acabar desapareixent. El temporal de gener de 2017 va ser un nou cop per aquesta estació, i, sense temps a recuperar-se, el Glòria ho va acabar de rematar deixant la cobertura a poc més del 10%. Haurem de veure si en els propers anys hi ha una certa recuperació i si aquesta és a costa de continuar perdent praderia com succeí després de 2007.

Ara per ara, pensar en una recuperació veritable és ser poc realista. L'impacte que ha rebut la praderia en aquesta zona és gairebé irrecuperable. Molt possiblement en els propers anys la cobertura mostri una certa millora, però haurem de veure com és capaç de suportar els diferents temporals que es vagin succeint.

Aquest any 2025 es manté la tendència irregular dels últims 5 anys post Glòria, oscil·lant entre el 14,1% del 2023 i el 17,5% de l'any passat (dada que ja es va explicar en l'informe

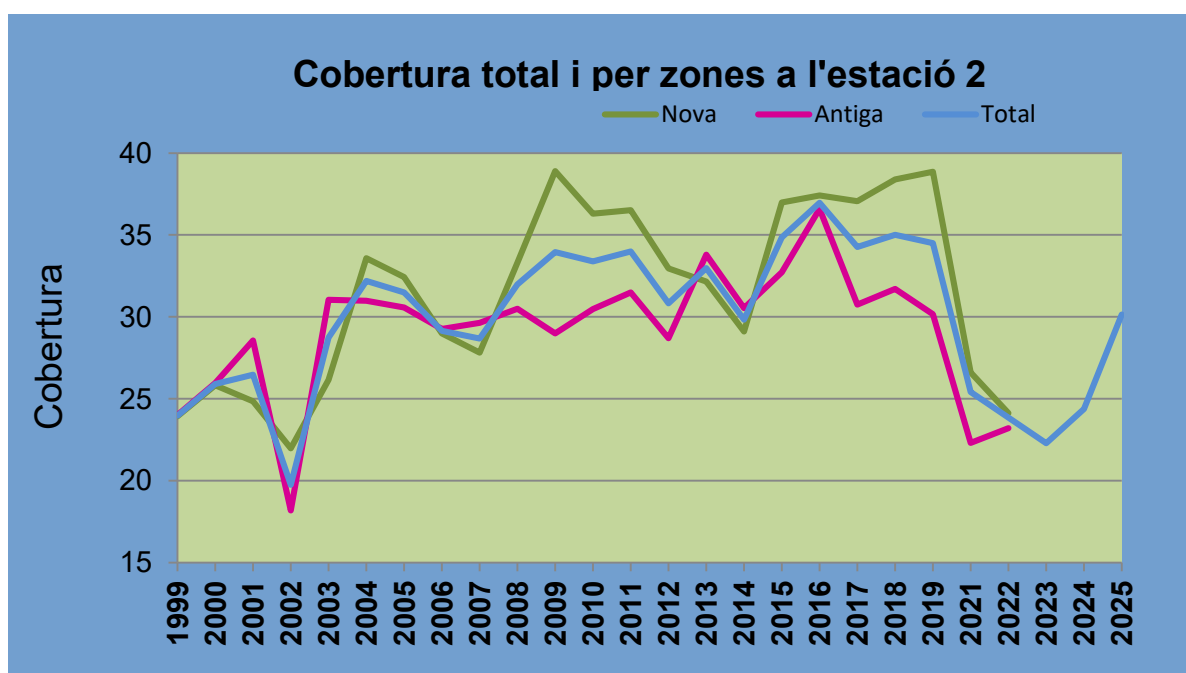
de l'any passat estava sobreestimada per un valor sospitosament alt en una de les barres, que, de no haver-se considerat, el total anual s'hagués acostat a la de la resta d'anys d'aquest període), amb un valor al 2025 de 14,4%. **3.2.2 Estació 2**

Com s'ha explicat amb la densitat, l'estació 2 te 20 punts de mostreig i la cobertura es mostra seguint el mateix procediment que s'ha especificat per la cobertura de l'estació 1: un transecte de 10 metres amb 11 punts de mostreig.

A continuació presentem les dades de les cobertures que s'han pogut mostrejar aquest any. La mitjana de cobertura total ha estat de 24,4%, 30,1% per la part antiga i 19,5% per la nova.

Barra	1N	2N	3N	4N	5N	5B	4B	3B	2B	1B	MITJANA ANTIGA
Cobertura (%)	36,1	34,0						32,7	38,0	25,0	33,2
Barra	1B 1N	1B 2N	1B 3N	1B 4N	1B 5N	1N 2B	1N 3B	1N 4B	1N 5B	1N 6B	MITJANA NOVA
Cobertura (%)	21,3		17,6				48,1	36,6	19,8	22,3	27,6
						MITJANA TOTAL					30,1

En la següent gràfica es veu el comportament de la cobertura al llarg de tot el període en que s'han fet els mostrejos.



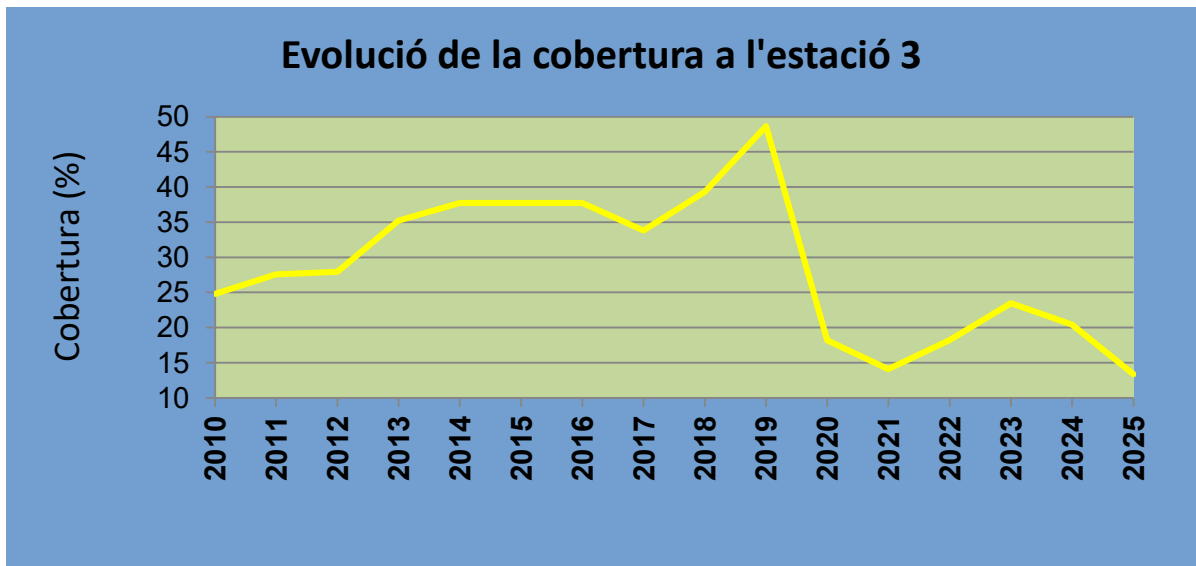
Com podem observar, des de 2004 els valors de cobertura s'havien mostrat força estables mantenint-se de manera gairebé constant entre el 30 i el 35%. Emperò, el Glòria sembla que també va afectar la cobertura d'aquesta estació que va caure notablement fins prop del 25%. Els anys 2020 i 2021 vam tenir poques dades i existia el dubte de la seva fiabilitat, però en els 3 anys següents semblà confirmar-se aquesta davallada temporal de la cobertura que, en aquesta estació, no va superar el 25%. Aquest any s'ha arribat al 30%, un ascens notable que caldrà confirmar en els propers anys. De ser així seria una molt bona notícia.

### 3.2.3 Estació 3

Com ja s'ha explicat abans, l'estació 3 és una estació singular ja que no és una praderia de gran extensió sinó una zona irregular de la que s'ha triat la taca que sembla que té les dimensions més grans. Això implica que els protocols que s'han aplicat per prendre les mesures en aquesta estació, tot i que segueixen el mateix model de mostreig que en la resta d'estacions, s'hagin hagut d'adequar a les circumstàncies d'aquesta zona. En el cas de la cobertura, en lloc de fer mostrejors de 10 metres a partir de cada barra de fita, agafant dades de metre en metre, s'ha fet un transecte de prop de 50 metres agafant la cobertura a cada metre.

El resultat de la cobertura ha estat del 13,4%, un resultat baixíssim, que trenca amb la lleugera tendència a l'alça que s'havia vist en els tres últims anys, i que és la pitjor dada obtinguda de tota la sèrie. Aquests baixos valors s'expliquen en gran part perquè la meitat de l'estació 3 va quedar molt malmesa després del temporal Glòria, amb valors actuals de cobertura per sota del 10%, mentre que l'altra meitat se situa en uns 18% que tampoc són molt esperançadors. Haurem de veure en els propers anys quina és la tendència que s'imposa.

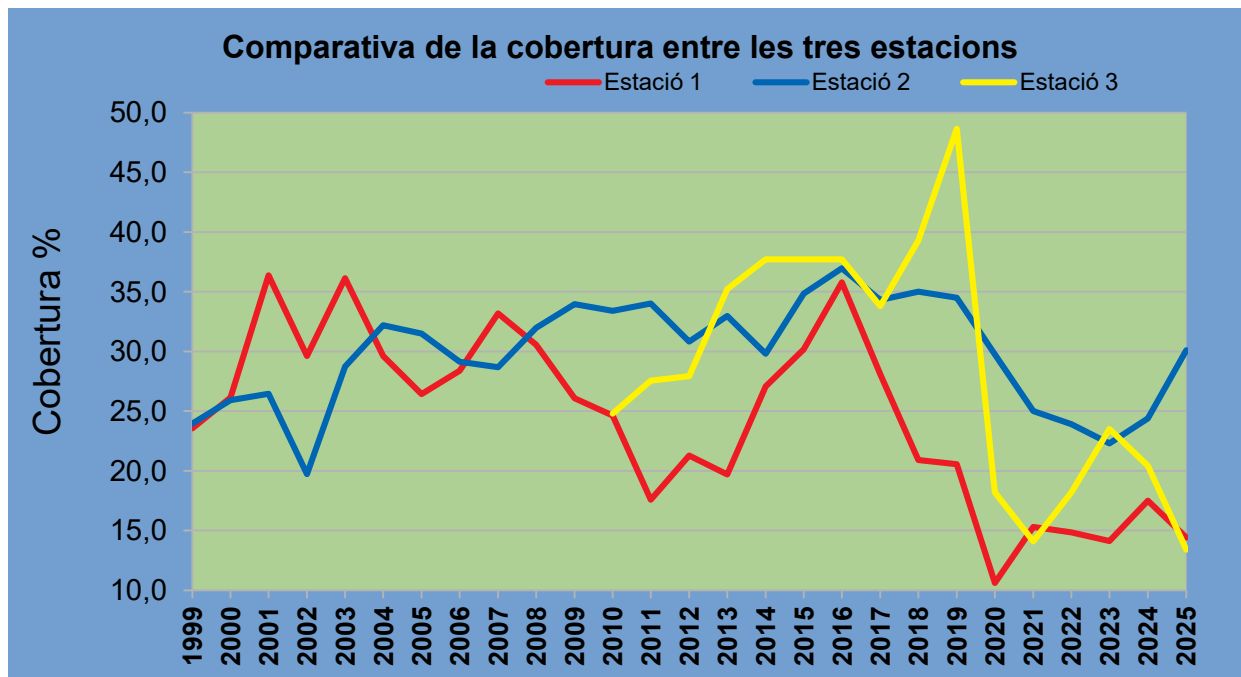
La següent gràfica mostra l'evolució de la cobertura de l'estació 3 des de que es van començar els mostrejors d'aquesta estació el 2010.



Com observem en la gràfica, les dades de cobertura van augmentar entre els anys 2010 i 2013, des del 25% fins el 35%. A partir d'aquell any les cobertures es van mostrar força estables al voltant del 35-40% amb l'única excepció puntual de 2017 on es va baixar molt lleugerament del límit del 35% i de 2019 quan es va superar el 45%. Malauradament, i tot i ser una estació molt allunyada de la costa, la seva poca fondària li ha passat factura amb el Glòria, que l'ha deixat molt malmesa i amb un recuperació força complexa. Des de llavors la cobertura de l'estació ha anat fluctuant sense mostrar una tendència clara, fet molt preocupant perquè la manté lluny dels valors del 40% als que va arribar.

Fa dos anys vam preveure que, si en els anys següents no teníem cap episodi similar, i tenint en compte que el comportament d'aquesta estació havia estat tradicionalment positiu, era possible que poc a poc es comencés a recuperar. Malauradament, els resultats dels dos últims anys no permeten ser tan optimistes i caldrà esperar als propers anys per veure quina és la tendència que s'acaba imposant.

### 3.2.4 Anàlisi conjunta



L'estació 2 i 3 havien tingut tradicionalment un comportament força més estable que la 1, que s'havia vist molt més afectada pels temporals que les altres dues. Emperò, el Glòria ha afectat a les tres de manera notable, com es pot veure en les davallades dels últims anys. Amb tot, l'efecte no ha tingut la mateixa magnitud, i, mentre que l'estació 2 sembla que és la que millor ha pogut aturar el cop, la 1 i la 3 han rebut un impacte molt més sever. Respecte a l'estació 4, sent una zona de taques disperses i amb densitats molt altes, és difícil poder-hi calcular valors de cobertura que siguin significatius.

### 3.3 DISTÀNCIA BARRA-POSIDÒNIA

Quan es fita per primer cop una estació per ser mostrejada, el primer que es fa és marcar els punts de mostreig amb barres de ferro que se situen just en el perímetre de les estacions coincidint amb la transició entre sorra i praderia. Com ja s'ha comentat es van col·locar 10 barres a l'estació 1, 20 a la 2 i 4 a la 3. Degut a que aquest límit no és estàtic sinó que varia amb el temps (mentre que hi ha zones de la praderia que retrocedeixen n'hi ha d'altres que progressen) es mesura la distància que hi ha des de la barra que fita el punt de mostreig, i límit original de la praderia, fins la planta viva més propera que trobem en l'actualitat.

