

Seguiment de la biodiversitat marina als espais protegits de Catalunya: Zones d'Especial Conservació dels Aiguamolls de l'Alt Empordà, de les Costes del Garraf i del Delta de l'Ebre

Memòria 2022



UNIVERSITAT DE
BARCELONA



Generalitat de Catalunya
**Departament d'Acció Climàtica,
Alimentació i Agenda Rural**

**SEGUIMENT DE LA BIODIVERSITAT MARINA
ALS ESPAIS PROTEGITS DE CATALUNYA:
ZONES D'ESPECIAL CONSERVACIÓ DELS
AIGUAMOLLS DE L'ALT EMPORDÀ, DE LES
COSTES DEL GARRAF I DEL DELTA DE L'EBRE**

MEMÒRIA ANY 2022



UNIVERSITAT_{DE}
BARCELONA

Gestió i direcció del projecte:

Cristina LINARES¹

Bernat HEREU¹

Investigadors involucrats:

Julia ORTEGA¹

Graciela ROVIRA¹

Núria MARGARIT¹

Neus SANMARTÍ¹

Javier ROMERO¹

Marta PÉREZ¹

Andrea GORI¹

David CASALS¹

1. Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, Universitat de Barcelona.
Av. Diagonal 643, 08028 Barcelona

Citar com:

Linares, C., Ortega, J., Rovira, G., Margarit, N., Sanmartí, N., Romero, J., Pérez, M., Gori, A., Casals, D., Hereu, B. (2023). Seguiment de la biodiversitat marina als espais protegits de Catalunya: Zones d'Especial Conservació. Memòria 2022. Generalitat de Catalunya. Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. 222 p

| | |
|--|----|
| Introducció general | 7 |
| Bibliografia | 12 |
| ZONA D'ESPECIAL CONSERVACIÓ DELS AIGUAMOLLS DE L'ALT EMPORDÀ | 15 |
| Introducció general de la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà..... | 15 |
| Fanerògames i nacres | 18 |
| Introducció | 19 |
| Material i mètodes..... | 21 |
| Resultats..... | 25 |
| Discussió | 28 |
| Conclusions | 31 |
| Annex..... | 32 |
| Comunitat de peixos | 33 |
| Introducció | 34 |
| Material i mètodes..... | 35 |
| Resultats..... | 37 |
| Discussió | 40 |
| Conclusions | 41 |
| Paisatge..... | 43 |
| Introducció | 44 |
| Material i mètodes..... | 45 |
| Resultats..... | 47 |
| Discussió | 49 |
| Conclusions | 50 |
| Conclusions generals de la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà..... | 51 |
| Estat actual de les principals espècies i hàbitats en la ZEC | 51 |
| Recomanacions pel futur seguiment i gestió..... | 52 |
| Bibliografia general de la ZEC dels Aiguamolls de l'Empordà | 53 |
| ZONA D'ESPECIAL CONSERVACIÓ DE LES COSTES DEL GARRAF | 59 |
| Introducció general de la ZEC de les Costes del Garraf | 59 |
| Fanerògames i nacres | 62 |
| | 62 |

| | |
|--|-----|
| Introducció | 63 |
| Material i mètodes..... | 65 |
| Resultats..... | 71 |
| Discussió | 74 |
| Conclusions | 79 |
| Annex..... | 79 |
| Comunitats de peixos | 83 |
| Introducció | 84 |
| Material i mètodes..... | 85 |
| Resultats..... | 87 |
| Discussió | 97 |
| Conclusions | 98 |
| Comunitats mediolitorals..... | 100 |
| | 100 |
| Introducció | 101 |
| Material i mètodes..... | 103 |
| Resultats..... | 106 |
| Discussió | 115 |
| Conclusions | 117 |
| Comunitats algals i de les poblacions de garotes | 118 |
| Introducció | 119 |
| Material i mètodes..... | 120 |
| Resultats..... | 121 |
| Discussió | 126 |
| Conclusions | 128 |
| Paisatge..... | 129 |
| Introducció | 130 |
| Material i mètodes..... | 131 |
| Metodologia de mostreig..... | 132 |
| Resultats..... | 133 |
| Discussió | 135 |
| Conclusions | 136 |
| Prospeccions | 137 |

| | |
|--|-----|
| Introducció | 138 |
| Material i mètodes..... | 139 |
| Resultats..... | 140 |
| Discussió | 144 |
| Conclusions | 144 |
| Conclusions generals de la ZEC de les Costes del Garraf | 145 |
| Estat actual de les principals espècies i hàbitats en la ZEC | 145 |
| Recomanacions pel futur seguiment i gestió..... | 146 |
| Bibliografia general de la ZEC de les Costes del Garraf | 147 |
| ZONA D'ESPECIAL CONSERVACIÓ DEL DELTA DE L'EBRE | 159 |
| Introducció general de la ZEC del Delta de l'Ebre | 159 |
| Fanerògames i nacres | 162 |
| Introducció | 163 |
| Material i mètodes..... | 166 |
| Resultats..... | 170 |
| Discussió | 175 |
| Conclusions | 178 |
| Annex..... | 179 |
| Comunitat de peixos | 181 |
| Introducció | 182 |
| Material i mètodes..... | 183 |
| Resultats..... | 186 |
| Discussió | 194 |
| Conclusions | 195 |
| Paisatge..... | 196 |
| Introducció | 197 |
| Material i mètodes..... | 199 |
| Resultats..... | 201 |
| Discussió | 202 |
| Conclusions | 204 |
| Annex..... | 205 |
| Prospeccions | 206 |
| Introducció | 207 |
| Material i mètodes..... | 207 |

| | |
|--|-----|
| Resultats..... | 210 |
| Discussió | 212 |
| Conclusions | 214 |
| Annex..... | 215 |
| Conclusions generals de la ZEC Delta de l'Ebre | 216 |
| Estat actual de les principals espècies i hàbitats en la ZEC | 216 |
| Recomanacions pel futur seguiment i gestió..... | 216 |
| Bibliografia general de la ZEC Delta de l'Ebre | 217 |

Introducció general

La Xarxa Natura 2000 és una xarxa europea d'espais naturals establerta dins la Directiva Hàbitats que té com a objectiu fer compatible la protecció de les espècies i els hàbitats amb l'activitat humana que s'hi desenvolupa, fent que es mantingui un bon estat de conservació dels hàbitats i espècies i evitar el seu deteriorament. La Directiva Hàbitats estableix que els estats membres s'han d'encarregar de la vigilància (seguiment) de l'estat de conservació de les espècies i hàbitats amb l'elaboració, cada 6 anys, d'un informe on s'avaluï l'efectivitat de les mesures de conservació adoptades per mantenir un estat de conservació favorable per als hàbitats i espècies d'interès comunitari objectes de conservació.

Actualment, la Xarxa Natura 2000 s'ha convertit cada cop més en l'objectiu de veus crítiques que qüestionen el seu paper i eficàcia reals en la protecció de la biodiversitat marina i que actualment no està complint els seus objectius principals, ja que el percentatge relatiu de la superfície marina coberta és extremadament variable entre els estats membres, els ecosistemes marins profunds i estan poc representats i la connectivitat ecològica no està garantida (Mazaris *et al.* 2017). Per exemple, a França com passa també a nivell de Catalunya i a altres comunitats autònomes així com a molts altres indrets, la xarxa N2000 no inclou cap regulació substancial que pugui afectar les pesqueries ni cap regulació específica sobre la protecció d'una espècie o hàbitat, excepte per les praderies de *Posidonia oceanica* (Meinesz i Blanfune 2015). Aquestes mancances contrasten clarament amb l'ambició cada cop més aparent de la Comissió de la UE per ampliar l'abast de la Xarxa Natura 2000 més enllà de les directives d'aus i hàbitats (Fock, 2011), per fer possible que contribueixin de manera més eficaç a la política de protecció marina de l'ecosistema de la UE i s'hi integrin adequadament, com, per exemple, els objectius de la Directiva Marc d'Estratègia Marina (MSFD), de la Política Pesquera Comuna (PCP), o de la Convenció de la Diversitat Biològica. Atès que la majoria d'espais N2000 arreu del Mediterrani, i també a Catalunya, estan sotmesos principalment a múltiples fonts d'estrès i impactes antropogènics, com la pesca, capaços de produir alteracions a tot l'ecosistema (Coll *et al.* 2012), és urgent entendre si aquests espais tenen el potencial de recuperar els ecosistemes i mantenir-los en un bon estat de conservació alhora que poden garantir la sostenibilitat de les activitats humanes com estableixen els seus objectius.

L'any 2006, en compliment de la Directiva Hàbitats, Catalunya va designar més de 85.000 ha marines distribuïdes en 12 espais, com a espais protegits en la Xarxa Europea Natura 2000 (Figura 1). En l'àmbit marí, Catalunya compta amb 5 hàbitats d'interès comunitari i vora una vintena d'espècies d'interès comunitari pertanyents a diferents grups faunístics i florístics i sobre els quals ara mateix es disposa de molt poca o nul·la informació. Per tant, augmentar aquest coneixement és un dels objectius principals del contracte de seguiment de la biodiversitat marina pels anys 2021-2024. És per això que en aquest contracte s'inclouen, per primera vegada, el seguiment de tots els espais que formen la Xarxa N2000, que inclou el Parc Natural del Cap de Creus i el Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter, on ja es realitzava un seguiment periòdic.

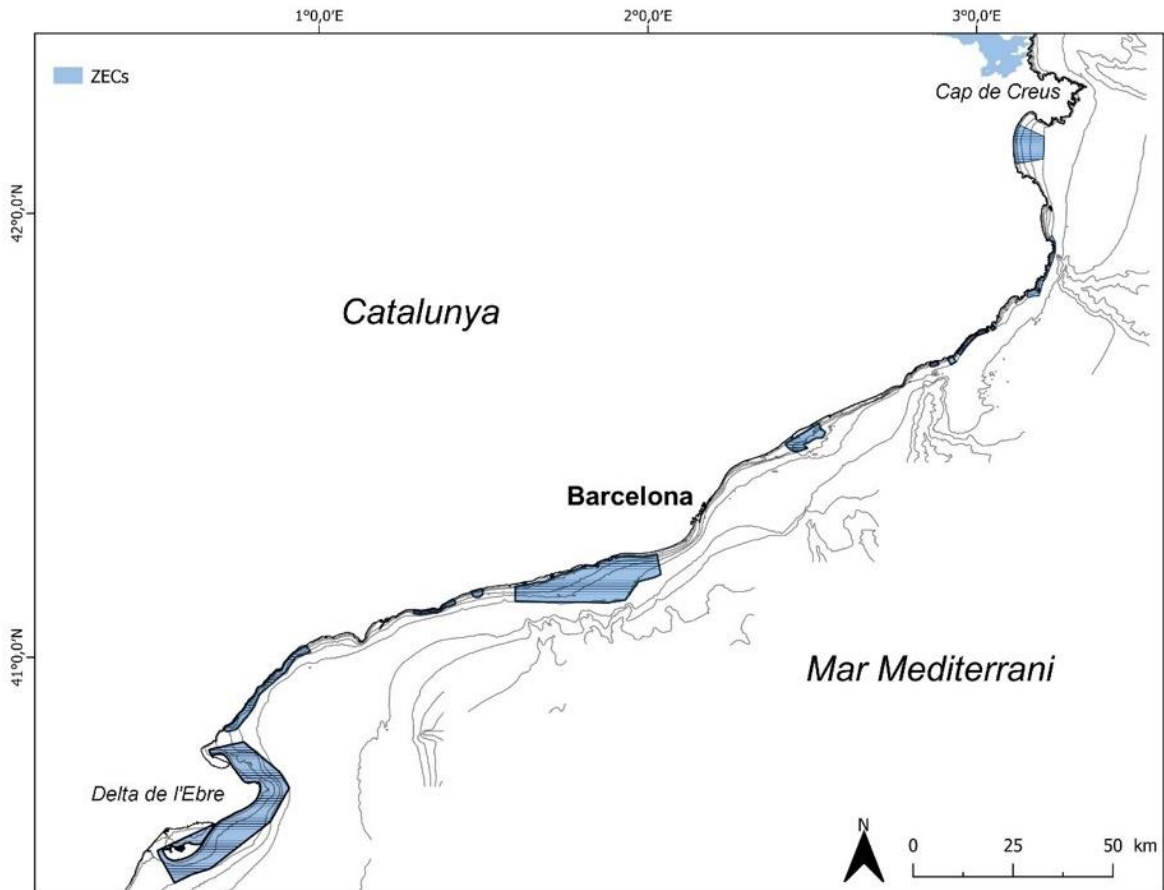


Figura 1. Espais marins protegits inclosos a la Xarxa Natura 2000 (ZEC: Zones d'Especial Conservació).

Mentre que el seguiment de la biodiversitat marina, impulsat per la Generalitat de Catalunya, es porta realitzant de forma periòdica als parcs naturals, com a tals, des de l'any 2005 (tot i que el seguiment a la Reserva Marina de les Illes Medes va començar el 1990), la situació a la resta d'espais naturals marins inclosos al PEIN i la Xarxa Natura 2000 és ben diferent, on hi ha un gran desconeixement sobre l'estat de conservació de la majoria d'espècies i hàbitats d'interès que es poden trobar. Els espais naturals marins inclosos al PEIN i la Xarxa Natura 2000 són molt diversos en les seves dimensions des d'espais molt reduïts com el Massís de l'Albera, amb 5 ha, fins al Delta de l'Ebre, amb més de 35.000ha (Taula 1).

Taula 1. Espais marins protegits inclosos a la Xarxa N2000

| CODI XN2000 | Nom | Hectàrees |
|-------------|--|-----------|
| ES0000020 | Delta de l'Ebre | 35.647,10 |
| ES5110020 | Costes del Garraf | 26.473,78 |
| ES5120013 | Massís de Cadiretes | 1.467,84 |
| ES0000019 | Aiguamolls de l'Alt Empordà | 5.857,71 |
| ES5120007 | Cap de Creus | 3.063,70 |
| ES5120014 | Massís de l'Albera | 5,08 |
| ES5140001 | Litoral meridional tarragoní | 4.593,91 |
| ES5140007 | Costes del Tarragonès | 948,92 |
| ES5140020 | Grapissar de Masia Blanca | 440,58 |
| ES5110017 | Costes del Maresme | 2.906,36 |
| ES5120015 | Litoral del Baix Empordà | 1.795,74 |
| ES5120016 | Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter | 1.944,66 |

A més, també tenen una diversitat molt gran d'hàbitats i espècies que dominen en els diferents espais protegits. Mentre que en alguns, com el Delta de l'Ebre i els Aiguamolls de l'Alt Empordà, dominen bàsicament les praderies de fanerògames marines, bé *Posidonia oceanica* o *Cymodocea nodosa*, en altres com el Litoral del Baix Empordà o el Litoral Meridional Tarragoní hi ha una diversitat molt gran d'hàbitats, des de praderies de fanerògames fins a comunitats de coral·ligen, incloent en alguns casos coves i altres hàbitats destacables. Aquesta diversitat es fa palesa en el nombre d'indicadors/descriptors i nombre de localitats que s'han d'avaluar en cada un dels espais, i que es comencen a seguir a partir d'aquest any 2022, tal com estableix el plec tècnic del contracte (Taula 2).

Taula 2. Planificació del seguiment a cada un dels espais ZEC.

| | 2022 | | | 2023 | | | | 2024 | | | | TOTAL estacions |
|------------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|------------------------------|---------------|-----------------|
| | Delta de l'Ebre | Costes del Garraf | Aiguamolls de l'Empordà | Grapiassar Masia Blanca | Costes del Maresme | Litoral Baix Empordà | Costes del Tarragonès | Massís de Cadiretes | Massís de l'Albera | Litoral Meridional Tarragoni | Pinya de Rosa | |
| Fanerògames i nacres | 4 | 4 | 4 | 1 | 3 | 3 | 1 | 2 | 1 | 4 | 1 | 28 |
| Peixos | 4 | 6 | 4 | 1 | 3 | 3 | 2 | 3 | 1 | 4 | 1 | 32 |
| Coral·ligen | - | 2 | - | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | - | 3 | 1 | 17 |
| Comunitats algals i garotes | - | 3 | - | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 | 1 | 4 | 1 | 19 |
| Mediolitoral | - | 6 | - | - | - | 3 | 2 | 3 | 1 | 4 | 1 | 20 |
| Coves | - | - | - | - | - | 2 | - | 2 | - | - | - | 4 |
| Paisatge | 4 | 4 | 2 | 1 | 3 | 4 | 2 | 4 | 1 | 3 | 1 | 29 |
| Prospeccions | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 11 |
| TOTAL | 13 | 26 | 11 | 6 | 15 | 22 | 10 | 21 | 6 | 23 | 7 | 160 |

Els impactes que pateixen aquests espais, tot i que hi ha diferències entre les localitats, en molts casos són comuns i inclouen impactes derivats de la pesca professional i recreativa, fondeig d'embarcacions recreatives, busseig recreatiu, espècies invasores i canvi climàtic, principalment. Pel que fa a la pesca professional, en principi els impactes serien derivats únicament de la pesca artesanal, doncs és la que pot treballar en els rangs batimètrics on es realitza aquest seguiment (per sobre dels 40 m de fondària). La pesca, tant professional com recreativa, pot afectar les poblacions d'espècies objectiu, reduint la seva abundància i biomassa, i de manera indirecta pot tenir un impacte sobre els fons amb les xarxes o arts de pesca, o bé les hèlix de les petites embarcacions recreatives. Altres impactes són derivats de les activitats recreatives que es donen en les zones del litoral i que cada dia són més freqüents, com la nàutica recreativa o altres activitats recreatives com el busseig, que pot arribar a ser un problema si s'arriben a concentrar un elevat nombre de bussejadors com succeeix a les Illes Medes (Coma *et al.* 2004, Linares *et al.* 2007, Linares i Doak 2010, Pagès-Escolà *et al.* 2020). Respecte als impactes derivats del canvi climàtic, un dels impactes més importants són les onades de calor, esdeveniments climàtics extrems on s'assoleixen temperatures per sobre dels rangs habituals durant un cert període de temps i que poden tenir greus conseqüències per les comunitats marines, com per exemple el coral·ligen o les

fanerògames marines (Linares *et al.* 2017, Ontoria *et al.* 2019). També a mig i llarg termini l'increment de la freqüència i intensitat de tempestes, com va ser la del Glòria (2020) i l'increment del nivell del mar podrà afectar significativament algunes ZEC (Alcoverro *et al.* 2020, Cebrian *et al.* 2020). Pel que fa a les espècies invasores, les principals espècies que es poden trobar en aquests espais són espècies de macroalgues com *Caulerpa cylindracea* i *Womersleyella setacea* que poden arribar a competir per espai i recursos amb espècies natives i que poden afectar el reclutament i la supervivència d'algunes espècies natives de fanerògames i espècies sèssils del coral-ligen (Cebrian *et al.* 2013, Linares *et al.* 2013, Najdek *et al.* 2020).

Durant el primer any d'aquest seguiment (2021), l'objectiu fou el buidatge de la informació disponible, així com la comprovació "in situ" dels hàbitats i espècies presents en algunes ZEC on hi havia menys informació (Litoral Meridional Tarragoní, Costes del Tarragonès, Masia Blanca, Costes del Garraf i Massís de l'Albera) i la proposta d'establiment de la ubicació de les estacions de seguiment. Per tant, en aquest primer informe de les ZEC, on estan exclosos els Parcs Naturals que formen part de la primera part de l'informe global, es va fer un resum de la informació disponible per cadascun de les ZEC i es va realitzar una primera proposta d'estacions que es va validar amb els gestors implicats en cada ZEC abans de començar el seguiment al camp, a partir de l'any 2022 (Linares *et al.* 2022).

Durant aquest any 2022, s'ha realitzat el seguiment a les zones ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà, Costes del Garraf i Delta de l'Ebre tal com establia el plec tècnic del contracte (Taula 2). Aquestes ZEC són molt diverses, tal com hem mencionat anteriorment, tant per la seva extensió cobrint des d'aproximadament 5.000, 26.000 i 35.000 ha, respectivament (Taula 1) com per la seva dominància d'hàbitats principals. Destacant una dominància d'herbassars de *Cymodocea nodosa* tant al Delta de l'Ebre com als Aiguamolls de l'Alt Empordà, i d'herbassars de *Posidonia oceanica* amb presència en algunes localitats més restringides de *C. nodosa* i de comunitats del mediolitoral i algues fotòfiles a les Costes del Garraf. També són diversos els impactes que pateixen aquestes ZEC, tot i que alguns dels principals impactes són comuns, com la sobrepesca, contaminació i el canvi climàtic, però poden afectar-los en diferents intensitats.

Els indicadors utilitzats són similars als que s'utilitzen en el "Seguiment de la biodiversitat marina dels Parcs Naturals de Catalunya", excepte algunes incorporacions a nivell d'hàbitats i espècies, com la incorporació de les praderies de *Cymodocea nodosa* i el descriptor de paisatge. La metodologia es basa en protocols de monitoratge senzills però molt efectius, que ja estan implementats en el programa de seguiment dels Parcs, o en altres estudis realitzats pel grup de recerca responsable del seguiment de les ZEC. Malgrat això, i degut a la diversitat de mides de les ZEC i els seus principals hàbitats, com és el cas de les ZEC d'aquest any, amb una dominància de praderies de fanerògames i sorres, no totes les metodologies són tan efectives com quan es realitzen dins els Parcs Naturals.

En el cas dels peixos, la gran extensió dels hàbitats sedimentaris genera una gran dispersió dels individus, que són difícilment mesurables, pel que es requeriria una combinació de diverses aproximacions metodològiques per tenir una visió més completa de les seves poblacions. Per altra banda, la inclusió del paisatge com a descriptor, ha comportat en alguns casos un cert solapament amb el descriptor de prospeccions. En teoria, sembla clara la distinció dels dos descriptors, tot i que si s'analitzen en detall i s'apliquen en el seguiment es poden veure certs solapaments. Les

prospeccions inclouen diversos trams de la costa dels diferents espais marins protegits, amb l'objectiu de tenir un major coneixement del fons marí, de les seves comunitats biològiques i del seu estat general per tal de detectar possibles afectacions i, en cas necessari, establir noves estacions de mostreig. En canvi, en el descriptor de paisatge l'objectiu és obtenir informació a una escala espacial més gran que permeti identificar canvis en la distribució dels hàbitats, ja siguin abruptes deguts a impactes puntuals de gran intensitat, com el temporal Glòria, com suaus i a llarg termini, com la transició de comunitats de macroalgues cap a blancalls amb nul·la complexitat estructural. En el cas de les ZEC d'aquest any, s'han desenvolupat prospeccions i paisatge a la ZEC del Delta de l'Ebre i Costes del Garraf, mentre que s'han unificat prospeccions i paisatge en la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà. El descriptor de paisatge s'ha centrat sobretot, quan ha estat possible, en indicadors de fragmentació de l'hàbitat i també en la identificació dels límits profunds de distribució. En el cas de les prospeccions, s'ha focalitzat en explorar noves localitats fora de les incloses dins dels seguiments dels descriptors específics. En aquest sentit, és important identificar cas per cas, l'aplicació d'aquests dos descriptors i la seva possible redundància quan els hàbitats són molt homogenis i poc diversos.

A continuació es presenten els resultats obtinguts per cada una de les ZEC estudiades, això permet que puguin ser considerats de manera independent, però també comporta algunes repeticions respecte als descriptors i metodologies al llarg de la memòria, doncs en molts casos són comuns.

Bibliografia

- Alcoverro, T., Marco-Méndez, C., Minguito, M., Boada, J., Prado, P., Sanmartí, N., Muñoz-Ramos, G., Pagès, J. F., Garcia, M., Pérez, M., Seglar, X., i Romero, J. (2020). Efectes del temporal Gloria en els ecosistemes de *Posidonia oceanica* al llarg de la costa catalana. A: Canals, M. i Miranda, J. (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 (R³). Institut d'Estudis Catalans, pp. 93-101.
- Cebrian, E. Linares, C. Marschall, C. Garrabou, J. (2013). Exploring the effects of invasive algae on the persistence of Mediterranean gorgonian populations enduring climate-induced mortalities. *Biological Invasions* 14, 2467-2656
- Cebrian, E. Alcoverro, T. Ballesteros, E. Boada, J., Cheminée, A. Coma, R. García-Rubies, A. Garrabou, J. Hereu, B. Kersting, DK. Linares, C. Mateo, MA. Teixidó, N. (2020). Impacte ecològic de les llevantades sobre les comunitats de fons rocosos: el cas del temporal Gloria. A: Canals, M. i Miranda, J. (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 (R³). Institut d'Estudis Catalans
- Coll, M., Piroddi, C., Albouy, C., Ben Rais Lasram, F., Cheung, W. W. L., Christensen, V., Pauly, D. (2012). The Mediterranean Sea undersiege: Spatial overlap between marine biodiversity, cumulative threats and marine reserves. *Global Ecology and Biogeography*, 21, 465-480
- Coma, R., Pola, E., Ribes, M., i Zabala, M. (2004). Long-term assessment of temperate octocoral mortality patterns, protected vs. unprotected areas. *Ecological Applications*, 14(5), 1466-1478.

- Fock, H. O. (2011). Natura 2000 and the European Common Fisheries Policy. *Marine Policy*, 35, 181–188.
- Linares, C., Doak, D. F., Coma, R., Díaz, D., Zabala, M. (2007). Life history and viability of a long-lived marine invertebrate: the octocoral *Paramuricea clavata*. *Ecology*, 88(4), 918–928.
- Linares, C., Doak, D. F. (2010). Forecasting the combined effects of disparate disturbances on the persistence of long-lived gorgonians: a case study of *Paramuricea clavata*. *Marine Ecology Progress Series*, 402, 59-68.
- Linares, C. Cebrian, E. Coma, R. (2013). Effects of turf algae on gorgonian recruitment and juvenile survival of gorgonians. *Marine Ecology Progress Series* 452, 81-88
- Linares, C., Ballesteros, E., Verdura, J., Coma, R., Garrabou, J., Ledoux, J. B., Tomàs, F., Uriz, M.J., Cebrian, E. (2017). Efectos del cambio climático sobre la gorgonia *Paramuricea clavata* y el coralígeno asociado en el Parque Nacional Marítimo-Terrestre del archipiélago de Cabrera.
- Linares, C., Ortega, J., Rovira, G., Margarit, N., Sanmartí, N., Romero, J., Pérez, M., Gori, A. Hereu, B. (2022). Seguiment de la biodiversitat marina als espais protegits de Catalunya: Zones d'Espacial Conservació. Memòria 2021. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. 110 pp
- Mazaris, A. D., Almpnidou, V., Giakoumi, S., Katsanevakis, S. (2017). Gaps and challenges of the European network of protected sites in the marine realm. *ICES Journal of Marine Science*, 75, 190–198.
- Meinesz, A., Blanfuné, A. (2015). 1983–2013: Development of marine protected areas along the French Mediterranean coasts and perspectives for achievement of the Aichi target. *Marine Policy*, 54, 10–16
- Najdek M, Korlevic´ M, Paliaga P, Markovski M, Ivancic I, Iveša L, Felja I. Herndl GJ (2020). Effects of the Invasion of *Caulerpa cylindracea* in a *Cymodocea nodosa* Meadow in the Northern Adriatic Sea. *Front. Mar. Sci.* 7:602055.
- Ontoria, Y., González-Guedes, E., Sanmartí, N., Bernardeau-Esteller, J., Ruiz, JM., Romero, J., et al. (2019). Interactive effects of global warming and eutrophication on a fast-growing Mediterranean seagrass. *Mar Environ Res.* 145: 27–38.
- Pagès-Escalà, M., Hereu, B., Rovira, G., Medrano, A., Aspillaga, E., Capdevila, P., Linares, C. (2020). Unravelling the population dynamics of the Mediterranean bryozoan *Pentapora fascialis* to assess its role as an indicator of recreational diving for adaptive management of marine protected areas. *Ecological Indicators*, 109, 105781.



ZONA D'ESPECIAL CONSERVACIÓ DELS AIGUAMOLLS DE L'ALT EMPORDÀ

Introducció general de la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà

Codi ZEC: ES0000019

Superfície marina de la regió: 5863,6 hectàrees

Superfície ZEC: 10.829 hectàrees

Superfície ZEPA: 10.829 hectàrees

Aquest espai litoral, situat a la comarca de l'Alt Empordà, comprèn l'àmbit marí des de la gola del riu Muga fins al riu de Sant Martí d'Empúries, i s'estén fins als 50 m de profunditat (Fernández, A., 2007, Figura 1). Va ser categoritzat com a Paratge Natural l'any 1983 (Llei 21/1983), i com a Parc Natural l'any 1985 (Llei 12/1985). El 2006 és designat com a lloc d'importància comunitària (LIC) i zona d'especial protecció per a les aus (ZEPA), sent d'aquesta manera inclòs en la Xarxa Natura 2000. Finalment, la Generalitat de Catalunya declara aquest espai com a ZEC (Acords de Govern 150/2014).

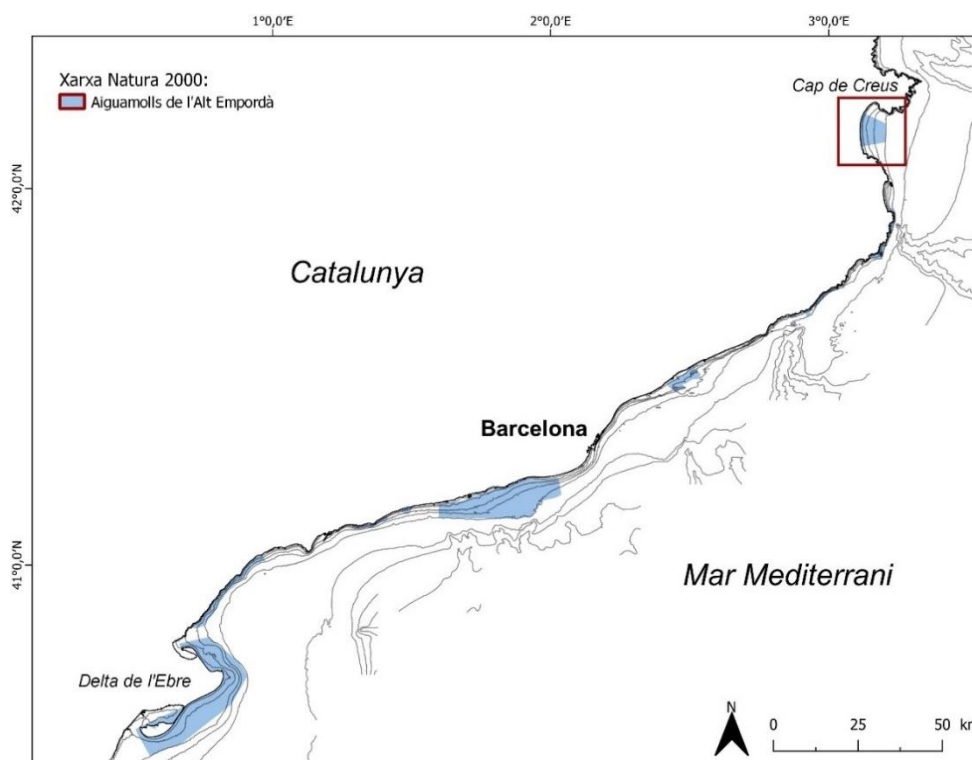






Figura 1. Mapa de les ZEC de Catalunya amb els Aiguamolls de l'Alt Empordà destacat.

Gràcies a les aportacions fluvials dels rius que hi desemboquen (Fluvià i Muga), es tracta d'uns dels aiguamolls més importants de Catalunya, els quals darrerament han patit grans canvis, especialment a conseqüència de l'acció antròpica (Generalitat de Catalunya, 2009).

La seva naturalesa fangosa i detrítica comporta una poca diversitat d'hàbitats amb dominància de la fanerògama *Cymodocea nodosa*, tot i que és una important zona d'alimentació de diverses espècies de peixos, moltes de les quals d'alt interès comercial. Els impactes principals són la pesca artesanal i la pesca recreativa i altres activitats recreatives amb impacte acústic rellevants. Aquesta zona podria estar afectada per la implementació de parcs eòlics en un futur i, per tant, el seguiment actual aportarà informació rellevant per avaluar els potencials impactes d'aquests parcs eòlics sobre la biodiversitat marina de la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà.

A l'informe de l'any 2021, es van proposar els següents punts de mostreig (Taula 1, Figura 2), centrats en la praderia de *Cymodocea nodosa* que és l'hàbitat dominant dins aquesta ZEC. La proposta de prospeccions i paisatge han de permetre tenir una visió més global de l'estat d'aquesta praderia a escales espacials majors. Tot i que en una cartografia disponible apareixen que a continuació de la praderia de *C. nodosa* es troben comunitats del coral·ligen, aquestes no s'han identificat. La nova cartografia dels hàbitats litorals, que està a punt de finalitzar, hauria d'acabar de confirmar la presència i cobertura d'aquest hàbitat en aquesta ZEC.