Tot i que la mesura ideal d'aquesta distància seria la que separa la barra i el límit de la praderia, això no sempre és possible ja que hi ha zones, especialment a l'estació 1, en que aquest límit és difús, irregular i difícil d'establir, de manera que el protocol estableix que la distància mesurada és la que hi ha des de la barra a la planta viva més propera. Això és així quan el que hi ha és una regressió del límit de la praderia. Quan el que s'observa és una progressió, el límit sí que ha de ser evident de manera que la distància és la que separa la barra de la planta més propera d'aquest límit.

Per ser pràctics, les distàncies es donen en valor positiu quan el límit ha reulat i en negatiu quan hi ha hagut un avanç.

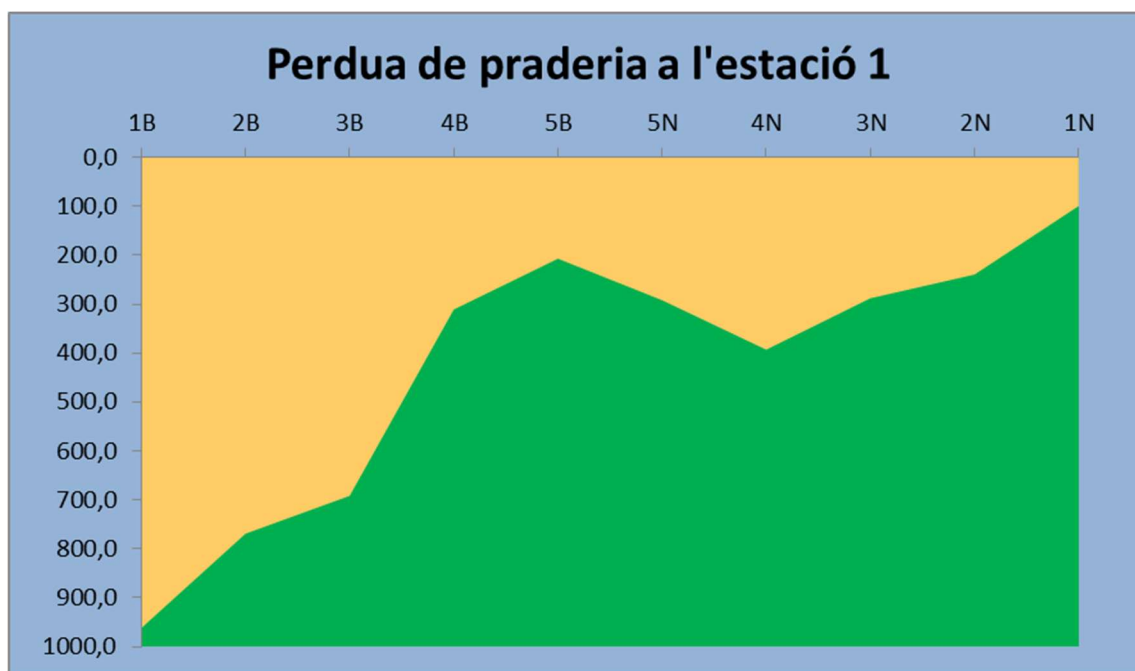
#### 3.3.1 Estació 1

La següent taula mostra les distàncies per cada una de les 10 barres de l'estació 1 així com la variació que hi ha hagut respecte l'any passat.

Barra	1B	2B	3B	4B	5B	5N	4N	3N	2N	1N	MITJANA
Distància (cm)	958	760	689	311	201	284	393	288	242	101	423
Variació anual (cm)	-4	-9	-2	0	-6	-8	0	0	2	2	-3

La distància mitjana que s'ha perdut de praderia per a cada barra en aquests més de 25 anys és de 423 cm. Si multipliquem aquest valor pels 90 metres de praderia que mostregem ens dona una pèrdua de més de 380 m<sup>2</sup> només en aquest petit espai. Aquest any s'han recuperat uns 3 cm de mitjana, un valor molt petit que no compensa la pèrdua dels últims anys.

Es pot observar que hi ha una gran fluctuació en el comportament del perímetre de la praderia segons la zona. Per veure d'una manera més visual com es distribueixen aquest moviments del límit, en la gràfica següent es pot observar aquesta dada. La línia del 0 representa el límit inicial ideal de la praderia, mentre que la zona verda representa la seva posició actual i la zona marró que hi ha entre la línia del 0 i la zona verda dona idea de tot el que s'ha perdut i ara està ocupat només per sorra.



Es pot veure clarament com algunes zones, especialment la zona central de la praderia no s'ha vist tant afectada com la zona de les brides blanques que ha tingut pèrdues de molts metres. També cal comentar que la pèrdua física, degut al Glòria, de les barres 1N i 2N fa que quan es van posar de nou no hi hagués una referència clara de quanta praderia s'havia perdut a resultes del temporal, de manera que és possible que hi hagi una possible subestimació de la distància perduda en aquests dos punts, que probablement fou molt més gran.

La següent gràfica ens indica la pèrdua mitjana de praderia per any en tota l'estació des de que vam començar a mesurar aquest paràmetre.



Es pot observar clarament que, tot i que a resultes dels temporals de Sant Esteve de 2007 i gener de 2017 ja hi va haver pèrdues importants de praderia, el temporal Glòria ha estat molt més greu pel que fa a aquest paràmetre, gairebé triplicant el que s'havia perdut en els 20 anys previs.

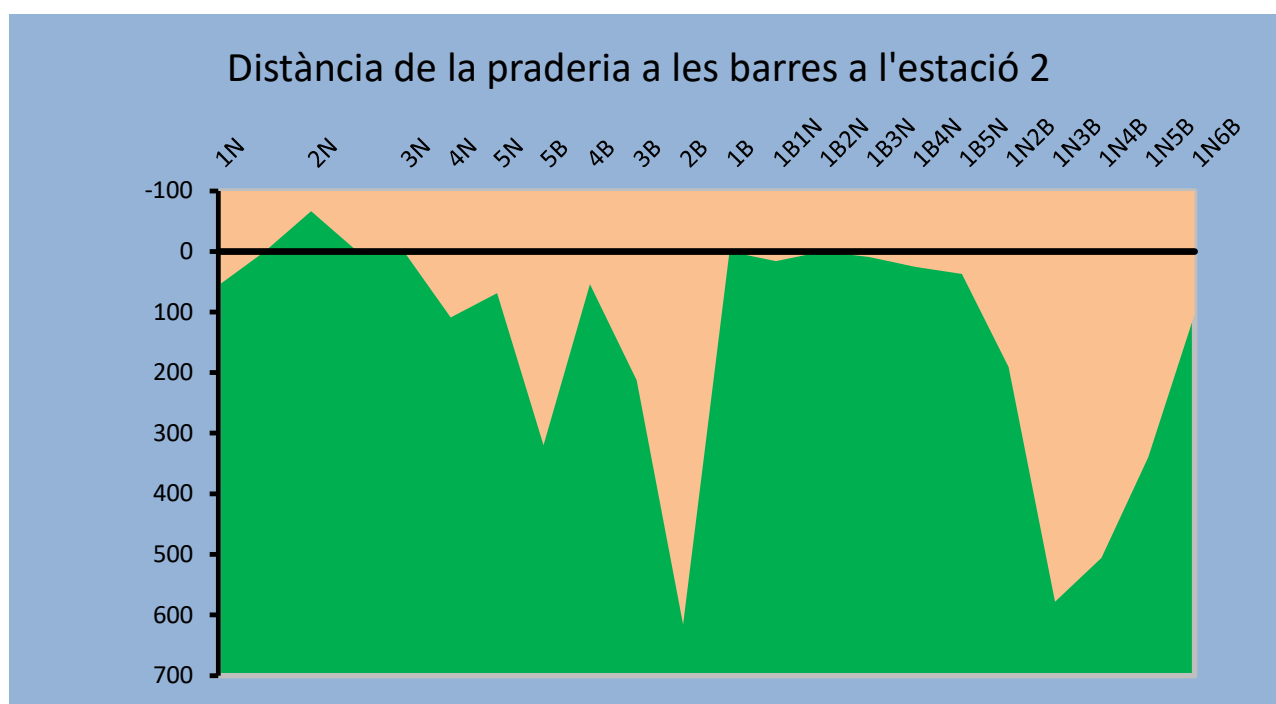
### 3.3.2 Estació 2

La següent taula mostra les distàncies per cada una de les 20 barres de l'estació 2 així com la variació que hi ha hagut respecte l'any passat.

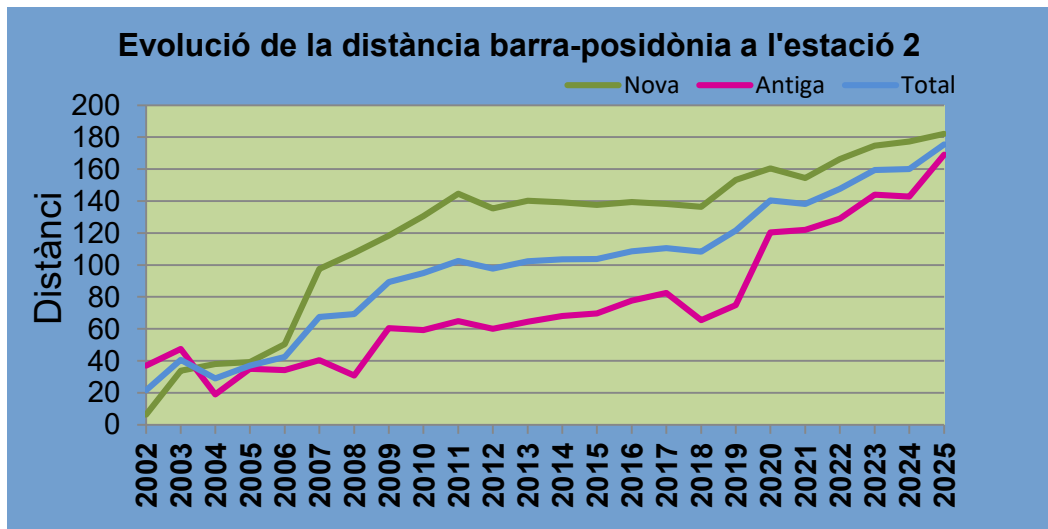
Barra	1N	2N	3N	4N	5N	5B	4B	3B	2B	1B	MITJANA ANTIGA
Distància (cm)	56	-67	0	109	69	320	54	213	616		169
Variació anual (cm)	3	0	-34	52	-4	50	12	4	180		26
Barra	1B 1N	1B 2N	1B 3N	1B 4N	1B 5N	1N 2B	1N 3B	1N 4B	1N 5B	1N 6B	MITJANA NOVA
Distància (cm)	16		9	25	37	191	579	506	340	104	182
Variació anual (cm)	-20		-7	5	3	9	-10	62	0	5	5
Total	MITJANA TOTAL (cm)										176
	Variació anual (cm)										16

La pèrdua de praderia d'aquest any ha estat la més important des de 2022. El límit ha fluctuat bastant, ja que hi ha barres que han perdut gairebé 2 metres, mentre d'altres han recuperat més de 30 cm. Amb tot, la pèrdua total se situa en els 176 cm des de que van començar els mostrejos. Tot i ser una pèrdua molt més minsa que a l'estació 1, tenint en compte la fondària a la que es troba l'estació 2, es pot considerar que ha estat molt important.

Com hem fet amb l'estació 1, presentarem una gràfica que permet visualitzar quina és la situació actual de cascuna de les 20 barres respecte de la seva posició inicial. Com ja succeïa en aquella estació, hi ha un alt grau d'heterogeneïtat, amb zones on la pèrdua ja supera els cinc metres i mig i zones on, fins i tot, hi ha un cert avanç.



Respecte a l'evolució anual d'aquesta pèrdua de praderia, la gràfica que presentem a continuació és força reveladora. Es pot veure que en les fases inicials, fins el 2006, el comportament de les dues zones va ser força estable i la pèrdua no va ser excessiva. És en el període següent, el que va de 2006 a 2011, quan aquesta pèrdua s'accentuà, especialment per la forta regressió que experimentà la zona nova, on l'esglaó erosiu provoca desprendiments de mates en el límit de la praderia, que perdé prop d'un metre en només 5 anys. Des de llavors i fins 2018 es veu clarament com les gràfiques es van estabilitzar i presentaren un perfil força més horitzontal. En els darrers anys sembla que la regressió s'ha tornat a accelerar, especialment a la zona antiga.

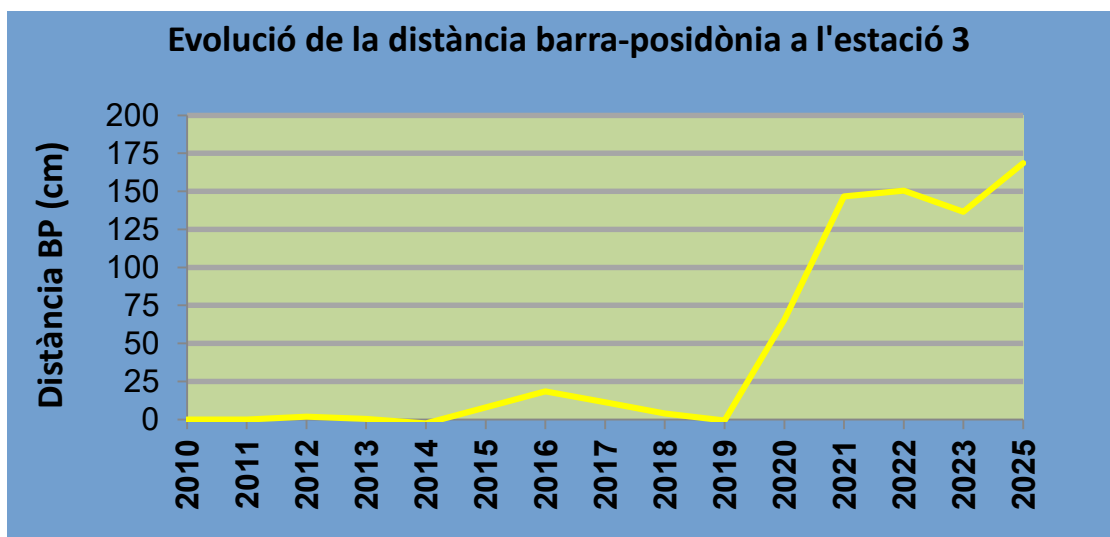


Sembla evident que l'estació 2 està patint també una regressió important. Fins fa uns anys aquesta regressió era més accentuada a la zona nova, però en els últims anys la zona antiga també s'està veient força afectada, coincidint no només amb el Glòria sinó amb una incipient extensió de l'esglaó erosiu cap aquesta zona que s'haurà de confirmar en els propers anys. Amb tot, la zona nova encara mostra unes dades pitjors que l'antiga.