Taula 1. Punts proposats al 2021 per al mostreig dels indicadors per a l'avaluació de l'estat de la zona ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà.

| Indicador | Llegenda | Nº immersions PLEC | Punts de mostreig proposats |
|----------------------|---|--------------------|---|
| Fanerògames i nacres |  | 4 | Aiguamolls 1 (Nord) Aiguamolls 2 Aiguamolls 3 Aiguamolls 4 (Sud) |
| Peixos |  | 4 | Aiguamolls 1 (Nord) Aiguamolls 2 Aiguamolls 3 Aiguamolls 4 (Sud) |
| Paisatge |  | 1 | Aiguamolls 1 (Nord) |
| Prospeccions |  | 1 | Aiguamolls 4 (Sud) |

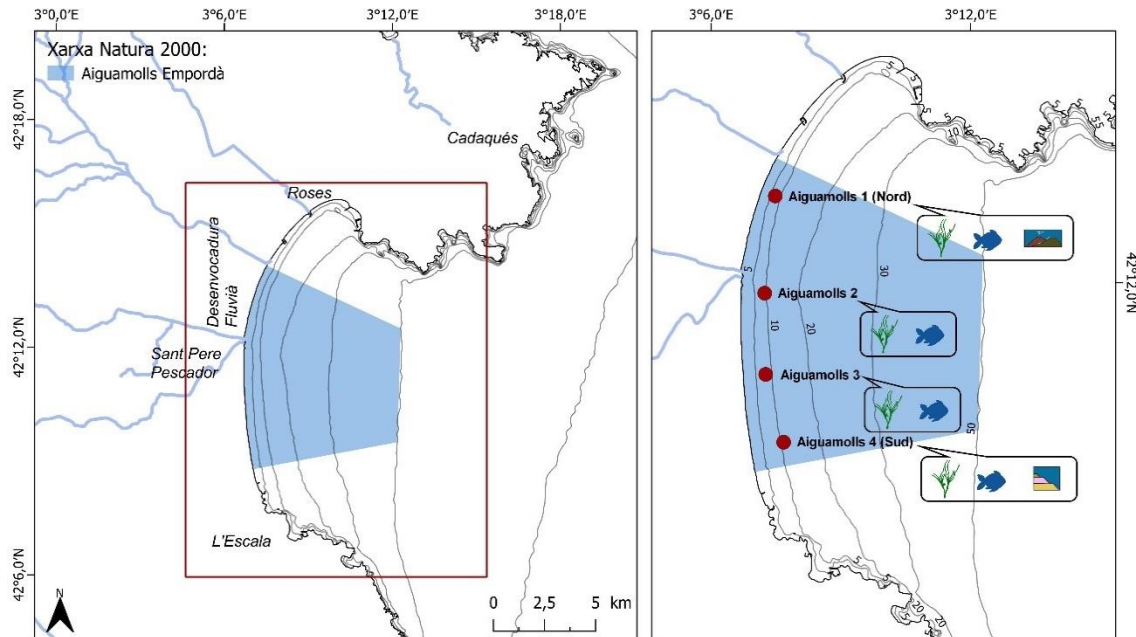


Figura 2. Mapa de les estacions proposades per als propers mostrejos amb els corresponents indicadors de la ZEC de les costes dels Aiguamolls de l'Empordà.

A continuació es presenten els indicadors utilitzats en aquesta ZEC amb una breu introducció per cada un d'ells, la metodologia emprada, els resultats obtinguts i una discussió d'aquests. En aquesta ZEC, no s'ha fet una prospecció com a tal sinó que s'han realitzat dos estacions de paisatge. En el cas d'hàbitats molt homogenis i de gran extensió, com és el cas de la praderia de *C. nodosa*, els dos indicadors queden barrejats aportant informació similar, per tant, s'ha decidit unir tota la informació en l'apartat de paisatge.

Fanerògames i nacres

- La praderia de *Cymodocea nodosa* de la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà està en un estat de conservació satisfactori.
- Les quatre estacions visitades són molt semblants, només s'observen diferències significatives entre la densitat de dues estacions, diferències que no som capaços d'atribuir a cap causa coneguda, però en cap cas es deu a un impacte humà.

- No s'ha observat una macrofauna sèssil conspícua i abundant, com garotes, holotúries, gasteròpodes o bivalves, fet en general comú a altres praderies de la mateixa espècie situades a profunditat semblant.
- S'han observat flors de *C. nodosa* en dues estacions mostrejades, tot i que no podem atribuir aquest fet a cap factor clar.
- Les estacions visitades de la praderia no presenten afectacions d'activitats antropogèniques ni naturals.

Introducció

Les fanerògames o angiospermes marines formen un grup de plantes singular, relativament petit (unes 70 espècies a tot el món), que van colonitzar els ambients marins costaners fa uns 100 milions d'anys (den Hartog, 1970). Des d'un punt de vista taxonòmic, són plantes amb fulles, tija, arrels, flors i amb llavors embolcallades per un fruit, semblants a moltes plantes herbàcies terrestres com les gramínies. Les arrels són les que els hi han permès colonitzar els fons de sediment, molt més extensos que els fons rocosos, de manera que les seves praderies poden arribar a ocupar grans superfícies. Presenten una arquitectura clonal, és a dir, creixen vegetativament per l'addició de mòduls morfològica i genèticament idèntics. La reproducció vegetativa és el mecanisme dominant, tot i que també presenten reproducció sexual, amb flors o inflorescències generalment poc vistoses que produeixen fruits i llavors.

Les fanerògames marines, i les praderies que constitueixen, duen a terme funcions ecològiques crucials en les aigües costaneres, algunes de les quals tenen repercussions regionals o fins i tot globals. Destaquem: i) el seu paper com a constructores d'hàbitat, ja que formen un suport físicobiològic que dona protecció o proveeix de substrat a una enorme varietat d'espècies vegetals i animals, ii) la seva funció com reservoris de biodiversitat, funció que es deriva del seu paper de constructores d'hàbitat, però també de la seva producció d'aliment, que nodreix les xarxes tròfiques, iii) els serveis ecològics dels quals són responsables, com ara producció d'oxigen, protecció de platges, filtre natural o embornal de carboni, entre d'altres.

Les praderies de fanerògames marines són molt sensibles a l'acció humana, de manera que hi ha una certa preocupació d'abast mundial pel seu declivi (Waycott *et al.* 2009), així com una demanda de mesures de protecció que la societat comença a fer seva. Alguns estudis recents semblen mostrar que aquestes mesures comencen a tenir efecte (de los Santos *et al.* 2019). En general, els mecanismes bàsics pels quals els diferents impactes originats per les activitats humanes poden afectar aquestes praderies es classifiquen en:

- a) Modificacions directes dels recursos o factors primaris que controlen la producció i el creixement, com ara la reducció de la llum incident, l'augment de temperatura (en particular, el derivat de l'escalfament global) o l'augment de la disponibilitat de nutrients (eutrofització).
- b) Modificacions indirectes de la disponibilitat de recursos a través de l'alteració d'altres factors del medi, de les característiques de l'hàbitat o de les interaccions biòtiques (per exemple: augment d'epífits, major incidència d'herbívors i mortalitat d'arrels per manca d'oxigen al sediment, entre d'altres).
- c) Mortalitat per efectes directes sobre les plantes, principalment per impactes mecànics, com ara certs tipus de pesca, ancoratge, obres costaneres...
- d) Bioacumulació i efectes tòxics de contaminants (metalls, detergents, hidrocarburs, etc.) sobre el metabolisme i el creixement de la planta o dels organismes que viuen a la praderia.

Els valors patrimonials associats a les praderies de fanerògames marines, així com els serveis o beneficis que se'n deriven per la societat, fan que el seu seguiment en general i, especialment, en

l'àmbit d'espais marins protegits, sigui de gran importància. D'una banda, és cert que als espais marins protegits moltes de les activitats humanes amb impacte negatiu sobre les praderies estan excloses o regulades. Ara bé, això no vol dir que no hi hagi pressions, com poden ser la pressió exercida per la nàutica d'esbarjo (fondejos), i els possibles efectes de l'escalfament global (aspecte no susceptible de regulació, però amb què cal estar atent). Per l'òrgan gestor dels espais protegits és essencial disposar d'informació fiable sobre l'estat d'aquests ecosistemes, tant per determinar i avaluar mesures i actuacions, com per saber l'evolució del patrimoni submarí que tenen sota la seva custòdia.

De les cinc espècies de fanerògames marines existents a la Mediterrània (excloses les pertanyents al gènere *Ruppia*), a Catalunya es coneix la presència de tres: *Posidonia oceanica*, coneguda popularment com a alga de vidriers, *Cymodocea nodosa*, de nom popular algueró o alga de les nimfes, i *Zostera noltii*. Una quarta espècie, *Zostera marina*, havia estat vista, almenys a Portlligat, cala Jonquet (badia de Guillola, cap de Creus) i a la badia dels Alfacs (delta de l'Ebre), si bé és pràcticament segur que ja no es trobi a les costes catalanes. Més concretament, a la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà només trobem *C. nodosa*.

Les praderies de *Cymodocea nodosa*

Cymodocea nodosa és una fanerògama marina d'afinitat tropical que viu a la Mediterrània i a les costes Atlàntiques properes (de Mauritània fins al sud de Portugal), i és relativament freqüent a tot el litoral català. És una espècie de creixement ràpid, amb una àmplia tolerància a diferents condicions ambientals i dotada d'una elevada plasticitat morfològica i fisiològica. Aquests atributs fan que sigui una espècie amb una elevada resistència i capacitat de colonització (o recolonització després d'una pertorbació), fins i tot adaptant-se a possibles alteracions ambientals (Pérez *et al.* 1994, Sanmartí *et al.* 2022). *C. nodosa* presenta una forta estacionalitat amb un màxim de creixement al mes de juny i un mínim al gener (Mascaró *et al.* 2009). Es tracta d'una planta dioica que fa flors femenines clarament diferenciades de les masculines. La floració comença a finals de primavera coincidint amb l'augment de la temperatura de l'aigua.

A la costa catalana es troba tant a mar obert, ocupant una franja entre els 8-10 i els 20 metres, com en ambients confinats o semiconfinats molt soms podent arribar fins a molt a prop de la superfície ((badies del delta de l'Ebre, per exemple). La praderia de *C. nodosa* del golf de Roses pertany al primer tipus, i s'estén des de Roses fins a l'Escala entre 8 i gairebé 14 m de fondària, tot ocupant unes 800 ha de superfície sent una de les més grans de la costa catalana (Figura 3). D'aquesta superfície total, aproximadament un 65% es troba dins de la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà, a una distància de la costa entre 300 i 600 m.

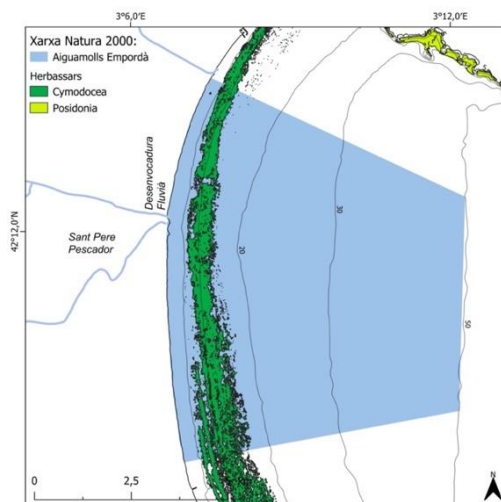


Figura 3. Mapa de la praderia de *Cymodocea nodosa* de la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà

L'objectiu del present estudi, és fer una primera aproximació a l'estat de conservació de la praderia de *C. nodosa* de la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà, i aportar informació contrastada que permeti seguir l'evolució d'aquest ecosistema en els propers anys.

Material i mètodes

Estacions de mostreig

Es van seleccionar 4 estacions distribuïdes al llarg de la praderia i separades entre si uns 2,6-3 km aproximadament (Figura 4). La selecció de les estacions es va fer a partir de la cartografia disponible a la web de la Generalitat (<https://agricultura.gencat.cat>), i mirant de representar el millor possible tota l'extensió de *C. nodosa*, tenint en compte que la praderia és més estreta a la zona nord (uns 380 m d'amplada a la zona de l'estació de mostreig Cymo1), i es va eixamplant a mesura que anem cap al sud (uns 1300 m d'amplada a la zona de l'estació de mostreig Cymo4). La profunditat de les estacions es troba entre 10 i 13 m. S'evita mostrejar als límits de la praderia per evitar l'anomenat "efecte marge", el qual podria afectar els valors de les variables analitzades.

El mostreig es va realitzar en un dia de campanya, concretament el 29 de juny del 2022 (Taula 2), amb un equip de cinc persones, quatre bussejadors i un barquer. En total es van dur a terme 4 immersions d'uns 50 min cada una.

Taula 2. Estacions mostrejades en el seguiment la praderia de *C. nodosa*. En alguns casos, la disposició final de les estacions s'ha modificat mínimament del plantejament inicial al no trobar-hi planta.

| Estació | Data mostreig | Fondària (m) |
|---------|---------------|--------------|
| Cymo 1 | 29/06/2022 | 9,8 |
| Cymo 2 | 29/06/2022 | 13,2 |
| Cymo 3 | 29/06/2022 | 10,8 |
| Cymo 4 | 29/06/2022 | 13,7 |

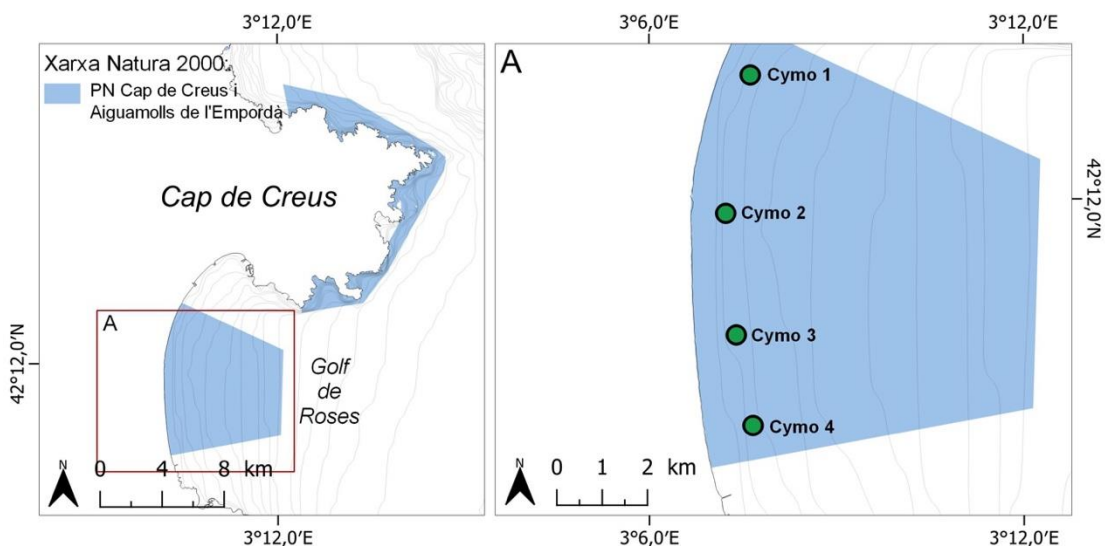


Figura 4. Localització de les estacions de mostreig de la praderia de *C. nodosa* a la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà.

Metodologia de mostreig

El treball s'ha dut a terme en dues fases: presa de dades al camp i elaboració de la informació obtinguda. El mostreig i la presa de dades s'ha realitzat mitjançant dues aproximacions complementàries, una de qualitativa i l'altra quantitativa. En la primera, s'anoten diferents observacions relacionades amb l'aspecte general de la praderia, de la seva comunitat o aspectes relacionats amb possibles perturbacions. La segona consisteix en l'adquisició de dades quantitatives sistemàtiques, en el nostre cas sobre densitat, cobertura i alçada de la volta foliar.

Pel seguiment de la praderia de *C. nodosa*, s'ha utilitzat una adaptació de diferents metodologies de mostreig realitzades anteriorment per l'equip en praderies d'aquesta espècie (Romero *et al.* 2012) i per altres estudis realitzats en praderies amb característiques semblants (Tuya *et al.* 2014). Cal recordar que *C. nodosa* és un BQE (element biològic de qualitat) dins dels programes de seguiment de l'estat de les masses d'aigua a Catalunya, i que, per tant, existeix una dilatada experiència sobre valoracions del seu estat ecològic (García-González *et al.* 2022).

Aproximació qualitativa

Es fa una descripció general de la praderia d'una zona al voltant de l'estació de mostreig d'uns 500 m². S'anoten diferents observacions relacionades amb l'aspecte general de la praderia com ara la continuïtat de la vegetació, la presència i mida de clapes de sorra o mata, la floració. També s'anoten observacions relacionades amb la comunitat de la praderia com poden ser la presència de macroalgues, epífits, o de la macrofauna sèssil més conspícua que podem trobar a les praderies de *C. nodosa*. En aquest sentit, destaquen els equinoderms, que, com a herbívors (la garota comuna, *Paracentrotus lividus*) o com a detritívors (les holotúries, *Holothuria* spp.), hi tenen papers ecològics importants. Finalment, es realitzen anotacions relacionades amb possibles

pertorbacions, com ara el nivell d'enterrament o desenterrament dels feixos (poc, moderat o molt), l'observació d'impactes mecànics, presència de deixalles, etc.

Aproximació quantitativa

Densitat

La densitat és el nombre de feixos per unitat de superfície. Els feixos de *C. nodosa* són agrupacions individualitzades de fulles (de 2 a 5 fulles per feix) que s'uneixen per la base, producte de la ramificació de les tiges (anomenades rizomes en estar parcialment o totalment enterrades). La densitat és una variable bàsica, generalment associada a la vitalitat de la praderia, així com una primera aproximació a altres variables quantitatives ecològicament rellevants (producció, biomassa, etc.). La densitat s'estima a partir del recompte del nombre de feixos que trobem a l'interior d'un quadrat de 20x20 cm, el que equival a una superfície de 400 cm². La superfície del recompte s'ha determinat basant-se en l'experiència de l'equip en altres zones amb densitats semblants (Romero *et al.* 2012) i en altres estudis realitzats per altres investigadors (Delgado *et al.* 1997). A diferència de *P. oceanica*, que presenta feixos grans i ben diferenciats, els feixos de *C. nodosa* són molt més petits i, a vegades, difícils de diferenciar i enumerar, i sovint són més abundants. Per això la superfície de recompte de feixos és més petita en *C. nodosa* que en *P. oceanica* (on sovint s'utilitzen quadrats de 40x40 cm). A més, tenint en compte que la densitat de *C. nodosa* pot ser força elevada, superfícies més grans de mostreig poden dificultar el recompte i allargar molt el temps de mostreig.

A cada estació de mostreig es fan 10 mesures de densitat, anotant els feixos presents a cada quadrat. Els 10 quadrats es distribueixen sobre la superfície que constitueix l'estació de mostreig, és a dir, uns 500 m² al voltant del punt marcat per les coordenades i sempre sobre zones amb planta, i per tant amb cobertura no nul·la (Romero, 1986). La distribució dels quadrats és a l'atzar, i per aconseguir-la es neda un cert nombre de cops d'alea en direccions aleatòries. Pel càlcul de la densitat, es considera que cada quadrat és una rèplica, i per tant el nombre de rèpliques és de 10 per estació de mostreig. La densitat s'expressa en feixos m⁻².

Cobertura

La cobertura és la fracció del substrat recobert per *C. nodosa*, és a dir, el quocient (com a percentatge) entre la superfície ocupada per la planta viva i la superfície total (ocupada per la planta més la no vegetada, habitualment clapes o clarianes de sorra, Romero, 1986). Igual que la densitat, la cobertura és una expressió de l'abundància de la planta, associada a l'estructura i vitalitat de l'herbei, encara que a una altra escala d'observació.

La cobertura s'estima mitjançant transectes de 10 m de longitud, disposats en direccions aleatòries amb origen en un punt situat dins d'un radi no superior a 5 m al voltant del punt que defineix l'estació de mostreig. El transecte es marca amb una cinta mètrica, i a cada metre de la cinta es col·loca un quadrat de 50x50 cm. De cada quadrat es fa una fotografia que s'analitza digitalment al laboratori. A cada estació es realitzen 3 transectes. Amb el mètode fotogràfic, i a

diferència del mètode utilitzat per *P. oceanica*, la cobertura s'estableix amb el percentatge de substrat recobert per planta, o sigui, feixos i fulles (no només feixos).

Cada fotografia obtinguda al camp és processada i analitzada amb un programa especialitzat en l'anàlisi d'imatge (photoQuad, versió 1.4). A cada imatge amb el quadrat de mostreig de 50x50 cm, es sobreposa una quadrícula amb 25 subquadrats (Figura 5). Es compten aquells subquadrats on hi hagi presència de planta (n) i es calcula el valor de cobertura resultant en percentatge com a $100 \cdot n / 25$. Es calcula la mitjana de cobertura de cada transecte. El valor per estació s'obté de la mitjana dels tres transectes. Cada transecte és, per tant, una rèplica, i el nombre final de rèpliques és de 3 per estació de mostreig.

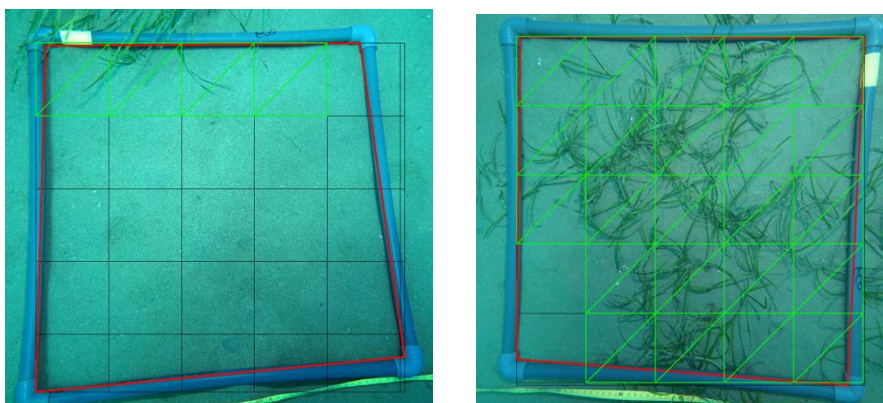


Figura 5. Exemple de dues fotografies analitzades amb photoQuad (v1.4) d'un quadrat de mostreig de 50x50 cm dividit en 25 subquadrats. Els subquadrats seleccionats en verd són els que tenen presència de planta, i, per tant, les cobertures resultants són 18% (esquerra) i 93% (dreta).

Alçada de la volta foliar

L'alçada de la volta foliar és una variable que es considera relacionat amb el bon estat fisiològic de la planta (Delgado *et al.* 1997, Tuya *et al.* 2002). Aquesta variable s'ha de prendre amb precaució, ja que si bé s'ha vist que certes pertorbacions el fan disminuir (Sanmartí *et al.* 2022), no està tan clar amb d'altres. En particular, un nivell moderat d'eutrofització pot fer incrementar l'alçada de la volta foliar i la biomassa foliar. En qualsevol cas, la seva estimació es fa agafant un grapat de feixos amb la mà, estenent-los al màxim amb precaució, i anotant la distància que va des del sediment fins a l'alçada màxima descartant aproximadament el 20% més alt de les fulles (Short i Coles, 2001).

Es realitza una mesura de l'alçada de volta foliar a l'interior cada quadrat de 20x20 cm utilitzat per mesurar la densitat (vegeu l'apartat 'Densitat'), i per tant a cada estació de mostreig es fan 10 mesures (rèpliques). L'alçada s'expressa en cm.

Anàlisi de dades

S'ha testat la significació de les diferències entre estacions per les variables de densitat, cobertura i alçada de la volta foliar entre les estacions de mostreig. La densitat s'ha analitzat amb una anàlisi de la variància considerant 'estació' com a variable independent i 'densitat' com a dependent. La

cobertura i l'alçada de la volta foliar s'han analitzat amb un model no paramètric (Kruskal-Wallis), ja que les dades no compleixen l'assumpció de normalitat (ni transformant-les). En aquests casos també s'ha considerat 'estació' com a variable independent i 'cobertura' i 'alçada volta foliar' com a variables dependents. En cas que els resultats de les anàlisis resultin significatius, s'aplica un test *pos-hoc* per esbrinar entre quines estacions apareixien les diferències.

Per totes les variables s'ha testat la seva normalitat i homoscedasticitat mitjançant inspecció visual dels residus (representacions dels residus amb els valors ajustats i complets). El lliandar de significació de tots els tests estadístics s'ha establert a $p=0,05$. Tots els càlculs estadístics han estat fets amb el programari lliure "R" (R Core Team, 2022). La presentació dels resultats estadístics s'ha reduït al mínim en la redacció d'aquest informe per facilitar-ne la lectura.

Resultats

Aproximació qualitativa

En general, les quatre estacions visitades presenten característiques força semblants, tot i que amb petites variacions. Les praderies de les estacions Cymo1 i Cymo4, presenten una aparença força esclarissada amb abundants rizomes de creixement horitzontal (*runners*) colonitzant els espais lliures de planta (Figura 6h). Això no és tan aparent a les estacions Cymo2 i Cymo3, on les praderies són més contínues (Figura 6f). En aquestes dues estacions, destaquem la presència de flors masculines amb una densitat aproximada de 0,6 per m^2 . A més, a l'estació Cymo2, veiem un signatid entre les fulles de *C. nodosa*, organisme gens fàcil de veure (Figura 6d). En conjunt, s'observa un enterrament moderat dels rizomes. En totes les estacions visitades, s'ha observat la presència de fulles cobertes per dos tipus principals d'epífits: hidrozous (*Aglaophenia* spp.) que, en forma d'arbre creixen sobre les fulles de *C. nodosa* i un ascidi colonial no determinat, amb una textura mucilaginosa que recobreix les fulles de *C. nodosa* parcialment o totalment. En cap cas s'ha observat cap garota ni holotúria. Tampoc s'ha detectat cap impacte que es pugui relacionar amb pressions antropogèniques o naturals, a excepció de l'estació Cymo1 on es va trobar les restes indiferenciades d'un plàstic de mida petita (20 cm).

Aproximació quantitativa

Densitat

La mitjana dels valors de densitats obtinguda en les 4 estacions mostrejades és de 380 ± 40 feixos m^{-2} . El valor més gran es troba a l'estació Cymo1 (465 ± 61 feixos m^{-2}), mentre que el més petit es troba a Cymo3 (290 ± 43 feixos m^{-2}) (Figura 7, Taula 3). Només s'observen diferències significatives (p -valor $< 0,05$, Taula A3) entre aquestes dues estacions.

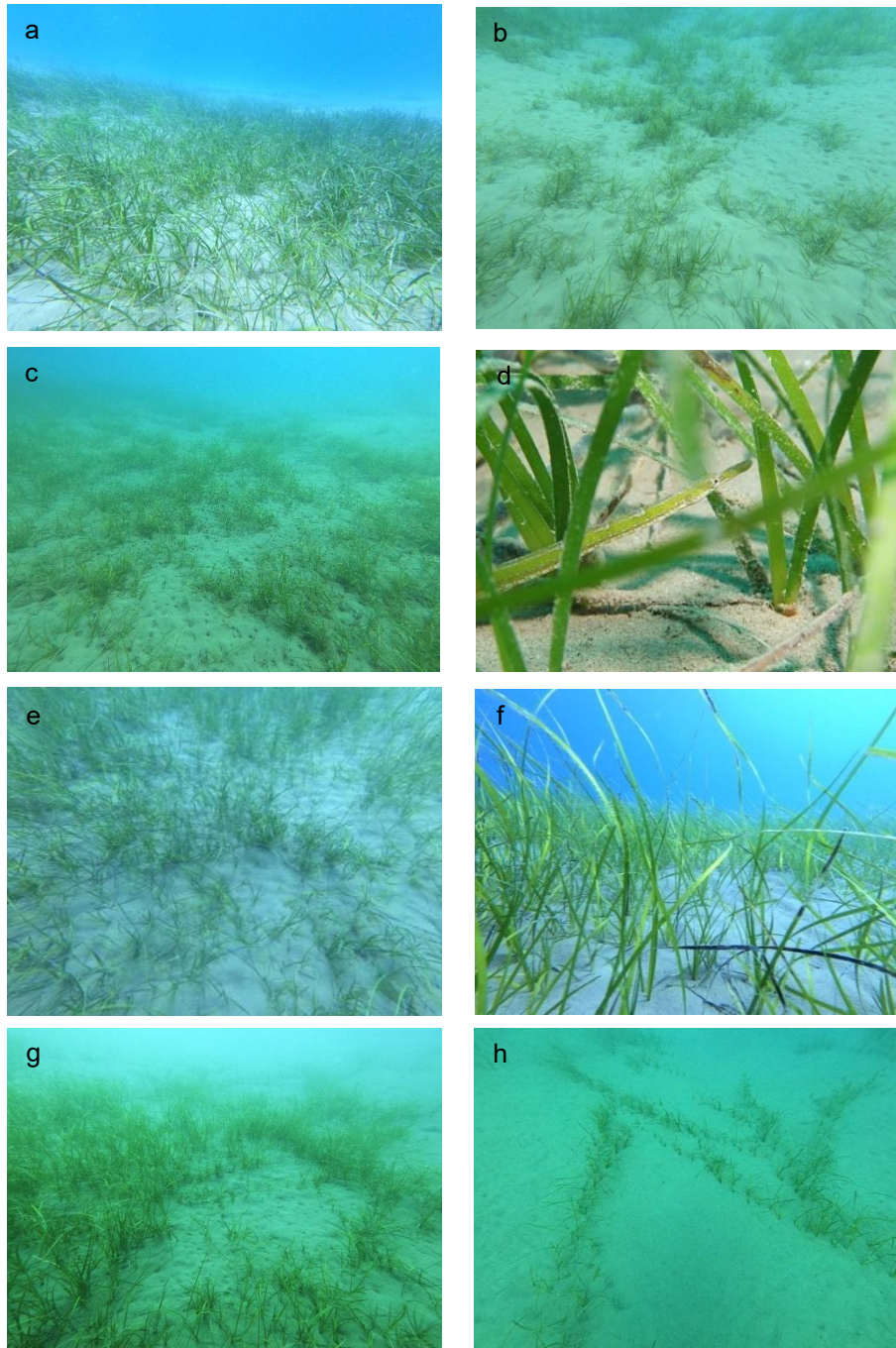


Figura 6. Imatges de la praderia de *C. nodosa* en les diferents estacions de mostreig de la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà. a-b) estació Cymo1, c-d) estació Cymo2, e-f) estació Cymo3 i g-h) estació Cymo4

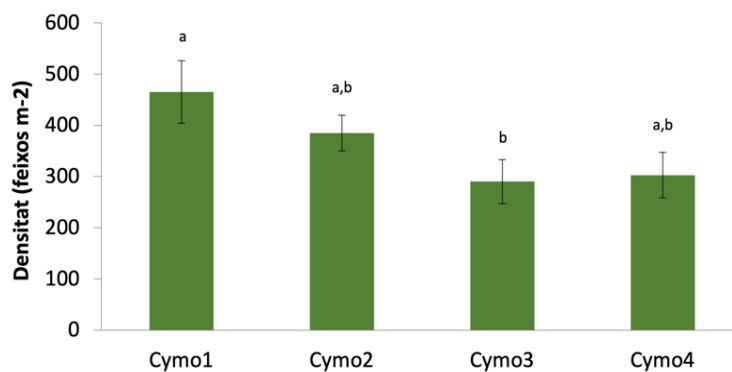


Figura 7. Densitat (en feixos m⁻²) de les estacions mostrejades en la praderia de la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà. Les barres indiquen l'error estàndard. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa en la seva densitat.

Cobertura

La mitjana dels valors de la cobertura de les 4 estacions mostrejades és de $77 \pm 10\%$ i els valors de cobertura, en general, són força alts i es troben entre el 50 i quasi 100% (Figura 8, Taula 3). No es troben diferències significatives entre els valors de cobertura de les diferents estacions (p-valor > 0,05, Taula A3).

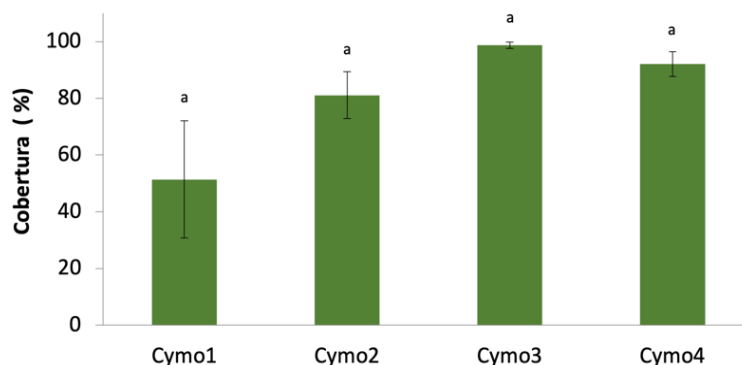


Figura 8. Cobertura (en %) de les estacions mostrejades en la praderia de la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà. Les barres indiquen l'error estàndard. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa en la seva cobertura.

Alçada de la volta foliar

Els valors de la volta foliar obtinguts són força homogenis i oscil·len entre 28 i 33 feixos m⁻² (Figura 9, Taula 3). La mitjana de les 4 estacions mostrejades és de $30,3 \pm 1$ cm. No s'observen diferències significatives entre els valors de l'alçada de la volta foliar de les diferents estacions (p-valor > 0,05, Taula A3).

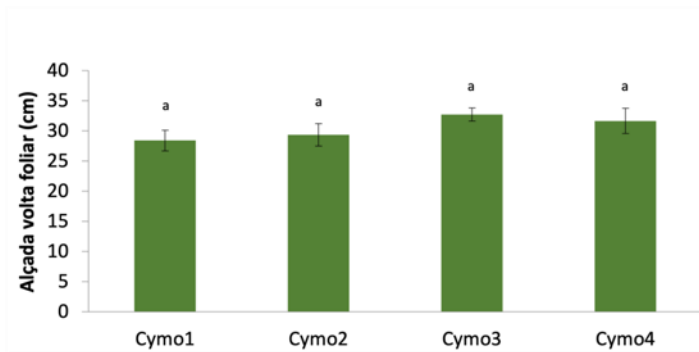


Figura 9. Alçada de la volta foliar (en cm) de les estacions mostrejades en la praderia de la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà. Les barres indiquen l'error estàndard. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadística significativa en l'alçada de la volta foliar.

Taula 3. Resum de les variables estudiades a les 4 estacions de la praderia de la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà. Es presenten la mitjana (\bar{y}) i l'error estàndard (ES).

| Subestació | Densitat (feixos/ m ²) | | Cobertura (%) | | Volta foliar (cm) | |
|------------|------------------------------------|------|---------------|------|-------------------|-----|
| | \bar{y} | ES | \bar{y} | ES | \bar{y} | ES |
| Cymo1 | 465 | 61,0 | 51 | 20,7 | 28 | 1,7 |
| Cymo2 | 385 | 34,8 | 81 | 8,3 | 29 | 1,8 |
| Cymo3 | 290 | 43,0 | 99 | 1,1 | 33 | 1,1 |
| Cymo4 | 303 | 44,5 | 92 | 4,4 | 32 | 2,1 |

Discussió

L'objectiu final d'aquest estudi era fer una primera aproximació de l'estat de conservació de la praderia de *Cymodocea nodosa* de la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà, tot establint un estat "zero" per valorar, en el futur, possibles canvis al llarg del temps. Els resultats de la campanya duta a terme el 2022, mostren, en general, que la praderia de *C. nodosa* es troba en un estat de conservació satisfactori i no s'aprecien a dia d'avui impactes rellevants ni antropogènics ni naturals.