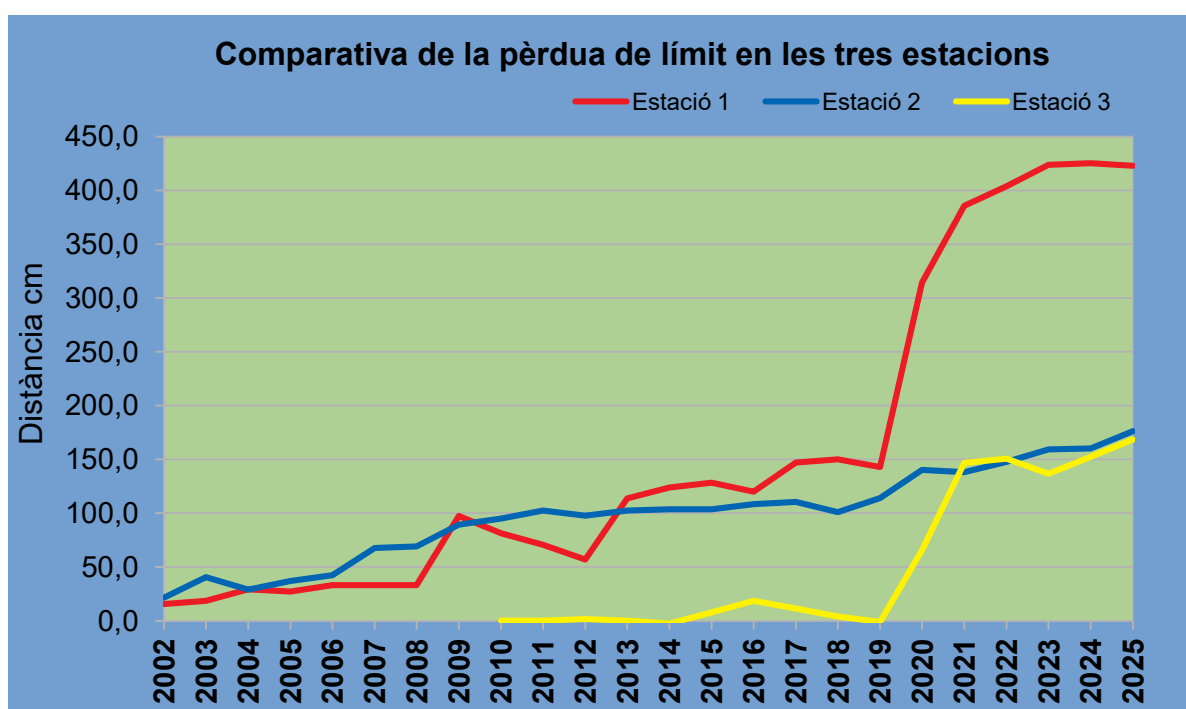
### 3.3.3 Estació 3

La distància al límit a l'estació 3 s'ha situat en els 169 cm, 32 cm més que al 2023 (en el 2024 no es van tenir prou dades).

La següent gràfica mostra l'evolució del límit des del 2010. Es pot percebre com, tot i haver alguna mínima fluctuació, la regressió havia estat quasi imperceptible i mai havia superat els 20 cm fins el 2020. Amb el temporal Glòria, la situació va començar a empitjorar considerablement fins arribar a la dada d'aquest any, la pitjor de tota la sèrie. Aquesta regressió va anar a parella amb la pèrdua de cobertura que ja s'ha explicat anteriorment, fet que deixa aquesta estació en una situació molt delicada.



### 3.3.4 Anàlisi conjunta



La gràfica conjunta de les tres estacions mostra algunes dades molt interessants. Per una banda cal remarcar que les dades comencen el 2002, i no a l'inici dels mostrejos. Això és degut al fet que les pèrdues inicials no foren prou significatives com per tenir-les en compte. Quan la situació de regressió va començar a ser més evident es va decidir afegir aquesta mesura al protocol de mostreig i és per això que l'inici de les dades és al 2002 i no al 1998.

S'observa també que, tot i un començament parell, l'estació 2 va presentar un comportament bastant pitjor que la 1 des de 2004 fins el 2012 degut principalment, com ja s'ha comentat, a l'esglaó erosiu de la part nova de l'estació. Només en el 2009 va canviar puntualment aquesta tònica fruit del sotrac que va representar el temporal de Sant Esteve de 2008, però immediatament la situació es va revertir i tornà a ser l'estació més fonda la que tenia els pitjors resultats.

La fase d'estabilitat de la segona estació, iniciada el 2011, provocà que finalment l'estació 1 la superés de manera definitiva, ja que, mentre que en el tram 2011-2019 la 2 gairebé no es mogué, la 1 passà d'una regressió d'uns 70 cm a més de 140 i per tant va més que doblar la seva pèrdua. Des de 2013 aquesta pèrdua ha sigut sempre superior a la de l'estació 2. Òbviament cal comentar el comportament de la zona de cap Sa Tira, que des de 2010 havia mostrat una estabilitat excepcional, amb dades molt bones i molt millors que les de les altres dues.

Malauradament l'impacte del Glòria ha trasbalsat totes aquestes dades. L'estació 1 ha patit un retrocés molt greu, mentre que la 3 ha trencat una estabilitat que ja durava 10 anys, perdent en dos anys més d'un metre i mig de praderia. L'estació 2 és la que ha mostrat millor resiliència a l'impacte, probablement per ser la més fonda, però també està notant una progressiva pèrdua.

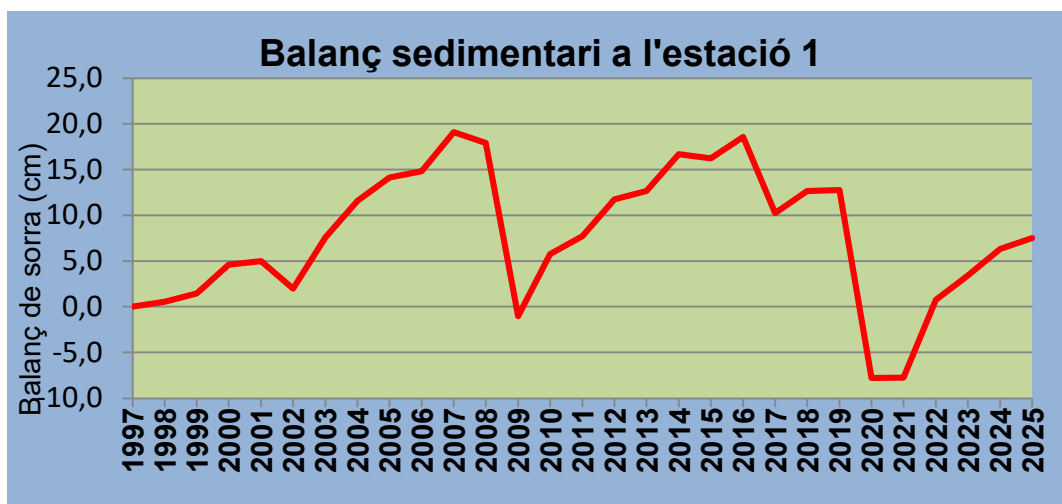
### 3.4 DINÀMICA DEL SEDIMENT

Les mesures que es prenen durant els mostrejos permeten fer també un seguiment de la dinàmica del sediment. Per una banda es pot veure quin és el balanç sedimentari al llarg dels anys, és a dir, el guany o pèrdua de sorra. Per altra banda també es pot veure si existeix o no una relació entre aquest moviment de sorres i l'enterrament de la planta.

Cal tenir present que l'enterrament de la planta, que és defineix com la distància que hi ha des de la sorra fins a la lígula de la planta, té una gran influència en la seva supervivència. Un excés de sorra pot provocar una necrosi de les fulles que podria dificultar la seva viabilitat, mentre que un fort desenterrament descalça la planta i la fa vulnerable a que qualsevol temporal la pugui arrancar.

#### 3.4.1 Estació 1

En la gràfica següent es pot veure quin ha estat el balanç sedimentari acumulat durant tots els anys de mostreig a l'estació 1.



S'aprecia clarament com a l'estació 1 aquest balanç és positiu, és a dir, la tendència és a l'entrada i acumulació de sorra, però hi ha episodis que semblen compensar aquest procés. Aquests episodis coincideixen amb els temporals de major magnitud que es produeixen cada cert temps i que s'enduen en qüestió de dies la sorra que s'havia acumulat durant els anys anteriors.

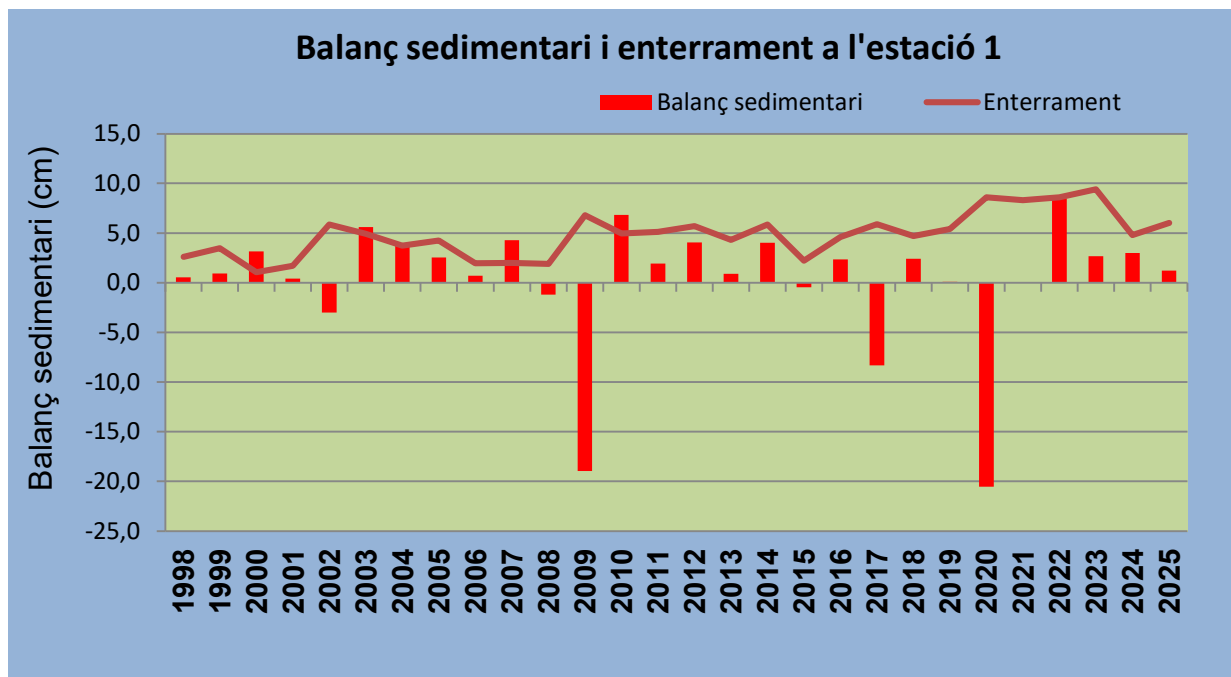
Aquests cicles semblen bastant evidents si observem el període 1998-2009. Entre 1998 i 2008 hi ha un guany d'uns 17 cm de sorra, amb només dos anys dels 11 totals, 2002 i 2008, amb pèrdua de sorra. Després del duríssim temporal de Sant Esteve de 2008 es veu clarament com tots aquests 17 cm de sorra es perden d'una sola atacada: un volum de sorra realment gran.

Posteriorment tornem a tenir un balanç positiu de sediment des de 2009 a 2016 amb una nova entrada total d'uns 17 cm de sorra. Després del temporal de gener de 2017 hi hagué una nova pèrdua d'uns 7 cm per tornar, tant al 2018 com al 2019, a la tònica habitual d'entrada de sediment.

La duresa del Glòria va fer que la pèrdua de sorra el 2020 fos encara major que la del temporal de 2008, amb una pèrdua puntual de més de 20 cm, i deixant el balanç de tota la sèrie des de 1999 en una pèrdua acumulada de 8 cm. És d'esperar que en els següents anys torni a entrar sorra com sol ser habitual. Tot i que en el 2021 això no passà i el balanç sedimentari fou nul, a partir de 2022 sembla que la sorra hagi tornat, i de manera notable, produint-se una entrada de més de 8 cm al 2022, de al voltant de 3 al 2023 i 2024, i de poc més d'un centímetre aquest any, i deixant el balanç sedimentari global durant els últims 25 anys novament en positiu (7,5 cm).