Aspectes metodològics

En conjunt, la realització de les campanyes i les dades obtingudes han mostrat que el disseny emprat en aquest estudi és adequat. En funció dels recursos (temps i esforç) disponibles, es considera que la selecció de les estacions de mostreig és adequada i en nombre suficient per proporcionar una visió global de la praderia. Les variables utilitzades en aquest estudi (densitat, cobertura i alçada de la volta foliar), són algunes de les més utilitzades en la bibliografia en praderies de *C. nodosa* (Tuya *et al.* 2014) i en treballs semblants del nostre equip (Romero *et al.* 2012). Un aspecte important de la metodologia de mostreig és definir molt bé els protocols de

mesura de les diferents variables per tal que les dades, si es van prenent al llarg del temps, siguin comparables, independentment de l'equip de treball.

El nombre de rèpliques utilitzades en totes les variables sembla apropiada, ja que els errors estàndards obtinguts en cap cas superen el 20% de la mitjana, com se sol recomanar (Pergent *et al.* 1995) (amb només una excepció, la cobertura de l'estació Cymo1). En aquest sentit, un aspecte que es podria arribar a plantejar de cara a futurs mostrejos, és incrementar el nombre de rèpliques en termes de cobertura. Tot i que és cert que, com es tracta d'un únic descriptor a una estació, es considera que l'esforç de mostreig fet és adequat per donar resultats robustos estadísticament. Pel que fa a l'aproximació qualitativa, també es considera apropiat el conjunt de dades que es prenen, ja que aporten informació complementària important que no queda reflectida en les variables quantitatives, com pot ser informació relacionada amb la comunitat, amb la macroestructura i amb els possibles impactes en la praderia. Potser, en un futur, es pot considerar afegir mesures d'enterrament de manera més sistemàtica i estandarditzada i incorporar-les a les mesures quantitatives i poder fer un seguiment més precís al llarg del temps. L'ús de les variables quantitatives, juntament amb la informació de les observacions qualitatives, proporcionen una informació clau per a determinar l'estat de conservació de la praderia i la seva metodologia.

És important recordar que, per a realitzar estudis de seguiment de *C. nodosa*, s'hauran de fer els mostrejos sempre en la mateixa època de l'any perquè siguin comparables, per tant, entre finals del mes de juny i principis de juliol. Aquesta espècie presenta una elevada estacionalitat, ja que la densitat a l'estiu pot duplicar o més la densitat a l'hivern, i les fulles són també més llargues a l'estiu (Mascaró *et al.* 2014), el mateix succeeix amb la cobertura, parcialment influïda per densitat i llargada de fulles.

Valoració de l'estat actual de conservació

Per avaluar l'estat actual de conservació de la praderia de *C. nodosa* de la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà, s'han avaluat els resultats obtinguts tant de l'aproximació qualitativa com quantitativa.

Pel que fa a les valoracions qualitatives, destaquem la bona aparença de les estacions visitades que, tot i presentar clapes de sorra grans en alguns casos, no sembla preocupant, ja que és un fet que sembla més aviat degut a la naturalesa de les praderies profundes, menys denses i amb menys cobertura que les somes. Pel que fa a l'enterrament, en aquesta praderia observem un enterrament moderat i que no presenta un risc d'afectació a la planta. L'enterrament dels feixos, és una variable que indica l'aportació de sediments o bé per causes antropogèniques (modificacions d'estructures de la costa) o per causes naturals (temporals). Un nivell d'enterrament massa alt, pot causar la mort dels feixos (Cabaço *et al.* 2008). S'ha vist que, praderies ben establertes, com la de la ZEC del l'Alt Empordà, són capaces de tolerar les fluctuacions del nivell del sediment modificant el seu creixement vertical (Marbà *et al.* 1994). Per altra banda, el desenterrament provocat per temporals també pot afectar a la praderia de *C. nodosa* deixant rizomes sencers desenterrats, podent fins i tot arrencar-los i transportar-los a les platges on és habitual veure aquests rizomes després de grans temporals (obs. personals). De la valoració

descriptiva cal destacar la presència de floració en dos estacions mostrejades (Cymo2 i Cymo3). Es desconeix la dinàmica de floració d'aquesta praderia i és per això que no podem atribuir la floració d'enguany a cap factor clar. Val a dir que, segons comunicacions personals (Fundació Alive), no s'havien vist flors des de feia tres anys aproximadament. La floració en algunes fanerògames marines està molt relacionada amb la temperatura (Ruiz *et al.* 2018), i pot ser un fenomen molt heterogeni, en algunes àrees geogràfiques sembla ser relativament freqüent (per exemple, *P. oceanica* a les illes Balears) mentre que a altres no (per exemple, *P. oceanica* a la costa). La floració també pot estar relacionada amb altres factors, com l'estrès. Per exemple, s'ha vist que la floració de *C. nodosa* es veu reduïda en praderies que habiten ambients eutròfics (Oliva *et al.* 2014), on predomina principalment la reproducció asexual. Finalment, cal comentar que no s'ha observat una macrofauna sèssil conspícua i abundant, com garotes, holotúries, gasteròpodes o bivalves. Aquest fet sembla ser, en general, comú a altres praderies de la mateixa espècie situades a aquesta profunditat, com són la de Pals o la del ZEC de les Costes del Garraf que es presenten l'informe general de les ZECs d'aquest any.

En relació amb les valoracions quantitatives, trobem diferències significatives entre la densitat de Cymo1 i Cymo3, diferències que no som capaços d'atribuir a cap causa coneguda, però en cap cas es deu a un impacte humà. Per altra banda, cal destacar que els valors obtinguts de les diferents variables (densitat i alçada de la volta foliar), són igual o superiors als que s'esperarien tenir en praderies en estat de conservació satisfactori. S'han obtingut valors de referència recopilant diferents dades obtingudes de diferents estudis duts a terme en praderies de *C. nodosa* a profunditats semblants, tant a Catalunya com a altres zones del Mediterrani (Taula A3). A partir d'aquests valors, es proposa un interval raonable, per a la densitat d'entre 350 i 500 feixos m⁻² per a la cobertura d'entre el 50 i 70% i per a l'alçada de la volta foliar entre 15 i 25 cm (Taula 4). Podem acceptar que els valors que es trobin dins o per sobre dels intervals proposats estan en condicions satisfactòries, mentre que els valors per sota estan en condicions no satisfactòries. Aquest criteri s'ha de prendre amb molta precaució per diverses raons. Per una banda, és probable que existeixi una variabilitat natural dels valors, atribuïble a aspectes no controlables, tan locals (com ara el tipus de sediment o la profunditat), com regionals (com ara la transparència de l'aigua o la temperatura). Per altra banda, s'ha de tenir en compte que aquestes referències no procedeixen d'un mètode de càlcul rigorós, sinó que han estat proposades a partir de les dades obtingudes de diferents estudis i analitzades amb un criteri expert. Finalment, el conjunt de dades en la literatura és limitat, sobretot pels valors de cobertura i alçada de la volta foliar. Val a dir que, la disponibilitat d'informació sobre les diferents variables de *C. nodosa* és bastant àmplia tot i que, aquesta informació prové de praderies somes (0,3-5 m) i, per tant, no comparables amb les praderies profundes, com la d'aquest estudi.

Els valors de densitat de la praderia de l'espai protegit dels Aiguamolls de l'Alt Empordà ($380 \pm 40,7$ feixos m⁻²) es troben dins de l'interval de referència, mentre que els valors de cobertura ($77,1 \pm 10,5\%$) i els de l'alçada de la volta foliar ($30,3 \pm 1\%$), estan per sobre de l'interval de valors proposats (Taula 4, Figura A2).

Taula 4. Valors de referència de densitat (feixos m⁻²), cobertura (%) i alçada de la volta foliar (cm) segons els diferents estudis realitzats al Mediterrani i proposta pel present projecte. Els valors d'altres estudis del Mediterrani es poden trobar a la taula A2 de l'Annex.

| Procediment | Densitat | Cobertura | Alçada volta foliar |
|------------------------------------|----------------|--------------|---------------------|
| Mitjana altres estudis Mediterrani | 485 | 60 | 24 |
| Mitjana ZEC Aiguamolls | 380 | 77 | 30 |
| Proposta interval | 350-500 | 50-70 | 15-25 |

En resum, la bona aparença de la praderia de *C. nodosa* i els resultats obtinguts de les variables analitzades (densitat, cobertura i alçada volta foliar), juntament amb la gran superfície que ocupa la praderia en l'espai, ens permeten afirmar que la praderia de *C. nodosa* de la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà està en un estat de conservació satisfactori.

Conclusions

D'acord amb els resultats obtinguts, tant qualitius com quantitius, concloem que la praderia de *C. nodosa* de la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà està en un estat de conservació satisfactori.

Les 4 estacions visitades són molt semblants i, pel que fa a les variables quantitatives només s'observen diferències significatives entre la densitat de dues estacions (Cymo1 i Cymo3), diferències que no som capaços d'atribuir a cap causa coneguda, però en cap cas es deu a un impacte humà.

No s'ha observat una macrofauna sèssil conspícua i abundant, com garotes, holotúries, gasteròpodes o bivalves. Aquest fet és en general comú a altres praderies de la mateixa espècie situades a profunditat semblant.

Cal destacar l'observació de floració en dues estacions mostrejades, Cymo2 i Cymo3, tot i que no podem atribuir aquest fet a cap factor clar.

Les estacions visitades de la praderia no presenten afectacions d'activitats antropogèniques ni naturals.

Annex

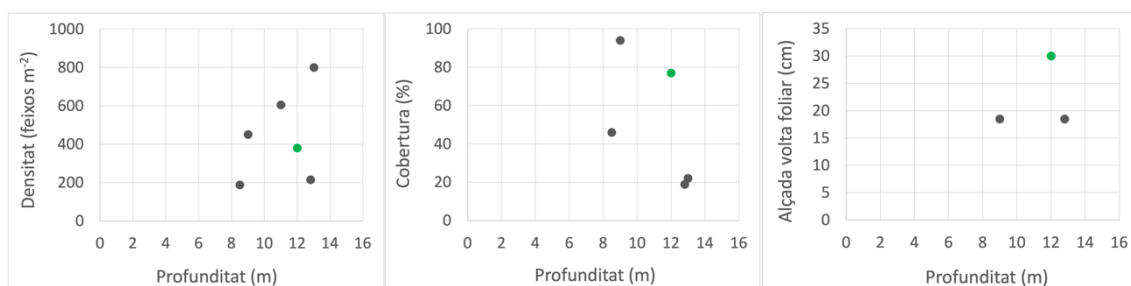


Figura A1. Densitat (dreta), cobertura (mig) i alçada de la volta foliar (esquerra) de *C. nodosa* de diferents estudis de la bibliografia a fondàries entre 5 i 13 m. En verd el valor de la praderia de la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà.

Taula A1. Resultats dels anàlisis estadístics realitzats. L'estació és la variable independent, i la densitat, cobertura i alçada de la volta foliar, les variables dependents. (*) L'asterisc indica un efecte significatiu del factor estació ($p < 0,05$).

| Variable | df | Estadístic | | p-valor |
|---------------------|----|------------------------------|------|---------|
| Densitat | 3 | F | 3,02 | 0,04 * |
| Cobertura | 3 | Kruskal-Wallis (chi-quadrat) | 6,69 | 0,08 |
| Alçada volta foliar | 3 | Kruskal-Wallis (chi-quadrat) | 5,63 | 0,13 |

Taula A2. Valors de densitat, cobertura i alçada de la volta foliar de *Cymodocea nodosa* a profunditats entre 5 i 16 m. Aquestes dades han estat extretes de la literatura. Prof.: profunditat. Totes les dades corresponen als resultats de mostrejos entre els mesos de juny i juliol.

| Localitat | Prof. (m) | Densitat (feixos m ⁻²) | Cobertura (%) | Volta foliar (cm) | Mètode mostreig | | Referència |
|---|-----------|------------------------------------|---------------|-------------------|---|--|--|
| | | | | | Densitat | Cobertura | |
| Badia de Roses, Girona | 10-14 | 380 | 77 | 30 | <i>In situ</i> . Quadrat 20x20 cm | Anàlisi digital. Recompte quadrats amb presència de planta | Present estudi, 2022 |
| Garraf | 12,8 | 215 | 18,8 | 18,5 | <i>In situ</i> . Quadrat 20x20 cm | Anàlisi digital. Recompte quadrats amb presència de planta | Informe tècnic Seguiment ZEC del Garraf, 2022 (no publ.) |
| Badia de Pals, Girona | 12-14 | 650-950 | 15-29 | - | <i>Ex situ</i> . Core 15 cm diàmetre | Anàlisi digital. Percentatge de presència de planta (0, 10, 25, 50, 75, 100 %) | Romero <i>et al.</i> 2012 |
| Platja de la Pineda, Tarragona | 7-10 | 90-286 | 29-63 | - | <i>In situ</i> . Quadrat de 50x50 cm amb 4 subquadrats de 25x25 | Anàlisi digital. Recompte quadrats amb presència de planta | Xatrach, associació mediambiental, 2009 |
| Platja de Sant Pol, St Feliu de Guíxols, Girona | 11 | 588-623 | - | - | <i>Ex situ</i> . Core de 10,2 cm diàmetre | - | Terrados <i>et al.</i> 2006 |
| <i>C. nodosa</i> | 9 | 450 | 94 | 18,5 | <i>In situ</i> . Quadrats de 0.04 m ² | Anàlisi digital. Recompte quadrats 1x1 m | Boutahar <i>et al.</i> 2022 |

Comunitat de peixos

- L'activitat pesquera és el principal impacte que es dona sobre les poblacions de peixos a la ZEC dels Aiguamolls de l'Empordà, situat al Golf de Roses.
 - Per tal d'avaluar l'estat de conservació de les comunitats de peixos s'han dut a terme dos tipus de mostrejos: censos visuals i BRUVs.
 - Els censos visuals no semblen un bon mètode per a l'estudi de les comunitats de peixos d'aquest hàbitat, ja que s'ha observat un nombre reduït d'espècies,
- Les praderies de *C. nodosa* són hàbitat per a reclutament i juvenils de diverses espècies.
 - El Golf de Roses i les praderies de *C. nodosa* son un hàbitat essencial per a l'alimentació i reclutament de moltes espècies, i actua com a connector ecològic entre el Parc Natural de Cap de Creus i el Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, i el Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà.

Introducció

Les zones costaneres són unes de les més productives del planeta, així com de les més diverses. Aquestes proveeixen una gran quantitat de bens i serveis ecosistèmics, generant hàbitat i refugi per a una gran quantitat d'espècies. Degut a que són zones molt influenciades per l'activitat humana, també reben una gran pressió antròpica, com la contaminació, pèrdua d'hàbitat i explotació, entre d'altres (Lu *et al.* 2018). Uns dels impactes més coneguts i estudiats sobre la fauna i flora marina és l'explotació pesquera (Halpern *et al.* 2004). Aquesta activitat no només redueix la biodiversitat i densitat de peixos d'interès comercial, sinó que també afecta a altres espècies associades a aquests hàbitats, ja sigui animals sèssils com gorgònies o algues, o altres espècies de peixos sense interès pesquer (Turner *et al.* 1999).

En general, les espècies més afectades per la pesca solen ser les que formen els nivells tròfics superiors, degut a que solen ser les de major mida i més preuades econòmicament. Aquestes espècies presenten una història de vida lenta, amb un creixement lent i taxes de reproducció més baixes. Degut a la seva dinàmica, aquestes espècies resulten molt afectades per la sobrepesca, i la seva recuperació és molt lenta. En aquest sentit, les Reserves marines han demostrat ser una eina molt efectiva per a la recuperació d'aquestes espècies sobreexplotades (AMPs) les quals són zones delimitades on certes activitats no hi estan permeses. En general, la creació d'aquestes zones protegides genera un augment tant de la densitat com biomassa de les espècies d'interès pesquer, així com un increment de la biodiversitat de la zona (Roberts *et al.* 2018).

Així doncs, és important conèixer si les AMPs funcionen envers la pesca, fent un seguiment de les espècies més vulnerables a aquesta activitat, en molts casos aquesta recuperació de les poblacions funcionals i plenament reproductores ja ha quedat totalment demostrada, com és el cas del mero a les illes Medes (Zabala *et al.* 1997a, 1997b). D'aquesta manera es pot saber si la implementació de zones protegides fa que aquestes espècies es recuperin o no. D'igual manera, doncs, és fonamental conèixer si altres espècies que poden quedar impactades indirectament per la pesca es recuperen o no amb la creació de les AMPs.

Les Zones d'Especial Protecció (ZECs) del litoral català no estan explícitament protegides envers la pesca i, per tant, no es poden considerar àrees completament protegides. Tot i això, és important conèixer les espècies de peixos que habiten en aquestes zones per poder fer un bon anàlisi del seu estat de conservació.

Un altre impacte que pot afectar a les poblacions de peixos és el canvi climàtic, i particularment a la Mediterrània, on l'escalfament és de dues a tres vegades més ràpid que l'oceà global (Cramer *et al.* 2018, Garrabou *et al.* 2022). L'escalfament de l'aigua pot produir que espècies més termòfiles, és a dir, que viuen en aigües típicament més càlides, migrin a llocs on anteriorment no hi habitaven per tenir aigües més fredes. Un cas típic és el del *Thalassoma pavo* (Milazzo *et al.* 2013), o bé la *Myctioperca rubra*, dues espècies que trobaríem en aigües més càlides, per exemple el Cabo de Palos, però que actualment podem trobar en zones més fredes, com ara el Cap de Creus.