Si els temporals, com el de 2017 o el de 2020, se succeeixen cada cop amb més freqüència, i si, en poc temps, no es recupera la sorra que s'ha perdut, és possible que la tendència general canviï i que en lloc de tenir un balanç amb guany de sediment passem a perdre'n, fet que faria encara més problemàtica la pervivència d'aquesta zona ja que les plantes estarien cada cop més descalçades. Com en tots els cicles que tenen períodes de retorn de molts anys és difícil fer prediccions i només el pas dels propers 5 -7 anys ens donarà una resposta que sigui mínimament fiable.

També és interessant veure si hi ha una correlació entre aquest balanç sedimentari i l'enterrament de la planta. La següent gràfica mostra quin ha estat el guany o pèrdua de sorra cada any juntament amb l'enterrament de la planta.



No hi ha una correlació evident entre ambdós paràmetres excepte quan el moviment de sorra ha estat important. En són exemples l'any 2002, 2009, 2017 i 2020 on, coincidint amb els temporals esmentats, hi ha una pèrdua notable de sorra que es correspon amb un desenterrament important de la planta. També es veu l'efecte contrari. Quan ha estat l'entrada de sorra la que ha destacat, com poden ser els anys 2003 i 2010, es produeix un major enterrament de la planta. Sembla també que després de cada temporal i el conseqüent desenterrament de la planta, es produeix un reequilibri de l'enterrament l'any següent.

En canvi, els anys en que els moviments de sorra són més petits no hi ha correlació de cap tipus amb entre balanç sedimentari i enterrament.

En el 2020 aquesta relació fou molt evident. La pèrdua de més de 20 cm de sorra portà a un desenterrament de la planta de més de 8 cm. Aquesta és una dada preocupant, ja que indica que la planta va quedar molt descalçada i per tant susceptible de ser arrancada per nous temporals. A més cal esmentar que aquests 8 cm eren de mitjana i és evident que hi ha zones on els descalçaments eren encara majors, havent trobat dades amb valors de desenterrament per sobre dels 20 cm. Amb valors com aquests, la viabilitat de les plantes que els presenten és gairebé nul·la. El principal problema és que, al contrari del que solia passar, 2021 no va compensar aquesta pèrdua de 2020: el nivell de la sorra no va variar i la planta continuà amb un desenterrament de més de 8 cm de mitjana.

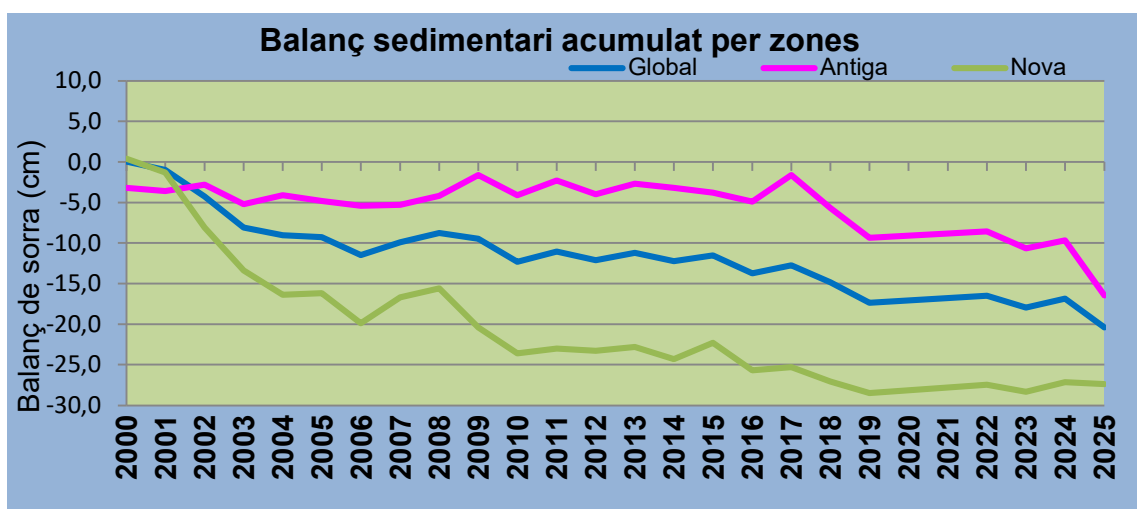
Pitjor ha estat el que va passar el 2022 i 2023, quan hi hagué una entrada notable de sorra, però el desenterrament de la planta pràcticament no es veié compensat. Això sembla contradictori, ja que una entrada de sorra de més de 11 cm hauria d'haver fet disminuir el desenterrament de la planta, cosa que no va passar. Això només s'explica pel fet de que el grau de descalçament de les mates era tal que el desenterrament de la lígula era molt més gran de 8 cm, i la sorra que va entrar només omplí la zona de les arrels que estaven exposades i disminuí parcialment el descalçament de la planta, però la dada d'enterrament no se'n va veure afectada.

No va ser fins 2024 que per fi l'enterrament va començar a respondre a l'entrada dels més de 14 cm dels tres anys anteriors, i el desenterrament es moderà notablement i va passar d'una mitjana de més de 9 cm el 2023 a 5 cm el 2024. Aquest any el desenterrament ha tornat a augmentar i ho ha fet en un 20% passant de 5 a 6 cm.

Com sempre, haurem d'estar pendent als propers anys per veure si aquesta millora es consolida.

### 3.4.2 Estació 2

Tenint en compte que l'estació 2 se situa al voltant dels 18-20 metres de fondària, en contrast amb els 11-12 de la 1, i que la dinàmica de la sorra es deu principalment als efectes de l'onatge, sembla evident que el balanç sedimentari en aquesta estació serà de magnitud molt menor al que hem vist a l'anterior estació. En la següent gràfica es reflecteix això mateix.

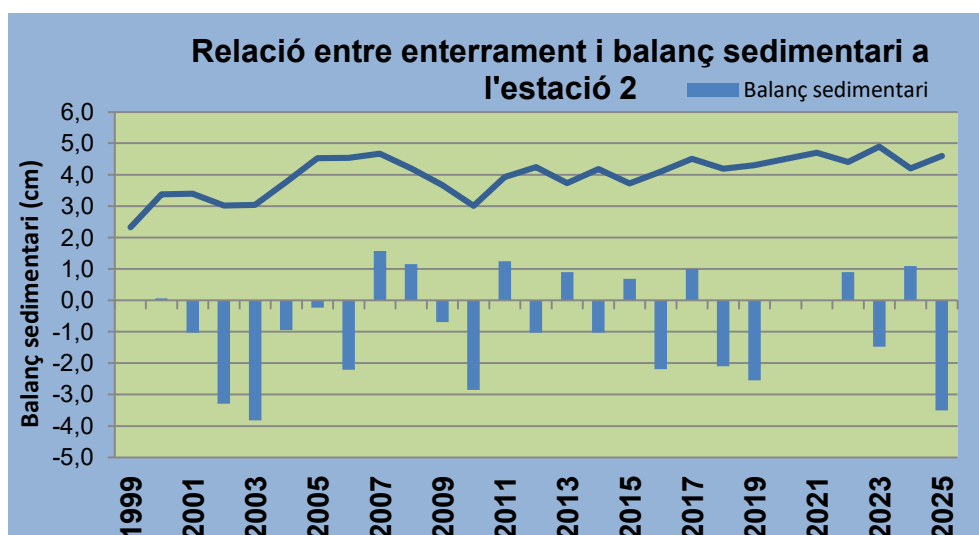


Si ens fixem en la línia de la zona antiga sembla que es confirma allò que acabem de predir, ja que el balanç fins el 2017 amb prou feines superà els 5 cm en cap moment, mentre que a l'estació 1 teníem valors que superaven els 20 cm. Sorprenentment però, en aquests últims anys això ha canviat, i a la zona antiga s'han perdut més de 10 cm de sorra. Mirant atentament les dades, s'ha vist que casi tota aquesta variació s'ha produït a la barra 1B, justament l'última de la zona antiga i a partir d'on comença la zona nova. Això pot fer sospitar que l'esglaó erosiu s'estigui expandint i comenci a afectar també a la zona antiga, quelcom que el 2020 es va començar a intuir visualment però que de moment les dades no han consolidat.

En canvi en la zona nova, especialment on aquest graó erosiu és més evident, la pèrdua de sorra ha estat molt important amb valors que superen amb escreix els trobats a l'estació 1. Ens trobem doncs en aquesta estació amb dues zones ben delimitades: una on la dinàmica del sediment és molt limitada d'acord amb el que s'esperaria en aquesta fondària i una altra on l'esglaó erosiu genera un comportament molt més agressiu. En tot cas, el que sí s'observa és que en ambdues zones la tendència global en el temps és a perdre sorra, al contrari del que passa a l'estació més soma.

Podem doncs, després d'aquests més de 20 anys de mostreig, establir un patró sedimentari en la praderia de Mataró segons el qual hi ha una entrada gradual de sorra a la zona menys fonda de l'herbassar, tot i que els temporals més violents puguin provocar disruptions en aquesta tendència, i una pèrdua a la zona de major profunditat.

Respecte a la correlació entre balanç de sediment i enterrament a l'estació 2, en la següent gràfica es pot veure que és gairebé inexistent.

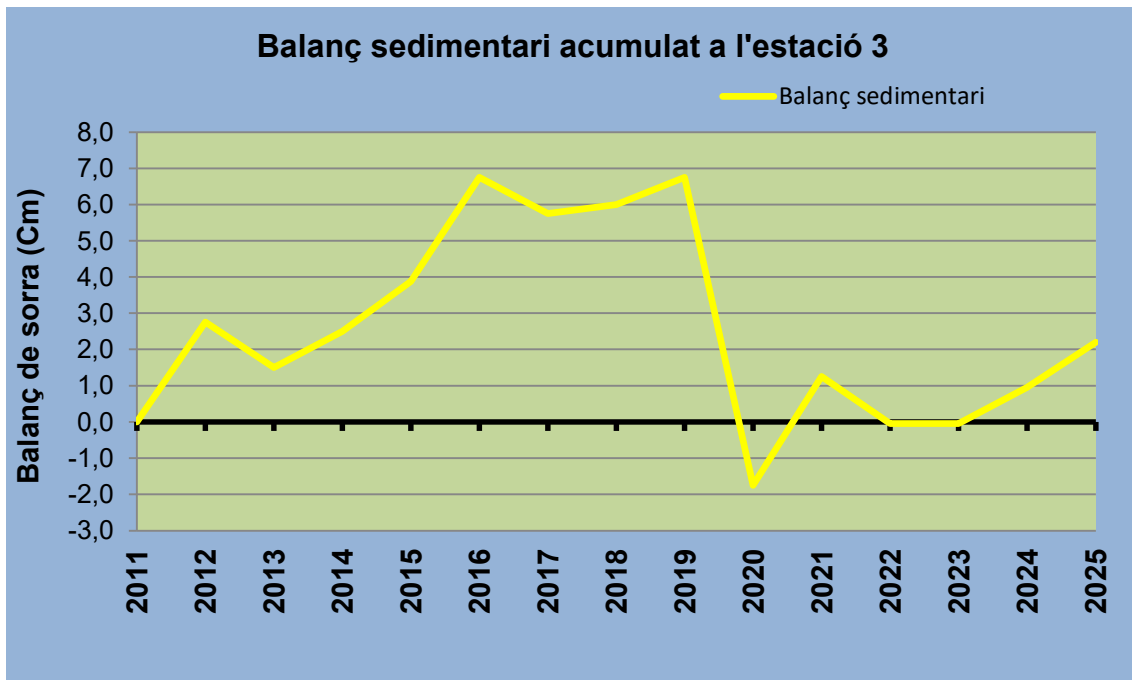


Com hem comentat, la correlació que en certs casos es veia a l'estació 1 aquí no es pot apreciar. Això semblaria normal a la zona antiga de l'estació, on hem vist que el moviment de sorres és molt més petit que a l'estació 1 i, com ja hem explicat en aquella estació, la correlació entre balanç sedimentari i enterrament només es dona quan el moviment de sorres és important. No obstant, aplicant el mateix raonament, a la zona nova, on hem notat que la dinàmica de sorres era d'una magnitud fins i tot superior a la de l'estació 1, sí que s'hauria de percebre aquesta correlació amb l'enterrament, i en canvi això no és així, ni tan sols en els anys com el 2002 i el 2003 en els que la pèrdua de sorra fou notable. La raó de que aquesta correlació no existeixi és el propi esglaó erosiu. En aquesta zona s'ha perdut tanta sorra (segurament durant moltes dècades) que el nivell del sediment es troba molt per sota de la planta i ha deixat al descobert una fracció molt important de la mata morta de la praderia sobre la que es sustenta la planta viva. Tenint en compte que en aquesta zona l'enterrament es pren des de la lígula fins el límit superior d'aquesta mata morta, la pèrdua o guany de sorra no té absolutament cap efecte sobre aquest enterrament ja que el nivell de la sorra ha quedat molt per sota de la planta viva, en alguns casos fins més de mig metre.

Aquesta és també la raó per la qual, cada cert temps, hi ha desprendiments de grans blocs de mata, ja que el propi pes de la mata, i la falta d'un substrat sobre el que subjectar-se i fixar-se, fa que col·lapsi i acabi arrossegant també planta viva. La conseqüència d'aquests desprendiments és l'acusada regressió del límit de la praderia que s'observa en aquesta zona.