A més, als ecosistemes costaners del mar Mediterrani, la introducció d'espècies al·lòctones té el potencial de canviar el funcionament de la xarxa tròfica i l'estructura de tota la comunitat,

presentant una amenaça per a la biodiversitat local comparable a les que exerceixen el canvi climàtic, la contaminació i la pesca (Micheli *et al.* 2013, Galil *et al.* 2018).

Tenir un registre de la composició i estructura de les comunitats de peixos és fonamental per a entendre el seu estat i la seva evolució en el futur, ja sigui com a resposta a la pressió humana o als canvis ambientals, així com a les potencials mesures de gestió que es poden implementar per a preservar els ecosistemes litorals.

La ZEC dels Aiguamolls de l'Empordà és una zona on tant la pesca professional com la pesca recreativa en les seves diverses modalitats són activitats permeses, tot i que se'n desconeix la seva intensitat. Així doncs, aquest estudi té l'objectiu de quantificar les espècies de peixos que habiten en aquesta zona, així com la seva abundància i biomassa. Aquesta zona està dominada per una gran praderia de *Cymodocea nodosa* que es troba al llarg del Golf de Roses, entre uns 5 i 15 m de fondària. Degut a que és l'hàbitat predominant i la resta està format per fons sorrencs, els punts de mostreig es troben al llarg d'aquesta praderia.

Material i mètodes

Disseny de mostreig

Per a l'estudi de les comunitats de peixos als Aiguamolls de l'Empordà es van seleccionar 4 estacions diferents al llarg de la praderia de *C. nodosa* que es troba situada al Golf de Roses (Figura 10, Taula 5).

Taula 5. Estacions de mostreig de comunitats de peixos del 2022 a la ZEC dels Aiguamolls de l'Empordà.

| ZEC | Estació | Data mostreig |
|-------------------------|---------------------|---------------|
| Aiguamolls de l'Empordà | Aiguamolls 1 (Nord) | 2022-06-29 |
| | Aiguamolls 2 | 2022-06-29 |
| | Aiguamolls 3 | 2022-06-29 |
| | Aiguamolls 4 (Sud) | 2022-06-29 |

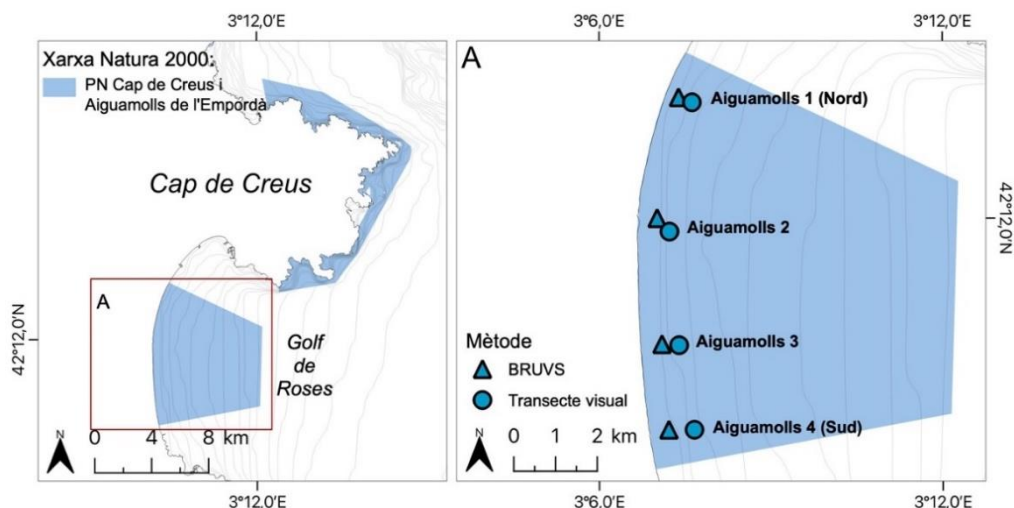


Figura 10. Mapa de les estacions de mostreig de comunitats de peixos de la ZEC dels Aiguamolls de l'Empordà a l'any 2022.

Metodologia de mostreig

Les zones de mostreig del ZEC dels Aiguamolls de l'Empordà s'han triat de forma homogènia sobre praderia de *C. nodosa* que domina aquesta zona. S'han dut a terme diferents metodologies de mostreig per a comprovar quina era la òptima per a poder fer un recompte d'espècies i densitats de peixos el més acurat possible: mitjançant càmeres de vídeo (BRUVs, Baited Remote Underwater Video) i transectes visuals. Finalment, es mostren les dades dels transectes visuals, ja que són les que han donat dades de forma més homogènia i comparable entre les diferents estacions de mostreig.

BRUVs

Aquesta metodologia és una tècnica de mostreig no invasiva que consisteix en col·locar una càmera sota l'aigua adherida a un esquer per poder atreure diferents espècies mòbils. Així doncs, es deixa gravant un temps suficient, en aquest estudi dues hores, perquè hi puguin arribar diferents individus i així poder determinar les espècies observades i quantificar la seva abundància (Figura 11). Les dades que se n'extreuen són relacionades més amb la biodiversitat (nombre d'espècies i nombre d'individus de cadascuna d'elles) que no amb la demografia (estructura de talles): de totes maneres, hi ha tècniques per poder-ne estudiar la demografia, tals com l'*stereovideo*, que no s'han emprat en aquest cas.

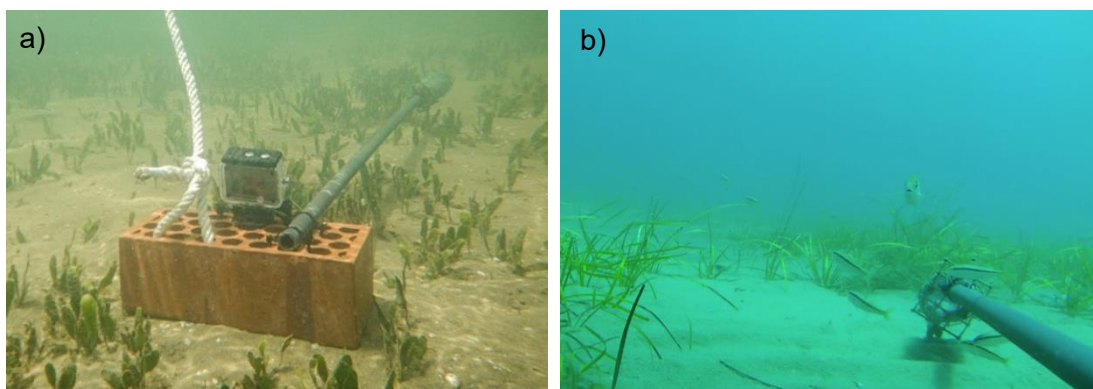


Figura 11. a) Tècnica de BRUV: el maó s'utilitza per donar pes a l'estructura, i és on s'hi col·loca la càmera i el pal on hi va enganxat l'esquer a l'extrem oposat. El cap que hi té lligat porta una boia de senyalització que sobresurt a la superfície per a la seva localització posterior. b) imatge que es visualitza des de la càmera del BRUV.

Transsectes visuals

Un cop identificats els punts de mostreig, es van dur a terme transsectes visuals de 50 metres de llarg i 5 d'amplada, on s'identificava l'espècie i es comptaven tots els individus observats, juntament amb les seves mides, de forma que es pot obtenir una superfície de mostreig de 250 m² que permet obtenir una mesura de densitat d'espècies de peixos a cada una de les estacions mostrejades.

Resultats

Espècies observades

Enguany s'han observat un total de 5 espècies a la ZEC dels Aiguamolls de l'Empordà, pertanyents a 4 famílies diferents (Taula 6).

Taula 6. Espècies observades en els mostrejos de peixos a la ZEC dels Aiguamolls de l'Empordà l'any 2022.

| ZEC | Família | Espècie | Hàbitat |
|-------------------------|---------------|-------------------------------|-------------|
| Aiguamolls de l'Empordà | Centranchidae | <i>Spicara maena</i> | Fanerògames |
| | Engraulidae | <i>Engraulis encrasicolus</i> | Fanerògames |
| | Mullidae | <i>Mullus surmuletus</i> | Fanerògames |
| | Sparidae | <i>Diplodus annularis</i> | Fanerògames |
| | | <i>Pagellus erythrinus</i> | Fanerògames |

Aiguamolls 1 (Nord)

En aquesta estació, que és la que queda més al nord, s'hi ha observat 4 espècies diferents: la més abundant és *D. annularis*, amb una densitat mitjana de 86 ind/250 m², seguida de *S. maena* i *E. encrasicolus* amb densitats molt similars (42,5 i 37,5 ind/250 m² respectivament), i finalment *M. surmuletus*, amb un valor de menys de 4 ind/250 m². A més, s'observa una gran variabilitat, per

tant, probablement s'han trobat bancs d'aquestes espècies en transectes puntuals i no a tot el recorregut. Aquestes espècies pertanyen cadascuna a una família diferent, així que els valors per família són els mateixos que per espècie (Figura 12a i b).

Pel que fa a la biomassa, destaca per sobre de la resta *D. annularis* (Sparidae) amb un valor de 1.600 g/250 m², la resta d'espècies mostren valors inferiors a 200 g/250 m² (Figures 12c i d).

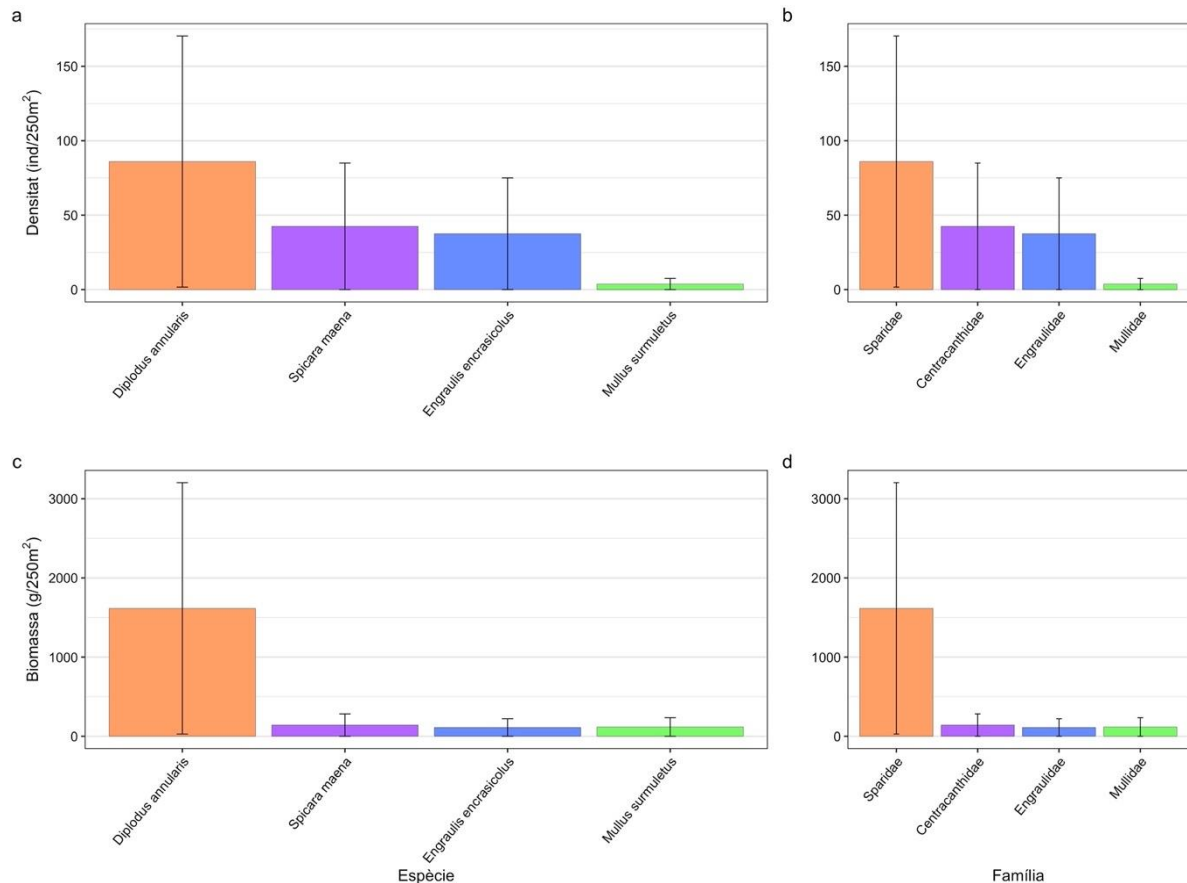


Figura 12. Densitat (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació d'Aiguamolls 1 (Nord). Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

En aquesta estació únicament s'hi ha comptat *D. annularis* dins la família dels espàrids, i aquests tenien talles petites i mitjanes, entre 6 i 12 cm. La talla on hi trobem més individus és entre 8 i 10 cm (Figura 13).

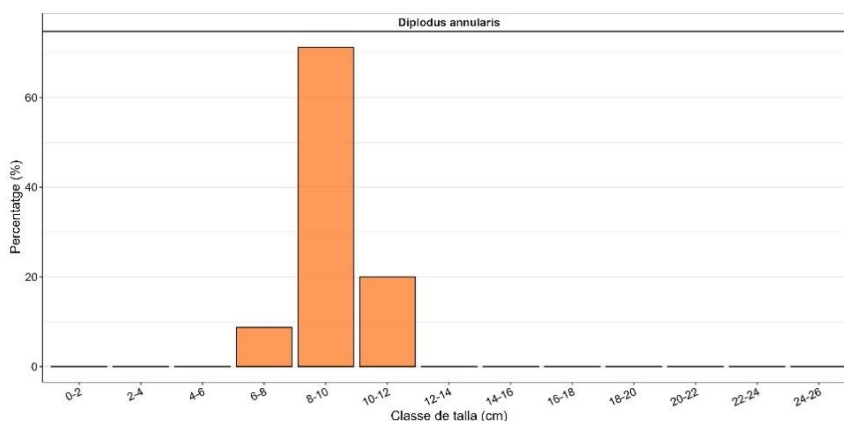


Figura 13. Estructura de talles de *D. annularis* a l'estació d'Aiguamolls 1 (n=344).

Aiguamolls 2

En aquesta estació tant sols s'ha observat una sola espècie: *P. erythrinus*, que pertany a la família dels espàrids (Sparidae), amb una densitat molt baixa (1,25 ind/250 m²). Aquest valor correspon a tant sols 5 individus observats en transectes diferents. La seva biomassa mitjana, doncs, és molt baixa, de tant sols 2,8 g/250 m². Pel que fa a les classes de talles, tots 5 individus observats tenien una mida de 6 cm.

Aiguamolls 3

En aquesta estació, més propera a la del sud, s'hi ha observat una sola espècie, tot i que en grans quantitats: *E. encrasicolus*, pertanyent a la família dels engràulids (Engraulidae), amb un valor mitjà de 475 ind/250 m². La seva biomassa mitjana és de 277 g/250 m².

Aiguamolls 4

Aquesta estació, que és la que es troba més al sud, s'hi ha observat molt poques espècies: s'han observat 5 pagells (*P. erythrinus*), pertanyent a la família dels espàrids, i 26 molls (*M. surmuletus*), de la família Mullidae.

BRUVs

Pel que fa als mostrejos mitjançant BRUVs (Baited Remote Underwater Video) no s'ha observat una gran quantitat d'espècies ni individus. Tot i això, sí que s'han observat algunes espècies, algunes d'elles curioses. A l'estació dels Aiguamolls 4, la que es troba més al sud, s'hi ha pogut observar pagells (*P. erythrinus*) i molls (*M. surmuletus*), tots ells de mida força petita. En aquesta mateixa estació, a més, s'hi ha pogut observar un individu de sípia (*Sepia officinalis*) (Figura 14a). A l'estació d'Aiguamolls 3 s'hi ha pogut observar un exemplar de vaca comuna (*Torpedo torpedo*) (Figura 14b).

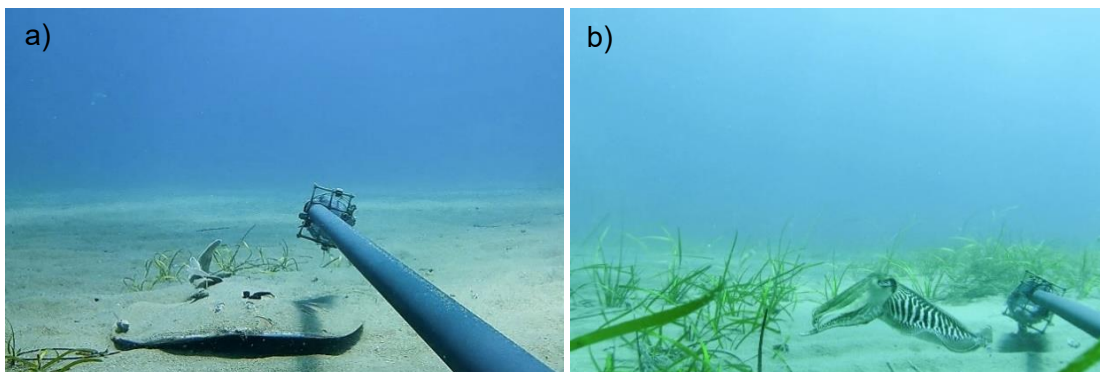


Figura 14. Imatges captades amb BRUVs: a) vaca comuna (*T. torpedo*) i b) sèpia (*S. officinalis*).