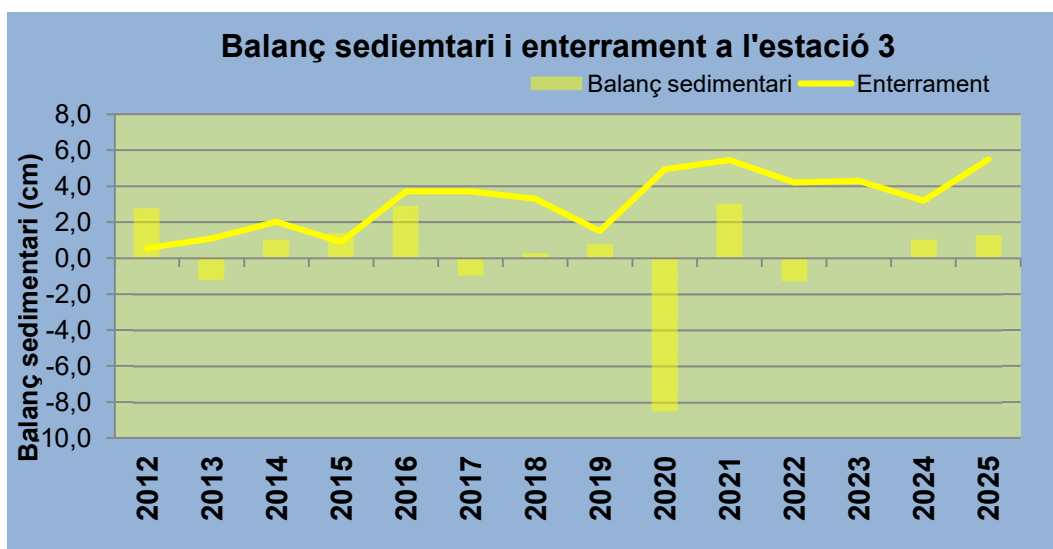
### 3.4.3 Estació 3

Com veurem en la gràfica següent, l'estació 3 de cap Sa Tira presenta un comportament bastant diferent al de l'estació 2 tot i estar en fondàries semblants. En l'estació anterior s'ha vist com hi havia una pèrdua de sediment, tímida en la zona antiga i molt més evident en la nova, mentre que en aquest cas s'observa una tendència al guany de sorra, que des de 2012 fins 2019 havia acumulat més de 6 cm. Amb el Glòria la pèrdua de sediment fou notable, tenint en compte la fondària en que ens trobem, superant els 8 cm. L'any 2021 hi hagué una certa recuperació i, des de llavors, molt lentament s'ha anat recuperant sediment, trobant-nos ara en un balanç global de 2,2 centímetres de guany de sediment.



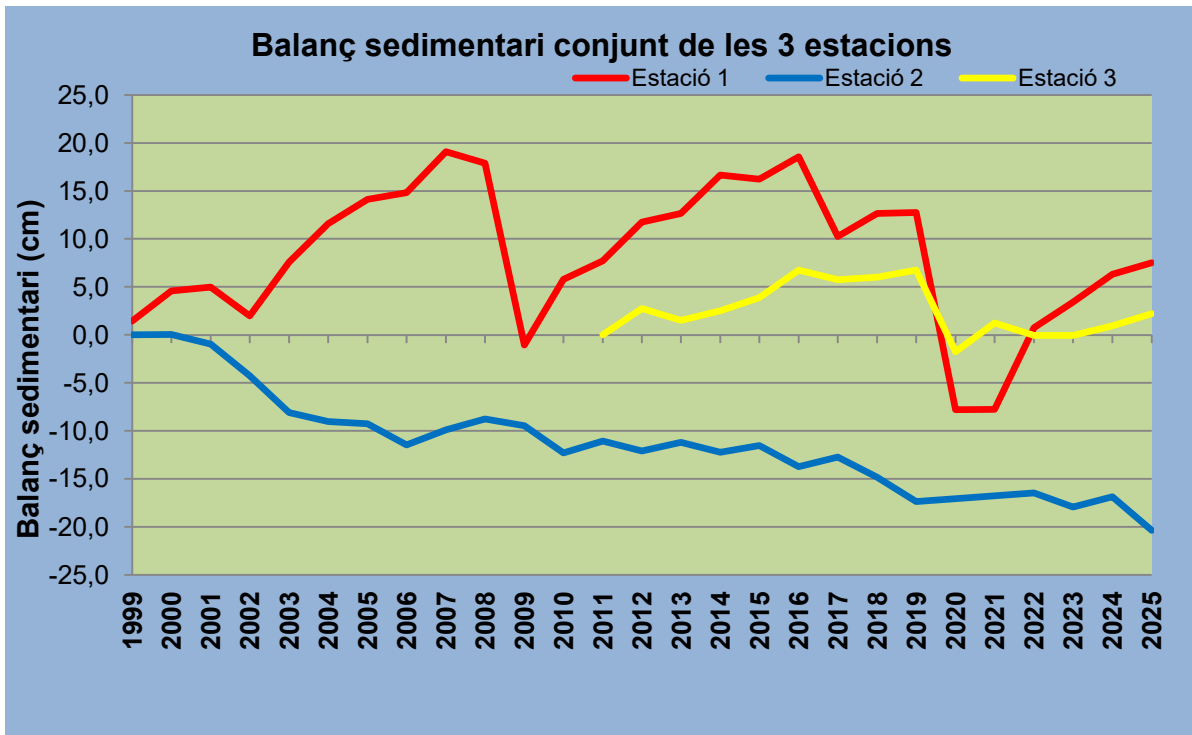
Respecte a la relació entre enterrament i dinàmica de sediment es pot aplicar el que ja s'ha dit a l'estació 2, i és que, amb fluctuacions tan minses del balanç sedimentari, els efectes que es poden percebre en l'enterrament no guarden cap tipus de correlació evident. Sembla doncs que les variacions de l'enterrament són fruit més de factors intrínsecs de la planta i l'herbassar que no pas del moviment de la sorra. Emperò, si algun fenomen puntual, com el glòria en el 2020, genera un moviment de sorra notable (una pèrdua de 8 cm) veiem com l'enterrament llavors si que respon i la planta ràpidament es desenterra.

Aquest any el desenterrament a tornat a augmentar sense que tinguem una idea clara de perquè ha passat això.



### 3.4.4 Anàlisi conjunta

Si posem en comú les gràfiques de moviment de sorres a les tres estacions veurem la gran disparitat de comportament en cadascuna d'elles.



Es fa palès com la dinàmica de sediment és completament antagònica en l'estació 1 i la 2, amb una tendència a l'entrada de sorra, amb disruptions sobtades i puntuals d'aquesta tònica, a la menys fonda, i una pèrdua bastant constant a la segona. Malgrat tot, aquesta tendència a l'estació 1 podria canviar en funció de la dinàmica de temporals excepcionals que tinguem en els pròxims anys.

L'estació 3, tot i estar a una fondària similar a la 2, mostra una situació intermèdia, amb un guany de sorra molt més minso que a l'estació 1, interromput per una pèrdua sobtada arrel del temporal Glòria.

### 3.5 FLORACIÓ

Aquest any no s'han observat flors ni dins ni fora de les estacions. Si que es va fer un seguiment de la floració del 2024 ja que s'havien observat alguns fruits incipients. No es va poder observar cap fruit madur.

Sembla que el fenomen de la floració és més comú del que es pensava, ja que s'ha observat de manera significativa en 17 dels 29 anys d'estudi. A l'estació 2 els anys 2001, 2004, 2021, 2022 i 2023 i a l'estació 1 el 2003, 2005, 2010, 2011, 2012, 2013, 2020 i 2024. L'any 2006, 2009, 2015, 2017 han estat els únics casos en que hem observat la floració en les dues estacions. Al 2017 també es va observar a la nova estació Mataró 4 a Pins Mar, mentre que a l'estació 3 no se n'han vist mai.

L'única vegada que s'han observat fruits, tot i que en un estat incipient, va ser el 2011, el 2013 i el 2024.

Els anys en que s'han vist flors s'han fet alguns mostrejos per determinar d'una manera aproximada quina concentració de flors hi ha. Cal destacar l'observació de 64 flors/m<sup>2</sup> en les plantes que havien florit a l'estació 4 l'any 2017, una xifra del tot extraordinària a la costa de Barcelona. Malauradament, tenint en compte la petita superfície de metres quadrats que ocupen les taques de planta en aquesta estació, l'impacte que pot tenir aquest fenomen pot ser limitat.

## 4. CONCLUSIONS

De l'anàlisi dels 29 anys de recollida de dades podem concloure:

### ASPECTES NEGATIUS

1. Hi ha una regressió continuada del límit de les tres estacions que fa que s'acumulin molts metres quadrats de praderia perduda en els últims 20 anys. Aquest fet s'ha accentuat molt especialment aquests últims anys, arran del temporal Glòria, a les estacions 1 i 3, fent-se també cada cop més palès a la 2.
2. La cobertura de l'estació I ha quedat també molt minvada a conseqüència del Glòria. Tot i haver-se recuperat lleugerament respecte 2020, no mostra una tendència consolidada de millora, fet molt preocupant, ja que fa la recuperació d'aquesta zona inviable.
3. També l'estació 3 ha patit un cop duríssim pel que fa a la cobertura, i el fet que en aquesta zona no tinguem una gran superfície de praderia, sinó taques de menor mida, fa que la pervivència d'aquesta zona s'hagi complicat. Queda l'esperança de que, sent un indret tan allunyat de la costa, es pugui recuperar si no hi ha nous impactes i torni la tendència anterior d'estabilitat, però amb les dades d'aquest any es trenca el lleuger optimisme que podíem percebre en els darrers anys.

### ASPECTES POSITIUS

1. La densitat de plantes observada a Pins Mar, on hem establert l'estació 4, ha estat espectacular. Evidentment estem en les etapes inicials de l'estació i els mostrejos encara són escassos, però es referma per novè any consecutiu el que ja vam definir com una grata sorpresa.
2. La densitat de les estacions 1 i 2 se situen també dins d'uns marges òptims, fet que permet intuir que l'estat de salut de la planta és bo i que en una situació d'òptimes condicions es podria recuperar. No obstant, aquest bon estat de la planta no podrà compensar els danys estructurals rebuts per la praderia, ja que, si la regressió del límit persisteix i la cobertura es manté tan baixa, no serà suficient per permetre la recuperació de la praderia.

La diagnosi d'aquest any per les estacions 1, 2 i 3 és de **REGRESSIÓ**, especialment pel que fa a l'endarreriment continu del límit i la pèrdua de cobertura, fet que implica que estiguem perdent superfície de praderia a un ritme que no s'havia vist mai en els més de 25 anys que portem de projecte. Aquesta fragilitat és especialment preocupant a l'estació 1, on l'impacte continuat dels temporals no està donant cap treva per una possible recuperació.

Dona la sensació que l'estat de salut de les plantes és bo i que la qualitat de les mateixes es manté any rere any, però en el perímetre de la praderia les circumstàncies canvien i pateix una situació de fragilitat preocupant que implica una contínua pèrdua de superfície. Són preocupants els efectes que sobre la praderia, especialment a les zones més somes, tenen els temporals més forts que es produeixen a les nostres costes i que fins ara presentaven un període de retorn d'entre 7 i 10 anys. Malauradament, tant la irrupció del Glòria com els avisos i advertències que fan les experts en canvi climàtic i en fenòmens litorals fan témer que la periodicitat d'aquests episodis pugui ser cada cop menor i major la seva intensitat, generant conseqüentment impactes de major magnitud.

Per a l'estació 4, en canvi, creiem que la diagnosi ha de ser d'**ESTABILITAT** donats els valors tan alts de densitat observats. Emperò, aquesta estació ha de ser vigilada de prop, ja que l'escassa fondària a la que es troba juga en la seva contra i la fa especialment vulnerable a qualsevol acció o impacte que es produeixi sobre la façana costanera. Per això, un any més, reiterem que s'hauria d'incloure dins de l'espai protegit de la Xarxa Natura 2000, tot ampliant l'àrea de la ZEC fins a la costa, ja que possiblement sigui la única zona de la província de Barcelona amb una densitat així de posidònia a només 5 metres de fondària. Igualment s'haurà d'estar molt pendent davant de qualsevol projecte de modificació costanera d'aquesta zona, ja que les obres corresponents podrien tenir un efecte molt negatiu sobre aquesta part de la praderia..

Per tot plegat cal seguir obtenint dades de l'estat de l'alguer de Mataró i cal ser molt curosos sobre qualsevol actuació a nivell de costa que es vulgui dur a terme per que no s'incrementi l'efecte regressiu que es produeix actualment, sobretot a la part més propera a la costa.

## ANNEX 1

**ANEXO I: Informe de las actividades realizadas durante el 2025 por el CEAB-CSIC en el marco del proyecto STORM:** “*Tormentas de cambio: cómo fenómenos meteorológicos extremos alteran los ecosistemas costeros mediterráneos, sus servicios y su percepción por parte de la sociedad.*”

**Personal del CEAB involucrado en los muestreos realizados en Mataró en 2025:** Candela Marco-Méndez (coordinadora; investigadora postdoctoral), Felix Calonge (voluntario), Pol Ramiés (técnico de investigación CEAB-CSIC), Lucía Rodríguez Arias (estudiante de doctorado CEAB-CSIC), Gregori Muñoz-Ramos (Escola del Mar de Badalona).

### 1. INTRODUCCIÓN E IMPACTO GLOBAL DEL TEMPORAL GLORIA

En las dos últimas décadas, el noroeste del Mediterráneo se ha enfrentado al menos a dos temporales de bajo período de retorno (del orden de 100 años o más) y de alta intensidad: el de San Esteban (2008) y el de Gloria (2020). Estos eventos extremos afectan negativamente a las praderas de *Posidonia oceanica* debido principalmente a la movilización del sedimento provocada por el fuerte oleaje y a la reducción de la transparencia del agua. Los principales mecanismos por los que esta dinámica sedimentaria pone en riesgo a las praderas son el enterramiento, el descalzamiento y el arrancamiento de los haces (**Figura 1**).

El enterramiento presenta umbrales fisiológicos relativamente claros y específicos de la especie. En el caso de *P. oceanica*, se ha estimado que puede tolerar entre 6 y 7 cm de acumulación de sedimento antes de que la mayoría de los haces mueran (Gera et al., 2014). Por el contrario, la erosión favorece el descalzamiento de los rizomas y su posterior arrancamiento por el impacto del oleaje, comprometiendo la estabilidad estructural de la pradera (Marco-Méndez et al., 2024). La intensidad del temporal, su duración y su trayectoria son predictores relevantes del impacto, aunque los efectos finales dependen también de factores intrínsecos de cada pradera, como la profundidad, la distancia a la costa, la exposición al oleaje, el tipo de sedimento y el estado ecológico previo del sistema.