Discussió

La Zona d'Especial Conservació dels Aiguamolls de l'Empordà ocupa gran part del Golf de Roses. Malgrat aquesta figura de protecció, en aquesta zona la pesca és el principal impacte que afecta a les comunitats de peixos, donat que el port de Roses i de l'Escala són un dels més importants en el nord oest del Mediterrani pel que fa a la pesca professional però també per la pesca recreativa (Lloret i Leonart 2002).

Per tal de poder avaluar l'estat de conservació de les comunitats de peixos al Golf de Roses es van dur a terme mostrejos en 4 punts d'aquesta zona, repartits al llarg de la gran praderia de *C. nodosa*. A més, es van fer dos tipus de mostrejos: censos visuals amb escafandre autònom i es van instal·lar BRUVs. Es va concloure que la millor metodologia per a l'estudi de les comunitats de peixos van ser els censos visuals, tot i que els BRUVs van poder identificar algunes espècies, com el torpede o la sèpia, que són de difícil observació a simple vista.

No obstant, el cens visual no és la tècnica òptima per a determinar les poblacions de peixos en habitats sorrenc amb praderia de *Cymodocea nodosa*, ja que la gran extensió de l'hàbitat (comparat amb els fons rocosos que són més delimitats) fa que la distribució dels individus sigui molt dispersa amb una densitat molt baixa, pel que és difícil estimar la diversitat i abundància de les diferents espècies.

Així doncs, en els mostrejos mitjançant censos visuals, tant sols es van poder observar 5 espècies de peixos en aquesta zona, en densitats força baixes i talles més aviat petites. L'espècie que s'ha observat amb una major densitat és *E. encrasicolus*, tot seguit de *D. annularis*, dues espècies que es solen trobar a les praderies de fanerògames marines, tals com *P. oceanica* o, com en aquest cas, *C. nodosa*.

No obstant, si bé és cert que les praderies de *C. nodosa* no són un hàbitat òptim per a moltes espècies piscívores de fons rocosos, que solen ser més vulnerables a la pesca i normalment viuen en zones de més complexitat estructural, sí que sol ser un hàbitat per a moltes espècies d'interès pesquer. Si comparem amb aquests resultats amb les captures realitzades per la pesca artesanal, veiem que aquesta estima no reflexa la diversitat d'aquest ambient. En un treball realitzat en la mateixa comunitat del golf de Pals (Sacanell, 2013), es varen capturar més de 50 espècies de peixos i cefalòpodes, sent les espècies objectiu més abundants la sèpia (*Sepia officinalis*), el

llenguado de platja (*Solea lascaris*), el pagell (*Pagellus erythrinus*), el bis (*Scomber japonicus*), el llobarro (*Dicentrarchus labrax*) i el rom (*Scophthalmus rhombus*), la mabre (*Lithognathus mormyrus*) i l'orada (*Sparus aurata*). En aquests informe, es constata que, tot i presentar fons regulars i tous en la major part de la seva extensió, paradoxalment la zona presenta una riquesa d'espècies capturades comparable als fons durs (rocosos i de grapissar).

Altres estudis recents sobre el moviment i ús dels hàbitats de les espècies comercials en aquesta zona (Hereu et al. 2022) evidencien la importància d'aquests fons estuàrics dominats per praderies de fanerògames, ja sigui perquè són zones reclutament, de campeig i alimentació de diverses espècies d'interès comercial, o actua com a corredor ecològic en els desplaçaments, permetent així la connectivitat entre les diferents àrees rocoses i les diferents Reserves Marines de Medes i Montgrí i el Cap de Creus. Cal destacar que malgrat la zonificació de la zona amb diverses Reserves Marines, aquest hàbitat no està representat en cap d'elles, per la qual cosa pot significar una problemàtica en el cas de la seva degradació a causa del seu paper important com a zona d'aliment i corredor ecològic.

En resum, la ZEC dels Aiguamolls de l'Empordà continua sent una zona intensament utilitzada per l'activitat pesquera, tot i ser un hàbitat essencial per a l'alimentació i reclutament de moltes espècies, a més de tenir un paper fonamental com a connector ecològic entre les zones rocoses i les llacunes litorals dels Parcs Naturals adjacents del Montgrí-Medes, el cap de Creus i els Aiguamolls de l'Empordà.

Degut al seu important paper ecològic, i la seva connectivitat amb els ecosistemes rocosos i litorals, aquesta zona s'hauria de considerar una part essencial de la xarxa de Parcs Naturals de la zona, considerant tota aquesta zona com una unitat ecològica, procurant una gestió integrada.

Conclusions

L'activitat pesquera és el principal impacte que es dona sobre les poblacions de peixos a la ZEC dels Aiguamolls de l'Empordà, situat al Golf de Roses.

Per tal d'avaluar l'estat de conservació de les comunitats de peixos s'han dut a terme dos tipus de mostrejos: censos visuals i BRUVs. Malgrat els censos visuals ha estat la metodologia òptima per a quantificar les poblacions de peixos en aquest estudi, els BRUVs ens han permès veure espècies més difícils de veure a simple vista.

Degut a la característica del l'hàbitat, molt homogeni i amb una gran extensió, les resultats dels censos visuals no han estat representatius de la comunitat de peixos en general de la zona, especialment si ho comparem amb dades obtingudes de captures de pesca artesanal.

S'ha pogut determinar, no obstant, que les praderies de *C. nodosa* són hàbitat per a reclutament i juvenils de diverses espècies.

El Golf de Roses es troba entre els dos parcs naturals de Catalunya, el Parc Natural de Cap de Creus i el Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, i les praderies de *C. nodosa* és un hàbitat essencial que actua com a connector ecològic entre aquestes dues zones, i amb les



llacunes litorals, de forma que s'hauria considerar tota aquesta zona com una unitat ecològica, i promoure una gestió integrada.

Paisatge

- S'han realitzat dos transectes batimètrics, un a la zona nord i l'altre a la zona sud de la praderia de *Cymodocea nodosa*. Cada transecte cobreix una superfície d'uns 2400 m².
- La praderia del transecte nord (Cymo1), mostra menys continuïtat i amb més abundància de clapes de sorra en comparació amb la del transecte sud (Cymo3).
- El límit profund del transecte nord es troba a 11,5 m, mentre que el del transecte sud està més enllà dels 12,5 m. La gran extensió de la praderia no ha permet poder identificar el límit del transecte sud.

- El mostreig ens ha permès observar una elevada quantitat de rizomes desenterrats.
- Els futurs mostrejos s'haurien de dissenyar per tractar de buscar on es donen les transicions d'hàbitats més rellevants, el que es fa difícil quan domina un hàbitat amb una gran extensió.
- El límit profund del transecte nord és variable i presenta zones amb petites taques disperses i el límit poc definit que s'alternen amb zones on la praderia és més contínua i el límit més definit.

Introducció

El terme paisatge, utilitzat en diversos camps del coneixement com ara la geografia, la planificació del territori o l'ecologia, s'ha definit de moltes maneres. Totes elles tenen en comú la percepció d'unitats, estructurals o funcionals, a escala superior a la de l'hàbitat (comunitat, ecosistema). L'ecologia del paisatge va incorporar-se al pensament ecològic des de finals del s. XIX, de la mà de l'escola d'edafòlegs russos, i s'ha mantingut present, amb diferents aproximacions, al llarg del S. XX. A finals dels anys 80 del segle passat, els conceptes associats a l'ecologia del paisatge (metacomunitat, metaecosistema, connectivitat...) s'arrelen fortament en el pensament ecològic (Levin, 1992).

L'aproximació al paisatge de l'ecologia consisteix en veure'l com una jerarquia d'elements (paisatge, taca, hàbitat...) encaixats a diferents escales (Pittman *et al.* 2004) (Figura 15). Cada nivell d'aquesta jerarquia es caracteritza per una escala espacial, de vegades associada a una escala temporal (dimensió temporal característica dels processos que hi tenen lloc). Cal remarcar que l'estudi del paisatge, inclou un aspecte estructural (distribució en l'espai de les unitats, extensió, mida i forma de les taques, etc.) i un aspecte funcional (relacions ecològiques i interaccions que s'estableixen entre els elements del paisatge o els organismes que els habiten). Ambdós aspectes poden estudiar-se separadament, si bé està clar que estructura i funció, en el paisatge, estan estretament vinculats.

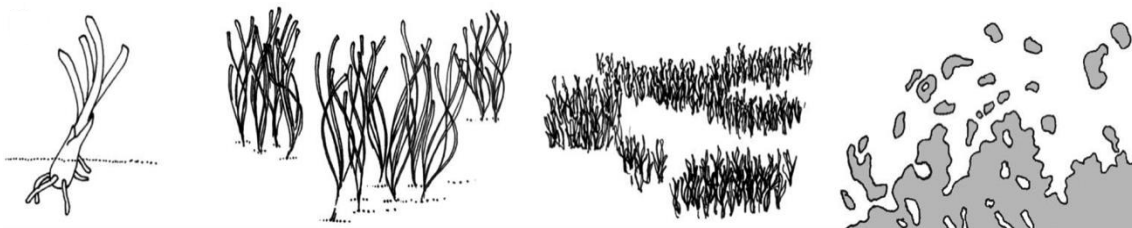


Figura 15. Representació de l'estructura jeràrquica d'un hàbitat de fanerògames marines al paisatge marí costaner, modificada a partir de Boström *et al.* 2011. D'esquerra a dreta, plantes marines vistes a escales creixents de centímetres a quilòmetres.

L'estudi de la natura a escales espacials grans, i en particular l'estudi del paisatge, ens permet detectar certes regularitats que no necessàriament es perceben a escales més reduïdes. Un exemple molt clar el trobem en l'estudi de certes activitats humanes sobre els ecosistemes. Imaginem una comunitat dominada per vegetals (un bosc, o un prat de fanerògames marines), que a causa d'algun impacte es va fragmentant. Un estudi estrictament local (és a dir, l'estudi d'un tros d'un d'aquests hàbitats) ens podria donar com a resultat que l'hàbitat es troba bé. No obstant això, la fragmentació estaria impeding el moviment d'espècies, els fluxos gènics i altres processos, amb conseqüències negatives a mitjà termini. Si bé la nostra capacitat de mostreig es veu molts cops limitada a escales locals, s'ha de fer un esforç per abastar aquestes escales més grans, de manera que l'extrapolació dels resultats no es vegi seriosament limitada (Schneider, 2001).

En l'àmbit de la gestió i conservació del patrimoni natural, els estudis a escala de paisatge dels espais protegits són crucials per, per una banda, identificar la varietat d'hàbitats que hi són presents, la seva estructura, la seva distribució i la seva articulació, i, per altra banda, per detectar

canvis al llarg del temps a escales espacials grans. A la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà trobem principalment tres hàbitats: sorres fines infralitorals, fanerògames marines, en concret *Cymodocea nodosa*, i comunitats coral·lígenes mediterrànies protegides o moderadament exposades a l'hidrodinamisme. La distribució en l'espai d'aquests hàbitats va des de zones costaneres a pocs metres de profunditat, on dominen els fons de sorres fines, fins al voltant dels 30 m on es troben les comunitats coral·lígenes, tot i que aquestes no han estat descrites fins ara (vegeu el primer informe de les ZECS, Linares *et al.* 2022). La praderia de *C. nodosa* es troba formant un cinturó paral·lel a la costa ocupant una franja entre els 8 i 14 m i a una distància de la costa entre 300 i 600 m.

Els valors patrimonials associats a les praderies de fanerògames marines, així com els serveis o beneficis que se'n deriven per la societat, combinat amb el seu declivi global (Waycott *et al.* 2009, però vegeu de los Santos *et al.* 2019), fan que la seva conservació, especialment en l'àmbit d'espais marins protegits, sigui de gran importància. Per això, juntament amb l'elevada representació que té aquest hàbitat en la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà, centrarem l'estudi de paisatge en la praderia de *C. nodosa*. L'escala espacial en les fanerògames marines, com a plantes clonals, pren rellevància per la forta jerarquia que presenten. De manera general, consisteixen en una estructura niuada de clons cada un constituït per un conjunt de feixos, que es troben formant praderies contínues o bé un mosaic de taques discretes. Aquesta estructuració en diferents nivells jeràrquics fomenta que les praderies de fanerògames marines siguin ecosistemes altament dinàmics regulats per la combinació d'un gran nombre de processos que operen a diferents escales (Duarte *et al.* 2006).

En general, l'anàlisi del paisatge, com ja hem dit, es pot fer amb un enfoc funcional o estructural. En el cas de la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà, i pels objectius (estat de conservació) i mitjans (dies de mostreig) d'aquest treball, està clar que cal primer l'aproximació estructural. Concretament, ens fixarem en les propietats espacials de la praderia (per exemple, la continuïtat de la praderia, la presència de clapes de sorra o distribució en el límit profund). Per tant, l'objectiu general és obtenir informació a una escala espacial gran (de centenars de metres) sobre la praderia, com a complement del treball d'avaluació i seguiment fet amb una aproximació més local (mostrejos puntuals). L'estructura de l'hàbitat, tal com l'hem definit, és sensible a canvis ambientals, tant abruptes com progressius i a llarg termini, i, per tant, la informació obtinguda serà de gran valor pel seguiment i gestió d'aquesta ZEC.

Material i mètodes

Estacions de mostreig

S'han realitzat 2 transectes batimètrics. L'inici d'aquests transectes se situa a les estacions de mostreig de *C. nodosa* Cymo1 i Cymo3 del mostreig del seguiment de *C. nodosa* (vegeu capítol 'Seguiment de *Cymodocea nodosa*) (Taula 7, Figura 16). Les dues zones seleccionades representen dos extrems de la praderia dins la ZEC, la primera (Cymo1) es troba al nord, on aquesta és més estreta i superficial que la segona (Cymo3), que es troba més al sud. Aquesta

distribució ens permetrà detectar possibles variacions de l'estructura i extensió de la praderia en l'espai. La superfície explorada en cada estació de mostreig ha estat d'uns 2400 m². Els mostrejos es van realitzar en un dia de campanya, concretament el 29 de juny del 2022, amb un equip de 3 persones, dos bussejadors i un barquer. En total es van realitzar 2 immersions d'uns 50 min cada una.

Taula 7. Estacions on s'ha realitzat les anàlisis de paisatge en la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà. Fondària: rang de fondària en metres prospectat al llarg dels transectes.

| Estació | Data mostreig | Fondària (m) |
|---------|---------------|--------------|
| Cymo 1 | 29/06/2022 | 9,8 |
| Cymo 3 | 29/06/2022 | 10,8 |

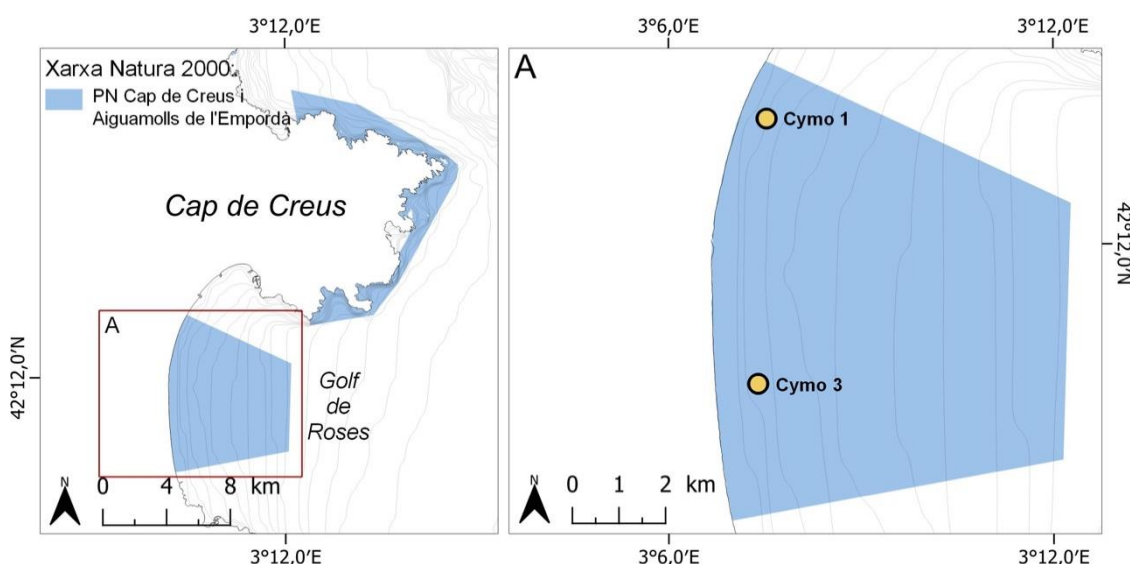


Figura 16. Mapa de les estacions de mostreig de la praderia de *C. nodosa* a la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà.

Metodologia de mostreig

A cada estació, un equip de dos bussejadors va recórrer un transecte batimètric amb propulsors mecànics des del punt de mostreig fins a uns 200-300 m en direcció al límit profund de la praderia. Durant els recorreguts es van anotar aspectes relacionats sobretot amb la macroestructura de la praderia (continuitat de vegetació, presència de clapetes de sorra), i la seva distribució en el límit profund, així com la descripció d'aquest. A més, també, de manera complementària, es van anotar possibles signes d'impactes o perturbacions, com ara l'enterrament o desenterrament dels feixos, presència d'espècies introduïdes, presència de deixalles, etc. Finalment, es va obtenir un registre fotogràfic com a referència o per possibles anàlisis futurs.