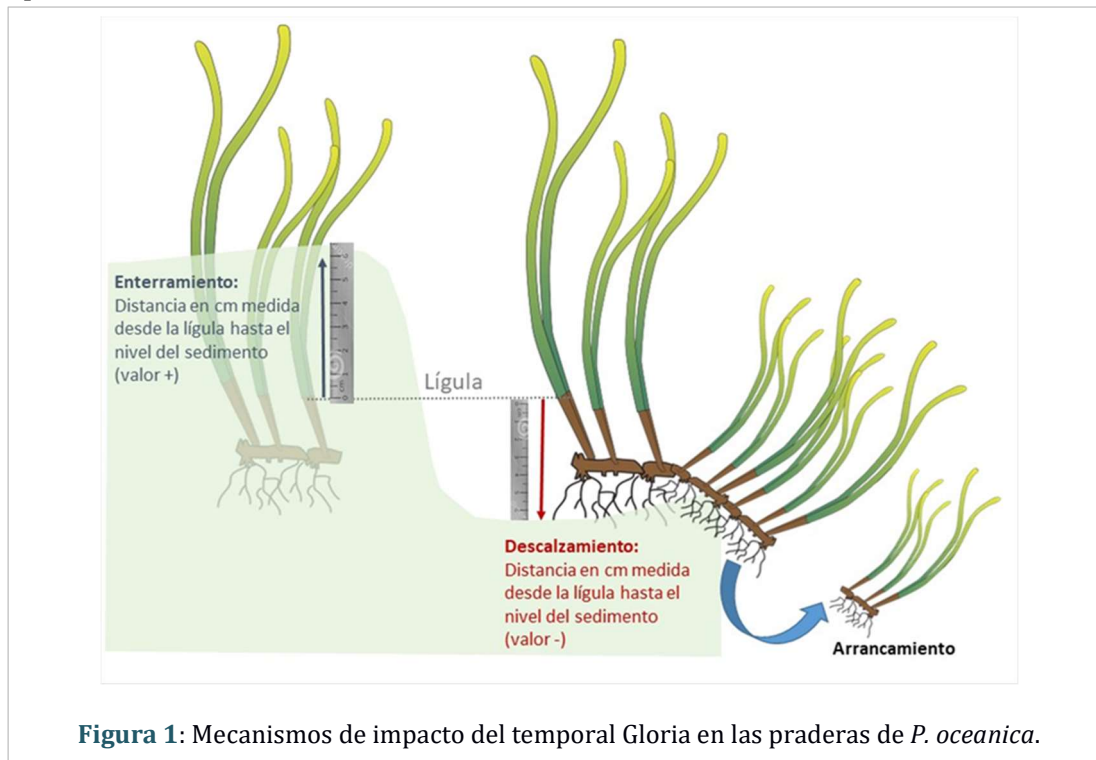
La tormenta Gloria, ocurrida en enero de 2020, fue considerada uno de los eventos climáticos más extraordinarios de las últimas décadas en el Mediterráneo por su intensidad y persistencia. A lo largo de 2020, el Centro de Estudios Avanzados de Blanes (CEAB-CSIC), en colaboración con diversas instituciones (Universidad de Barcelona, Escola del Mar de Badalona, IRTA, Instituto de Ecología Litoral de Alicante, Universidad de Alicante, IEO Murcia e IMEDEA de Mallorca), coordinó una campaña de muestreo a lo largo del litoral mediterráneo con el objetivo de evaluar la extensión y el tipo de impacto en 42 praderas de *Posidonia oceanica*.

El nivel de descalzamiento o enterramiento se cuantificó midiendo la distancia vertical entre la lígula del haz y la superficie del sedimento. La lígula se utilizó como punto de referencia por ser una estructura morfológicamente consistente y fácilmente identificable en campo.

- Se consideró **descalzamiento** cuando el rizoma quedaba expuesto debido a la pérdida de sedimento. En este caso, la distancia medida desde la lígula hasta la superficie del sedimento se registró como valor negativo (cm).

- Se consideró **enterramiento** cuando la acumulación de sedimento cubría parcialmente la base del haz. En este caso, la distancia desde la lígula hasta la superficie del sedimento se registró como valor positivo (cm).

Las mediciones se realizaron mediante regla milimétrica durante las inmersiones, asegurando la repetición del punto de medición en cada campaña para garantizar la comparabilidad temporal.

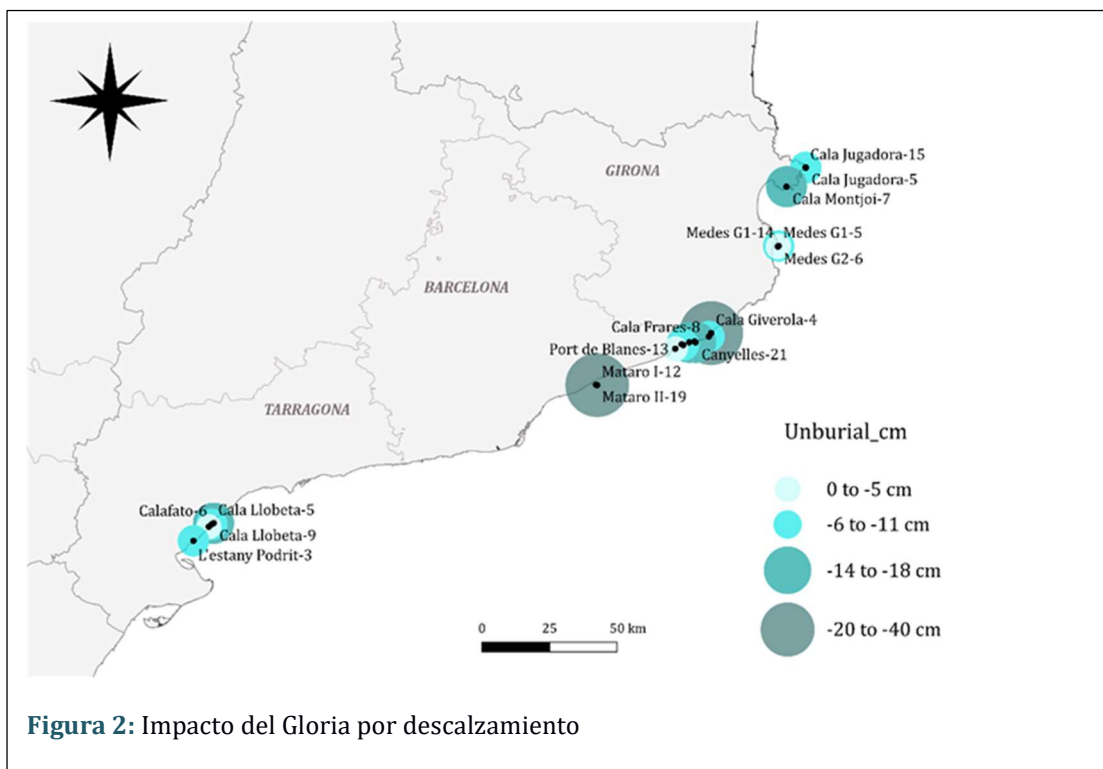


**Figura 1:** Mecanismos de impacto del temporal Gloria en las praderas de *P. oceanica*.

**Los resultados de este estudio** evidenciaron que el mayor impacto del temporal se concentró en la costa norte catalana (Marco-Méndez et al., 2023a; 2024). El principal mecanismo de afectación fue el descalzamiento de los haces, lo que indica que el evento tuvo un carácter predominantemente erosivo desde el punto de vista de la dinámica sedimentaria. En algunas praderas se registró más del 70% de la cobertura descalzada, con niveles de exposición en torno a -10 cm, como en la estación de Mataró II (19 m de profundidad). En otras localidades, los valores fueron aún más extremos, alcanzando niveles superiores a -40 cm en áreas como Cala Giverola y Mataró I (**Figura 2**).

Estos niveles de descalzamiento representan una alteración estructural severa que puede comprometer la supervivencia de los haces y la estabilidad de la pradera a largo plazo. Además, el impacto no fue homogéneo entre localidades. La intensidad del descalzamiento y del enterramiento estuvo condicionada no solo por la fuerza del temporal, sino también por factores geomorfológicos y estructurales, como la orientación respecto a la dirección del oleaje, la exposición y el grado de fragmentación de la pradera. Los resultados sugieren que las praderas del norte catalán fueron especialmente vulnerables debido a la combinación de estas características.

En el marco del proyecto STORM (“Tormentas de cambio: cómo fenómenos meteorológicos extremos alteran los ecosistemas costeros mediterráneos, sus servicios y su percepción por parte de la sociedad”), se planteó la necesidad de continuar el seguimiento a medio y largo plazo de las praderas afectadas. **Los objetivos principales incluyen:** i) documentar los impactos de tormentas extremas, ii) evaluar los mecanismos de afectación inmediatos y a largo plazo, y ii) analizar cómo estos procesos influyen en la vulnerabilidad y resiliencia de las praderas de *Posidonia oceanica*. La estación de Mataró I constituye uno de los casos de estudio prioritarios para comprender la trayectoria post-impacto tras un evento extremo de carácter predominantemente erosivo.

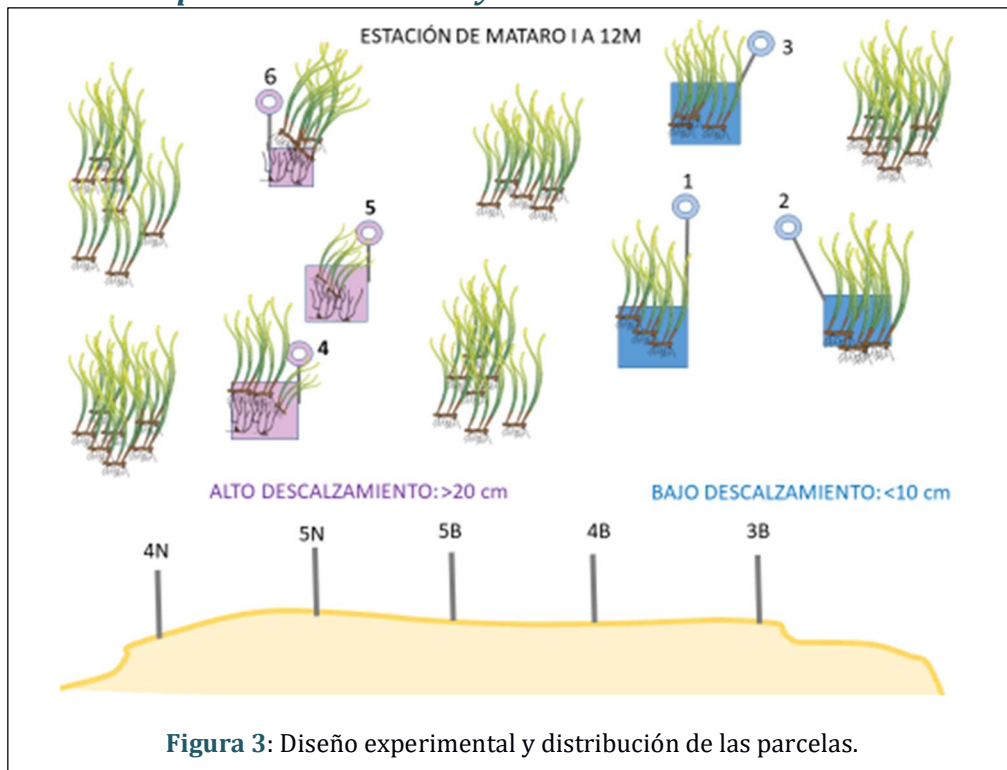


## 2. METODOLOGÍA Y EXPERIMENTOS REALIZADOS EN LA ESTACIÓN MATARÓ I

### 2.1. Experimento de parcelas fijas

El objetivo del experimento de parcelas fijas es el de estudiar la evolución a largo plazo de las praderas más afectadas por el descalzamiento, los mecanismos implicados en su resiliencia (división de haces, reclutamiento) e identificar los umbrales de mortalidad asociados. El experimento consiste en parcelas cuadradas (50 cm x 50 cm) delimitadas con 4 barras de hierro (1 m de longitud y 1 cm de diámetro) clavadas en el sedimento (0.5 m) y unidas por un cabo. En **Mataró I** se instalaron **seis parcelas fijas** en distintas zonas de la pradera, **3 en zonas con un alto nivel de descalzamiento** tras la tormenta y **tres con un bajo nivel de descalzamiento** (Figura 3). Estas parcelas han sido monitoreadas desde su instalación hasta la actualidad. En cada muestreo se midió: i) nivel de descalzamiento, ii) la densidad de haces vivos y muertos y iii) conteo de haces ortótropos y plagiotropos divididos.

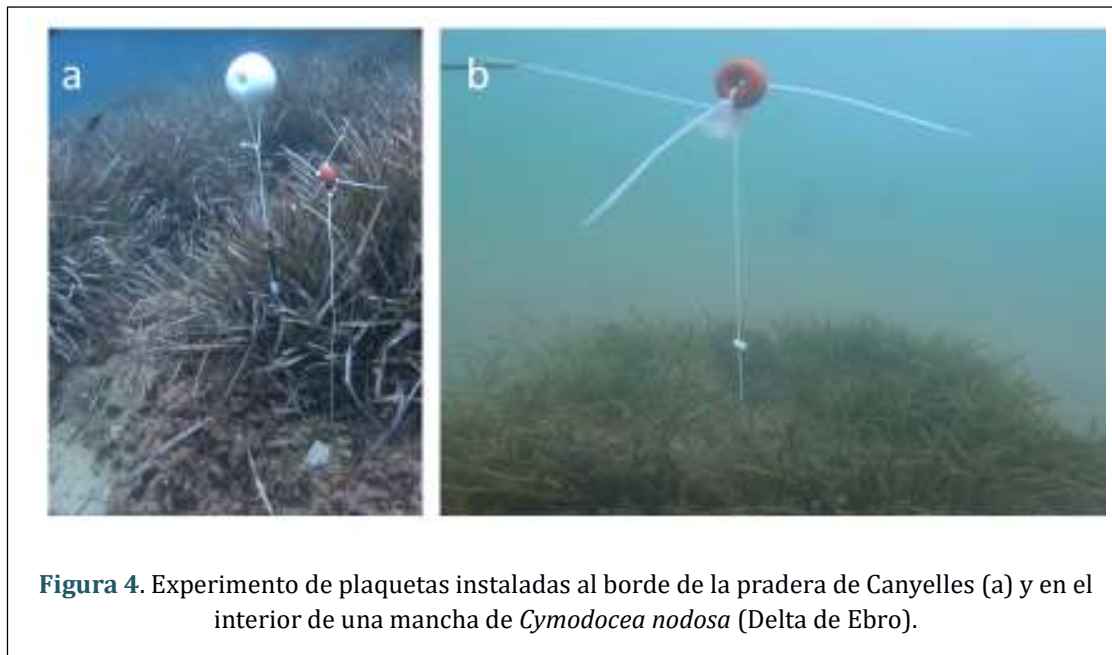
### 2.2. Análisis temporal de la densidad y el descalzamiento mediante modelos GAM



Para analizar la evolución temporal de la densidad de haces se emplearon modelos aditivos generalizados (GAM). Los GAM son modelos estadísticos semiparamétricos que permiten describir relaciones no lineales entre una variable respuesta y una o varias variables explicativas mediante funciones suavizadas ("smooth terms") (Wood, 2017). A diferencia de los modelos lineales tradicionales, los GAM no imponen una forma funcional fija (por ejemplo, lineal o cuadrática), sino que estiman la forma de la relación a partir de los datos. Esto resulta especialmente adecuado en sistemas ecológicos sometidos a perturbaciones, donde las trayectorias temporales pueden presentar fases de recuperación, estabilización o declive no lineales.

### 2.3. Experimento de plaquetas

Este experimento pretende evaluar la capacidad de retención y estabilización del sedimento que tienen las praderas de *Posidonia oceanica* en función de sus características estructurales (praderas continuas, fragmentadas o con alta presencia de zonas de mata muerta), su grado de exposición al oleaje y su estado ecológico. El experimento consiste en la instalación de pequeñas plaquetas de metacrilato de 10 cm<sup>2</sup>, unidas a una pequeña boya mediante un cabo de aproximadamente 10 cm de longitud. Las plaquetas se introducen en el sedimento en posición horizontal, quedando enterradas a una profundidad de 7-10 cm, con el cabo y la boya visibles para facilitar su identificación. Las mediciones se realizan con una regla, midiendo la distancia desde la plaqueta hasta la superficie del sedimento que la cubre. Estas plaquetas se han instalado en varias praderas del Cap de Creus, Fenals, Canyelles, Mataró y el Delta del Ebro, permitiendo la comparación entre praderas continuas, fragmentadas, expuestas y protegidas. En cada pradera, las plaquetas se colocaron en los límites o bordes de la pradera o de las manchas, en zonas de mata muerta y en áreas donde únicamente hay arena (**Figura 4**). Actualmente el experimento se encuentra en su última fase y pronto podremos aportar algunos resultados.



**Figura 4.** Experimento de plaquetas instaladas al borde de la pradera de Canyelles (a) y en el interior de una mancha de *Cymodocea nodosa* (Delta de Ebro).

#### 2.4. Extracción de testigos sedimentarios y estimación de carbono orgánico

Para cuantificar el carbono orgánico almacenado en el sedimento de la pradera de *Posidonia oceanica* se extrajeron testigos sedimentarios (cores) mediante cilindros de PVC de 1 m de longitud y 7 cm de diámetro interno, siguiendo metodologías ampliamente utilizadas en estudios de carbono azul en praderas marinas (Fourqurean et al., 2012; Serrano et al., 2014; Arias-Ortiz et al., 2018).



Figura 5. Extracción de testigos real del de densidad aparente y stocks de carbono.

Los cilindros se introdujeron manualmente en el sedimento hasta una profundidad aproximada de 80 cm, dejando de forma estandarizada unos 20 cm fuera del sedimento para facilitar la extracción (Figura 4). Durante el proceso se midió el nivel del sedimento tanto en el interior como en el exterior del cilindro, con el objetivo de estimar la posible compresión del testigo asociada a la inserción y recuperación (Fourqurean et al. 2012).

Esta corrección permite ajustar la longitud perfil sedimentario y evitar sesgos en el cálculo

En laboratorio, los testigos se submuestrearon cada 2 cm a lo largo del perfil sedimentario. Para cada fracción se determinó la densidad aparente y el contenido de carbono orgánico mediante análisis elemental, siguiendo protocolos estándar empleados en estudios de almacenamiento de carbono en praderas mediterráneas (Serrano et al., 2014; Arias-Ortiz et al., 2018). Esta aproximación permite estimar el stock vertical de carbono ( $\text{kg CO m}^{-2}$ ) y evaluar la contribución de la pradera como sumidero de carbono a escala ecosistémica.

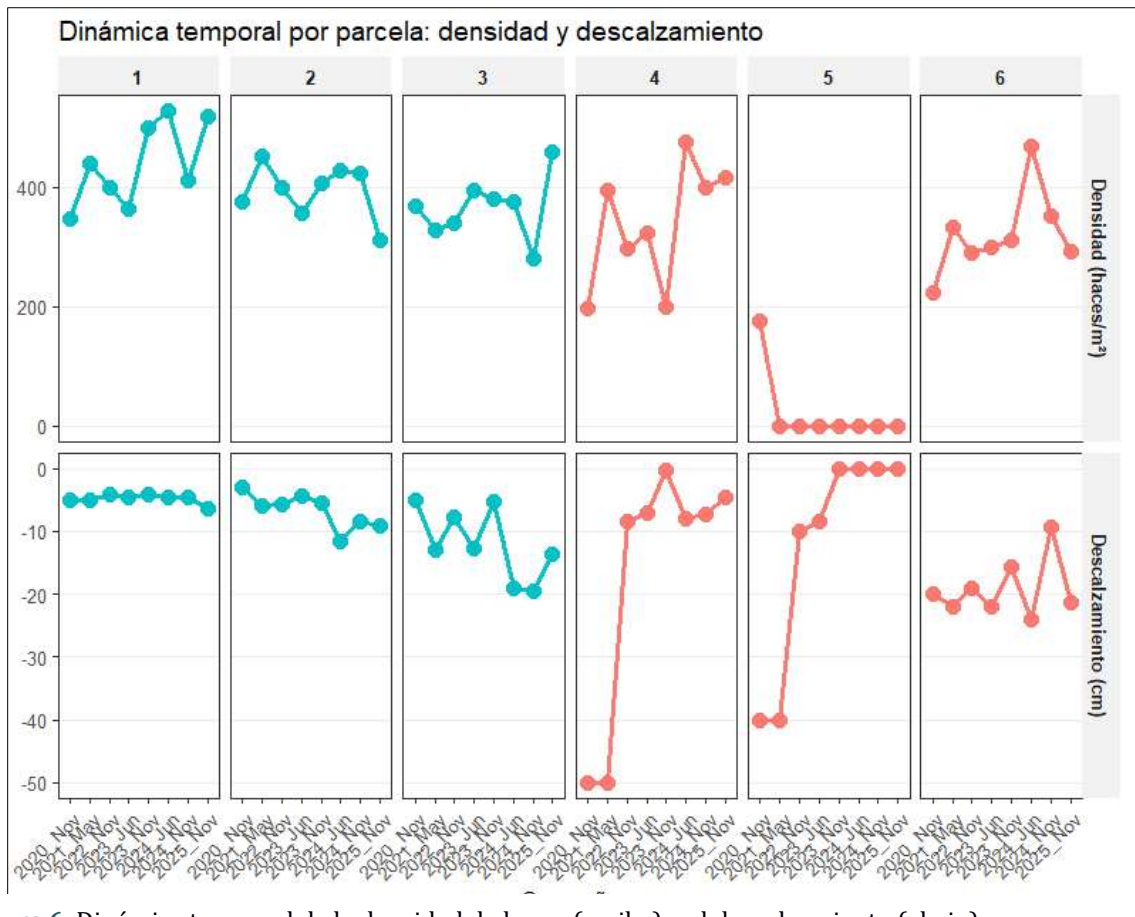
La integración futura de estos datos con las mediciones de erosión y acreción permitirá evaluar el riesgo de pérdida de carbono por removilización sedimentaria asociada a eventos extremos, tal como se ha descrito en praderas mediterráneas sometidas a perturbaciones físicas (Serrano et al., 2014; Arias-Ortiz et al., 2018). De este modo, el análisis conecta la dinámica sedimentaria inducida por temporales con sus implicaciones biogeoquímicas y climáticas.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Evolución de los valores de la densidad y el descalzamiento en las parcelas fijas

La evolución temporal de la densidad de haces y del nivel de descalzamiento en las seis parcelas permanentes establecidas en Mataró I tras el temporal Gloria se muestra en la **Figura 6**. Las parcelas con bajo descalzamiento inicial (parcelas 1, 2 y 3; azul) presentan, en general, una mayor estabilidad tanto en la densidad como en el grado de erosión a lo largo del periodo 2020–2025.

En noviembre de 2020 estas parcelas mostraban niveles moderados de descalzamiento (entre -3 y -5 cm), que se mantuvieron relativamente constantes durante el seguimiento (Figura 5a). Las densidades oscilaron mayoritariamente por encima de 350 haces/m<sup>2</sup>, alcanzando valores máximos en 2024, especialmente en la parcela 1. Este patrón sugiere que las zonas inicialmente menos erosionadas conservaron una mayor estabilidad estructural. No obstante, la parcela 3 registró una caída marcada de densidad en noviembre de 2024, coincidiendo con un incremento del descalzamiento hasta valores cercanos a -20 cm. Esta evolución pone de manifiesto que la estabilidad inicial no garantiza resiliencia a medio plazo cuando se intensifican los procesos erosivos.



**Figura 6.** Dinámica temporal de la densidad de haces (arriba) y el descalzamiento (abajo) por parcela. En azul se muestra el tratamiento bajo descalzamiento y en rojo alto descalzamiento. en **Figura 6)** Muestra un aumento de las variaciones. Las registros de valores extremos de erosión en 2020 (hasta -50 cm en la parcela 4 y -40 cm en la parcela 5), en mayo de 2021 se observó una mortalidad total en la parcela 5, situación que se ha mantenido hasta el final del periodo de estudio. Este patrón sugiere la existencia de umbrales críticos de descalzamiento a partir de los cuales la recuperación natural es muy limitada.



**Figura 7.** Abanicos de haces colgantes.

Por el contrario, las parcelas 4 y 6 mostraron incrementos en la densidad durante los años posteriores, lo que indica procesos de recuperación parcial. El aumento repentino de densidad en 2021 coincide con la observación en campo de una elevada división de haces y la formación de haces horizontales (plagiotropos) que se extendían fuera de los límites originales de la parcela (**Figura 7**). Del mismo modo, el incremento observado en junio de 2025 se acompaña de un nuevo episodio de proliferación vegetativa. Estas estructuras, visibles en la **Figura 7**, adoptan frecuentemente la forma de abanicos colgantes, resultado de la exposición parcial de los rizomas y su crecimiento lateral sobre pequeños escalones sedimentarios.

Estos picos de densidad coinciden además con una disminución del descalzamiento registrada en los mismos periodos (**Figura 6**), probablemente asociada a la entrada puntual de sedimento y a procesos de

acreción local. La reducción temporal del descalzamiento favorece el arraigo parcial de nuevos haces divididos y facilita su contabilización dentro de las parcelas, lo que se traduce en un aumento aparente de la densidad. No obstante, la estructura de estos haces recientemente divididos es frágil. La disposición en abanicos colgantes indica un arraigo incompleto y una conexión débil con el sustrato. Esta fragilidad estructural implica una elevada susceptibilidad al arrancamiento ante nuevos episodios de oleaje. De hecho, tras los periodos de otoño, caracterizados por mayor hidrodinamismo, se observa sistemáticamente una reducción en la densidad en los muestreos posteriores (**Figura 6**). Estas caídas sugieren que parte del incremento registrado en campañas anteriores no responde a una consolidación estructural de la pradera, sino a una expansión vegetativa temporal que puede revertirse ante nuevas perturbaciones físicas.

Este patrón cíclico, incremento de densidad asociado a división de haces y entrada de sedimento, seguido de descensos tras episodios energéticos, es especialmente evidente en las parcelas inicialmente más descalzadas (parcelas 4 y 6). En contraste, la parcela 5, que registró un descalzamiento extremo (-40 cm) y mortalidad total en 2021, no mostró recuperación durante el periodo de estudio, lo que sugiere que existe un umbral crítico de erosión a partir del cual la capacidad de regeneración vegetativa resulta insuficiente.

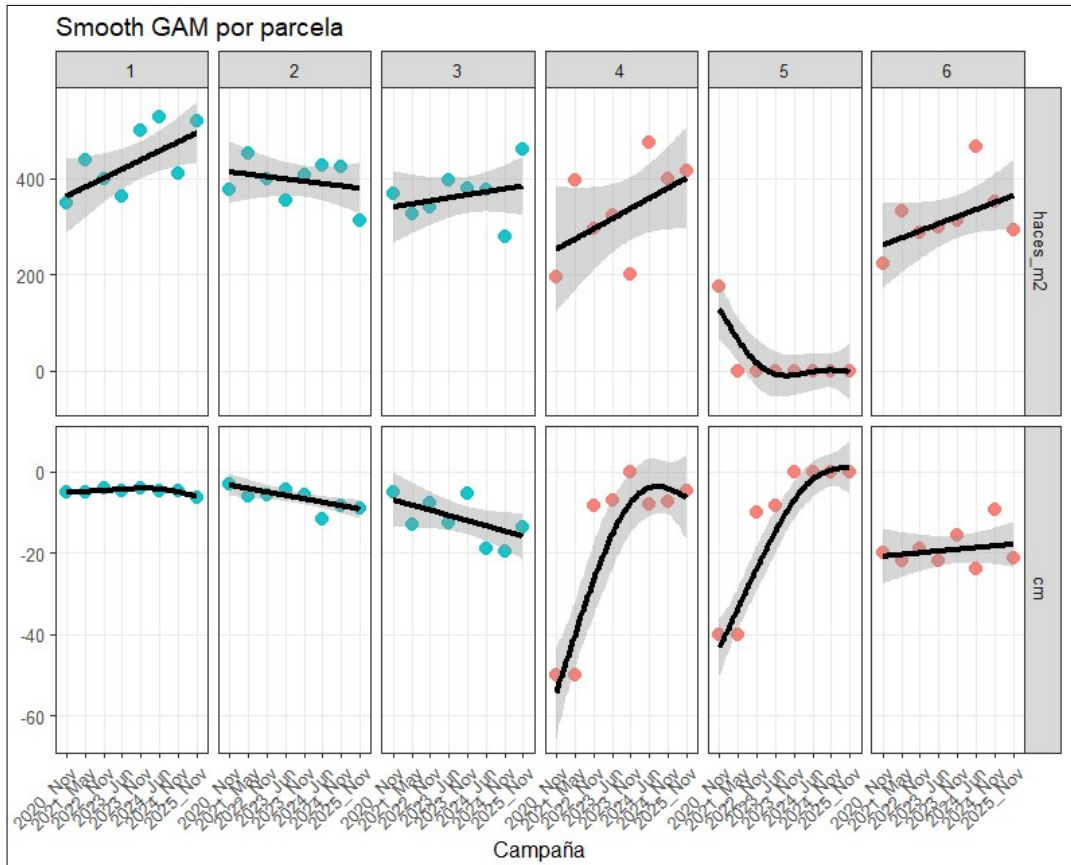
### 3.2. Análisis temporal mediante modelos GAM en las parcelas fijas

En un primer enfoque se ajustó un modelo global considerando como variable respuesta la densidad de haces. El modelo incluyó como efectos no paramétricos: el tiempo:  $s(\text{time}, k = 4)$  y el descalzamiento (cm):  $s(\text{cm}, k = 5)$ ; como efecto paramétrico el tratamiento (alto vs bajo descalzamiento) y como efecto aleatorio la parcela:  $s(\text{rep}, \text{bs} = \text{"re"})$  y estimación mediante REML.

El modelo explicó el 92.8% de la devianza ( $R^2$  ajustado = 0.909), indicando un ajuste elevado. El efecto asociado al descalzamiento fue significativo ( $\text{edf} = 3.60$ ;  $p = 0.004$ ), lo que indica una relación no lineal entre el nivel de erosión y la densidad de haces. En cambio, el tiempo no resultó significativo ( $p = 0.94$ ), sugiriendo que no existe una tendencia temporal común independiente del estado sedimentario. El efecto aleatorio de la parcela fue altamente significativo ( $p < 0.001$ ), lo que confirma una fuerte heterogeneidad espacial en la respuesta.

Dado el elevado efecto de la parcela detectado en el modelo global, se ajustaron **modelos GAM independientes para cada parcela**, considerando únicamente la relación entre densidad ( $\log_{10}p$ ) y tiempo:  $\log_{10}p(\text{haces\_m}^2) \sim s(\text{time}, k = 4)$

Estos modelos permitieron evaluar si existía una tendencia temporal significativa dentro de cada parcela de forma individual. En la mayoría de las parcelas el término suavizado presentó un  $\text{edf} \approx 1$ , lo que indica tendencias aproximadamente lineales (e.g. en el caso de las parcelas con bajo descalzamiento) o débiles (en el caso de las parcelas de alto descalzamiento). Ninguna parcela mostró una tendencia temporal claramente significativa ( $p > 0.05$  en todos los casos), aunque la parcela 5 presentó un  $\text{edf}$  mayor (2.26) y un  $R^2$  relativamente elevado (0.639), reflejando una trayectoria más marcada asociada a su colapso estructural. Los valores de  $R^2$  ajustado fueron moderados o bajos en la mayoría de parcelas, lo que sugiere que **la dinámica no responde a una tendencia temporal progresiva, sino a fluctuaciones asociadas a eventos puntuales y a la dinámica sedimentaria local**. En conjunto, la comparación entre la evolución por parcela (**Figura 5**) y las tendencias suavizadas (**Figura 7**) pone de manifiesto que la respuesta de la pradera no es lineal ni progresiva, sino que está fuertemente condicionada por la dinámica sedimentaria. Los incrementos de densidad observados no deben interpretarse necesariamente como recuperación estable, sino como fases transitorias de compensación vegetativa cuya persistencia depende de la estabilidad física del sustrato. Aunque se activan mecanismos de compensación vegetativa tras episodios de acreción sedimentaria, la fragilidad estructural de los haces divididos y la recurrencia de temporales otoñales limitan la consolidación de la recuperación.



**Figura 7.** Tendencia temporal empleando curvas suavizadas resultado de los modelos generales aditivos (GAM) de la densidad de haces (arriba) y el descalzamiento (abajo) por parcela. En azul se muestra el tratamiento bajo descalzamiento y en rojo alto descalzamiento.

#### 4. CONCLUSIONES

Cinco años después del temporal Gloria, la pradera de *Posidonia oceanica* en Mataró I continúa mostrando una respuesta diferenciada en función del grado inicial de impacto. Las parcelas con bajo descalzamiento han mantenido densidades relativamente altas y estables a lo largo del periodo de seguimiento, con oscilaciones moderadas y una variabilidad reducida entre parcelas. Esta trayectoria sugiere que la estructura inicial de estas zonas permitió amortiguar la perturbación y sostener una dinámica más equilibrada en el tiempo.

En cambio, las parcelas inicialmente más afectadas por la erosión presentan una evolución más compleja. Aunque a partir de 2022 se observa una reducción progresiva del descalzamiento, probablemente asociada a la entrada de sedimento, que llega a igualar los niveles de las parcelas menos impactadas (**Figura 8**). Esta convergencia sedimentaria no se traduce en una recuperación equivalente de la densidad. Las densidades en las zonas de alto descalzamiento inicial (en rojo) permanecen sistemáticamente más bajas y muestran una variabilidad notablemente mayor.

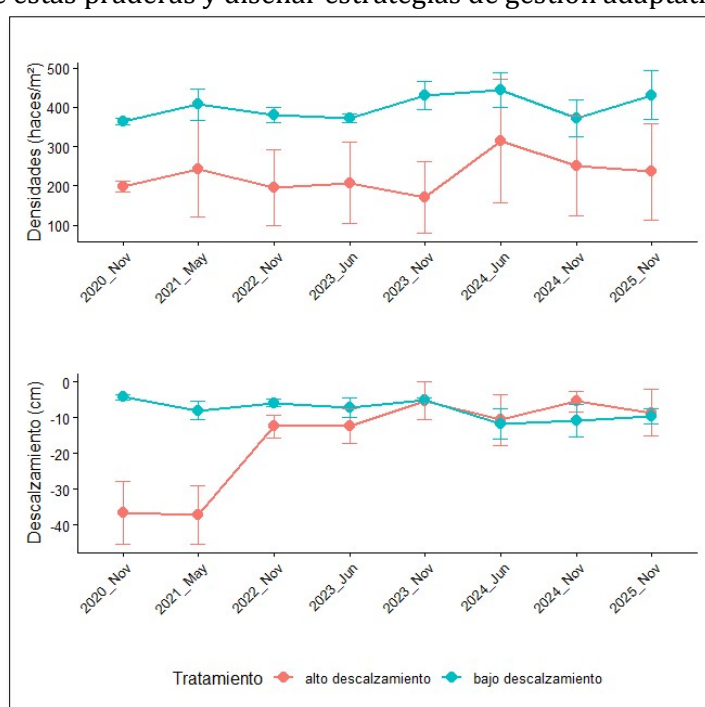
Esta discrepancia indica que la recuperación física del sedimento y la recuperación estructural de la pradera no avanzan necesariamente de forma paralela. Los incrementos puntuales de densidad registrados tras episodios de acreción parecen estar vinculados a la proliferación de haces divididos y plagiotropos, cuya estabilidad depende de su consolidación en el sustrato. La fragilidad de estos haces parcialmente descalzados, especialmente en contextos de elevado hidrodinamismo durante los meses de otoño, favorece descensos posteriores en la densidad y genera trayectorias oscilatorias en las parcelas más afectadas.

La elevada heterogeneidad espacial observada en el tratamiento de alto descalzamiento confirma que la resiliencia post-impacto está fuertemente modulada por condiciones locales, en particular por el

régimen hidrodinámico y la dinámica sedimentaria, tal como se ha descrito para el temporal Gloria en la costa norte catalana (Marco-Méndez et al., 2023a; Marco-Méndez et al., 2024). Estos resultados apuntan a la existencia de umbrales de erosión a partir de los cuales la recuperación estructural se vuelve incierta o prolongada.

En conjunto, la evolución temporal evidencia que la dinámica sedimentaria actúa como principal factor modulador de la resiliencia de la pradera. Aunque se detectan fases de estabilización, la recurrencia de procesos erosivos impide consolidar una recuperación homogénea en las zonas más impactadas. En un escenario de incremento en la frecuencia e intensidad de eventos extremos, comprender la interacción entre descalzamiento, estabilidad del sedimento y consolidación estructural será clave para anticipar la trayectoria futura de estas praderas y orientar estrategias de gestión adaptativa.

Desde una perspectiva de conservación, estos resultados subrayan la necesidad de mantener el monitoreo a largo plazo y de considerar la interacción entre perturbaciones naturales y presiones antropogénicas. En un escenario de incremento en la frecuencia e intensidad de eventos extremos, comprender la relación entre descalzamiento, dinámica sedimentaria y estabilidad estructural será clave para anticipar la trayectoria futura de estas praderas y diseñar estrategias de gestión adaptativa eficaces.



**Figura 8:** Evolución global de la densidad y el descalzamiento por tratamiento

**Tabla 1:** Densidades (haces/m<sup>2</sup>) y valores de descalzamiento (cm) medidos durante el experimento.

Mes	Tratamiento	Densidad de haces/m <sup>2</sup>	SE	Descalzamiento (cm)	SE
2020_Nov	alto descalzamiento	198,7	13,9	-36,7	8,8
2020_Nov	bajo descalzamiento	364,0	8,3	-4,3	0,7
2021_May	alto descalzamiento	242,7	122,7	-37,3	8,2
2021_May	bajo descalzamiento	406,7	39,5	-8,0	2,5
2022_Nov	alto descalzamiento	195,3	97,7	-12,5	3,3
2022_Nov	bajo descalzamiento	380,0	20,0	-5,9	1,1
2023_Jun	alto descalzamiento	207,7	104,0	-12,4	4,8
2023_Jun	bajo descalzamiento	372,0	12,2	-7,3	2,8
2023_Nov	alto descalzamiento	170,7	91,3	-5,3	5,2

2023_Nov	bajo descalzamiento	429,3	36,2	-5,0	0,4
2024_Jun	alto descalzamiento	314,7	157,4	-10,7	7,1
2024_Jun	bajo descalzamiento	444,0	44,6	-11,8	4,1
2024_Nov	alto descalzamiento	250,7	126,1	-5,6	2,8
2024_Nov	bajo descalzamiento	372,0	46,1	-10,8	4,5
2025_Nov	alto descalzamiento	236,0	123,3	-8,7	6,5
2025_Nov	bajo descalzamiento	430,7	61,8	-9,7	2,1

## Bibliografia

- Marco-Méndez, C., Pagès, J. F., Seglar, X., & Muñoz-Ramos, G. (2023a). Efectes dels temporals extrems als herbeis de *Posidonia oceanica* i a la consciència mediambiental col·lectiva. *Atzavara*, 33, 87–98.
- Marco-Méndez, C., Marbà, N., Amores, Á., Romero, J., Minguito-Frutos, M., García, M., Pagès, J. F., ... & Alcoverro, T. (2024). Evaluating the extent and impact of the extreme Storm Gloria on *Posidonia oceanica* seagrass meadows. *Science of the Total Environment*, 908, 168404. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168404>
- Alcoverro, T., Marco-Méndez, C., Minguito, M., Boada, J., Prado, P., Sanmartí, N., Muñoz-Ramos, G., Pagès, J. F., García, M., Pérez, M., Seglar, X., & Romero, J. (2020). Efectes del temporal Gloria en els ecosistemes de *Posidonia oceanica* al llarg de la costa catalana. En M. Canals & J. Miranda (Eds.), *Sobre el temporal Gloria (19–23.01.20), els seus efectes sobre el país i el que se'n deriva: Report de Resposta Ràpida (R<sup>3</sup>)* (pp. 93–101). Institut d'Estudis Catalans. <https://digital.csic.es/handle/10261/226307>
- Collier, C., & Waycott, M. (2009). *Drivers of change to seagrass distributions and communities on the Great Barrier Reef: Literature review and gaps analysis*. Reef and Rainforest Research Centre.
- Duarte, C. M. (1995). Submerged aquatic vegetation in relation to different nutrient regimes. *Ophelia*, 41(1), 87–112.
- Fourqurean, J. W., Duarte, C. M., Kennedy, H., Marbà, N., Holmer, M., Mateo, M. A., ... & Serrano, O. (2012). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience*, 5, 505–509.
- Serrano, O., et al. (2014). Impact of mooring activities on carbon stocks in seagrass meadows. *Scientific Reports*, 4, 5714.
- Arias-Ortiz, A., et al. (2018). A marine heatwave drives massive losses from the world's largest seagrass carbon stocks. *Nature Climate Change*, 8, 338–344.