Resultats

Els dos recorreguts presenten un desnivell molt petit i s'han de recórrer grans distàncies per a veure increments en la profunditat.

Transsecte nord (Cymo1)

Al llarg d'aquest recorregut la praderia és força heterogènia i s'alternen zones de centenars de metres poc denses i esclarissades, amb clapes grans de sorra (>5 m de diàmetre aproximat) (Figura 17a) i amb els rizomes de creixement horitzontal (*runners*), amb zones on la praderia esdevé més densa i amb les fulles més llargues (Figura 17b). Al llarg del transsecte, cap als 11 m de profunditat, observem diverses zones amb els rizomes desenterrats. El límit profund es troba a 11,5 m i és força variable. Per una banda, trobem zones on la praderia, a l'acostar-se a límit, esdevé molt esclarissada i dispersa (Figura 17c) amb petites taques de vegetació (<1 m) distribuïdes en una matriu de sorra, en aquest cas, el límit és poc definit, desdibuixat i és difícil de delimitar. Per altra banda, es poden veure zones a prop del límit on la praderia es manté força densa en comparació amb el cas anterior, i més o menys contínua amb clapes grans de sorra (>5 m) (Figura 17d), en aquest cas, el límit està una mica més definit que l'anterior, tot i que molt retallat.

Transsecte sud (Cymo3)

La praderia és contínua i densa el primer tram (Figura 17e) del recorregut (uns 200 m), per després donar pas, a mesura que anem cap al fons, a zones menys denses i amb clapes grans de sorra (>5 m de diàmetre aproximat) i amb els rizomes de creixement horitzontal (*runners*) colonitzant espais sense planta (Figura 17f). A l'últim tram del recorregut, la praderia torna a ser contínua i s'observa una zona molt extensa (centenars de metres) amb una elevada quantitat de rizomes desenterrats i flotant, a 12,5 m (Figura 17g). No s'ha arribat al límit profund.

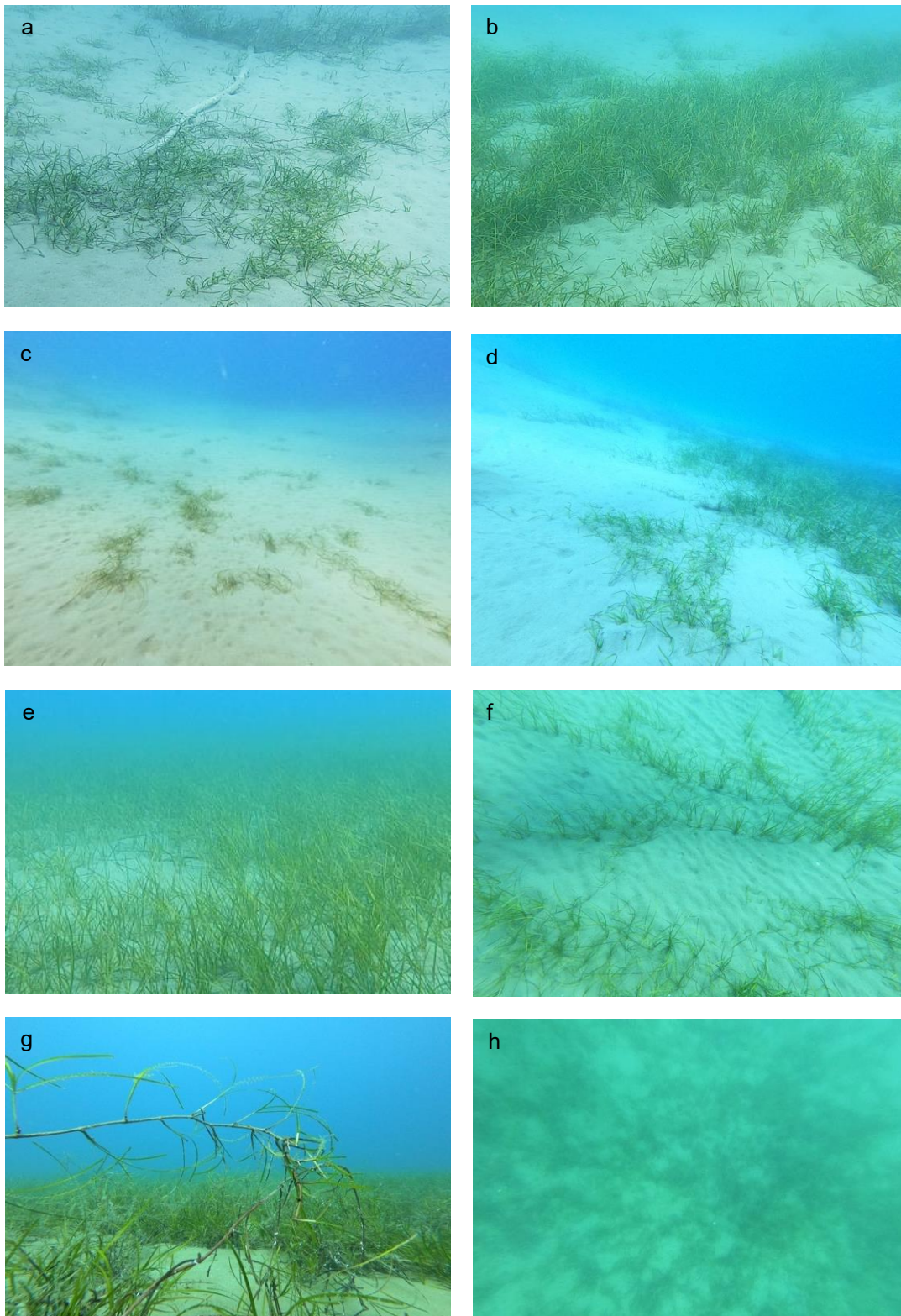


Figura 17. Imatges del recorreguts de paisatge de la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà. a-b) transecte amb inici a Cymo1, d-e) límit profund del transecte Cymo1, e-h) transecte amb inici Cymo3.

Discussió

L'objectiu final d'aquest estudi era obtenir informació a una escala espacial més gran, complementar la informació derivada del seguiment de les praderies de *C. nodosa*, i poder descriure l'estructura de l'hàbitat de *C. nodosa*, d'aquesta manera establir un estat "zero" per valorar, en el futur, possibles canvis al llarg del temps.

En conjunt, la realització de les campanyes i les dades obtingudes mostren que el disseny emprat per a la descripció del paisatge d'aquesta ZEC és adequat, tot i que presenta algunes limitacions. Per una banda, i a causa de la naturalesa de la ZEC, amb pocs hàbitats dominants, ens hem vist forçats a centrar l'estudi en descriure l'estructura de la praderia de *C. nodosa*. Per altra banda, en el mostreig d'enguany no queden ben representades les zones de transició d'hàbitats (en aquest cas, sorres fines infralitorals i *C. nodosa*), i que trobem en els límits superficials i profunds de l'herbei (a excepció del límit profund del primer transecte).

Els resultats dels transectes realitzats mostren que la praderia de *C. nodosa* presenta una certa variabilitat entre les dues zones explorades. La praderia del transecte nord (Cymo1), mostra més discontinuïtat i més abundància de clapes de sorra en comparació amb el transecte sud (Cymo3). No sabem a què pot estar atribuïda aquesta diferència i no disposem de prou informació per arribar a cap conclusió. No disposem de prou informació per explicar aquestes diferències, malgrat això, i de manera temptativa, dos possibles aspectes podrien tenir alguna influència. Per una banda, la dinàmica del sediment, que pot estar alterada pels corrents o per temporals més o menys freqüents, i afectar de manera diferent a cada zona. Per l'altra banda, la proximitat més gran de la praderia del nord a nuclis urbans (Empuriabrava i Roses), que podria implicar algun tipus d'impacte, malgrat que això sembla poc probable pel fet de no haver detectat cap símptoma que indiqui afectació (sediment més anòxic, alt elevat nombre d'epífits).

Pel que fa a altres aspectes observats al llarg dels recorreguts cal destacar la presència, en els dos casos (sobretot en el transecte sud, Cymo3), de zones amb abundants rizomes totalment desenterrats i amb els feixos vius. Sembla que aquest fet és habitual en aquesta praderia (comunicació personal Fundació Alive). Els impactes mecànics (o hidrodinàmics) són els que, normalment, causen aquest fenomen, i en el cas de les praderies de *C. nodosa* de la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà, tot apunta a que són els temporals marítims els que, remouent el sediment, causen aquest desenterrament, i fins i tot poden transportar els rizomes a les platges, on s'acumulen després de grans temporals (observacions personals). Cal tenir en compte que praderies més discontinues, amb més clapes sorra i amb zones menys denses (com pot ser el cas de la praderia nord), poden ser més vulnerables a aquest tipus de perturbacions, ja que la seva estructura subterrània (arrels i rizomes), no és prou compacta per estabilitzar el sediment i facilitar una òptima subjecció de les plantes.

Per últim, i per les grans dimensions de la praderia, l'exploració del límits profunds només va ser possible en el transecte nord, on s'observen zones amb petites taques disperses i el límit poc definit que s'alternen amb zones on la praderia és més contínua i el límit més definit. En praderies somes i limitades fortament per la llum, el límit profund pot mostrar un canvi abrupte en la densitat dels feixos més enllà d'un llindar de disponibilitat de llum (Ralph *et al.* 2007, Mayol *et al.* 2022), en

canvi, en praderies també somes i no limitades per la llum, aquest es desdibuixa i esdevé difícil de delimitar (obs. personals de les praderies del delta de l'Ebre). El mateix semblaria que passa en praderies profundes, tot i que la aquesta afirmació es basa principalment en les observacions personals d'aquesta i altres praderies (com a la de la badia de Pals), més que en la bibliografia trobada. L'estudi del límit profund de les praderies de fanerògames marines, és una aproximació molt bona per obtenir informació sobre la seva tipologia (rectilini, ondulat, retallat, a taques) i sobre la seva evolució temporal, és a dir, les variacions en l'extensió de les praderies en el seu límit de distribució probablement més sensible. Aquesta aproximació és especialment efectiva en espècies de creixent lent i amb una dinàmica més estable, com pot ser *Posidonia oceanica*, i en la qual ja fa molts anys que s'estudia la cinètica dels límits profunds a les nostres costes (Romero *et al.* 2020). Per realitzar aquests estudis es col·loquen unes fitacions al llarg del límit i es fa un seguiment al llarg del temps per veure si la praderia avança, retrocedeix o es manté estable. En espècies més oportunistes, de creixement ràpid, com és *C. nodosa*, la tècnica de les fitacions no és apropiada a causa del gran dinamisme que mostren les praderies que formen. En aquest cas, els mètodes cartogràfics poden ser una bona eina, tot i que presenten varies limitacions, per una banda són molt costosos, i per l'altra, al ser una aproximació a un escala més gran, de paisatge, es requereix períodes de temps més llargs per poder detectar possibles canvis. Cal recordar que, la praderia del ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà, presenta una distribució que va variant a mesura que anem cap al sud, concretament s'observa que va incrementant la seva amplada, i segons la cartografia consultada en la web de la Generalitat (<https://agricultura.gencat.cat>), també incrementa la profunditat del seu límit. Això s'ha pogut constatar en els transectes realitzats enguany, en els que s'ha vist que el límit del transecte sud estava més enllà dels 12,5 m, a diferència dels 11,5 m del transecte nord. Aquesta diferència pot semblar molt petita però, tenint en compte que el fons marí en aquesta zona és molt pla i que s'han de recórrer molts metres per incrementar la profunditat, aquesta diferència és considerable.

Conclusions

La praderia de *C. nodosa* presenta variabilitat entre les zones explorades. La praderia del transecte nord (Cymo1), mostra menys continuïtat i amb més abundància de clapetes de sorra en comparació amb el transecte sud (Cymo3).

El límit profund del transecte nord es troba a 11,5 m, mentre que el del transecte sud es troba més enllà dels 12,5 m. La gran extensió de la praderia no ha permet poder identificar el límit del transecte sud.

El límit profund del transecte nord és variable i presenta zones amb petites taques disperses i el límit poc definit que s'alternen amb zones on la praderia és més contínua i el límit més definit.

El mostreig ens ha permès observar una elevada quantitat de rizomes desenterrats.

Els futurs mostrejos s'haurien de dissenyar per tractar de buscar on es donen les transicions d'hàbitats més rellevants, el que es fa difícil quan domina un hàbitat amb una gran extensió.

Conclusions generals de la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà

Estat actual de les principals espècies i hàbitats en la ZEC

Es tracta d'una ZEC amb poca representativitat d'hàbitats on els impactes principals serien la pesca artesanal i la pesca recreativa i altres activitats aquàtiques com la nàutica d'esbarjo amb impacte acústic rellevant, així com impactes naturals com temporals més o menys freqüents i de diferent intensitat. En aquest sentit, la praderia de *C. nodosa* presenta algunes afectacions de fenòmens naturals (com els feixos arrancats), però no s'observen afectacions d'activitats antropogèniques, almenys de moment.

D'acord amb els resultats obtinguts del mostreig de la praderia de *C. nodosa*, i les observacions qualitatives, podem concloure que la praderia de *C. nodosa* està en un estat de conservació satisfactori. Entre les 4 estacions mostrejades al llarg de la praderia, no s'observen diferències gaire rellevants i els valors obtinguts de totes les variables (densitat, cobertura i alçada de la volta foliar) es troben dins o per sobre de l'interval de referència. Cal destacar, que no s'observa una macrofauna sèssil conspícua i abundant, com garotes, holotúries, gasteròpodes o bivalves. Aquest fet és en general comú a altres praderies de la mateixa espècie situades a aquesta profunditat, en aquest cas entre 9 i 14 metres de fondària. Cal destacar també, l'observació de floració en dues estacions mostrejades, tot i que no podem atribuir aquest fet a cap factor clar.

S'ha observat un baix nombre d'espècies de peixos observades, entre les quals es troben *Spicara maena*, *Engraulis encraiulus*, *Mullus surmuletus*, *Diplous annularis* i *Pagellus terythrinus*. Entre les 4 estacions, destaca l'estació situada més al Nord per la major diversitat, densitat i la biomassa.

Tot i l'escassa diversitat i abundància de peixos, s'ha pogut observar que les praderies de *C. nodosa* són hàbitat per a reclutament i juvenils de diverses espècies.

Els transectes de paisatge, realitzats a una escala més gran (centenars de metres) ens han mostrat una certa variabilitat entre les dues zones explorades. La praderia situada més sud (Cymo3), mostra més continuïtat vegetal i amb menys nombre de clapetes de sorra en comparació amb la del nord (Cymo1). Això podria ser explicat, o per causes naturals relacionades amb la variació en l'alteració de la dinàmica del sediment (en conseqüència de corrents o temporals), o bé per la proximitat de la praderia del nord a nuclis urbans com Empuriabrava i Roses, malgrat que no s'han detectat símptomes d'afectació d'aquesta última. En els dos casos cal destacar la presència de zones amb abundants rizomes totalment desenterrats i amb els feixos vius, fet que podria estar causat bé per les activitats humanes o, més probablement, per causes naturals com els temporals. Finalment, cal remarcar que ni en aquestes exploracions a escales espacials més grans ni en el mostreig de *C. nodosa* (escales més petites), s'han observat restes i deixalles, permeten afirmar que la contaminació no seria un impacte destacable en aquesta ZEC.

Recomanacions pel futur seguiment i gestió

Es recomana fer el seguiment de la praderia de *C. nodosa* de la ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà com a part essencial del seguiment en el temps del patrimoni natural d'aquest espai mantenint la metodologia de mostreig. El disseny aplicat, en funció dels recursos disponibles, sembla ser òptim. En aquest sentit, almenys pel que fa al seguiment de fanerògames, és molt important que la metodologia del seguiment quedi fixada, i que, independentment de qui executi la feina, se segueixin escrupolosament els protocols per tal que les dades siguin comparables d'un exercici a l'altre, i per tant serveixin realment com a eina de vigilància en el temps d'aquest important patrimoni submergit. La dimensió temporal és imprescindible per identificar i implementar possibles mesures de gestió als espais protegits, i per avaluar la seva eficàcia, així com per detectar canvis amb la promptitud més gran possible.

Respecte a la metodologia emprada pels peixos, els censos visuals ha estat la metodologia òptima per a quantificar les poblacions de peixos en aquest estudi, i la combinació amb els BRUVs ens han permès veure espècies més difícils de veure mitjançant els censos visuals vaca comuna (*T. torpedo*) i sèpia (*S. officinalis*), però no han permès una quantificació d'aquestes per les escasses observacions. Tot i això, cal destacar que en aquests estudis s'han observat moltes menys espècies que en captures experimentals. Per tant, en futurs seguiments es tractaria de combinar diverses metodologies, tot i que en aquest tipus de seguiment es descartarien tot tipus de mètodes invasius.

En relació amb l'indicador de paisatge i prospeccions, en el cas d'hàbitats molt continus i extensos amb una batimetria molt constant al llarg d'escales espacials grans, la informació que ens poden proporcionar els dos indicadors sembla una mica redundant i, per tant, s'hauria de triar un o l'altre. En aquest cas, l'estudi a gran escala (més gran de la que s'observa en el propi indicador, *C. nodosa*), ens ha permès veure com és l'estructura de la praderia, i on es troben i com són els seus límits profunds (només en la praderia del nord). Els futurs mostrejos s'haurien de dissenyar per tractar de buscar on es donen les transicions d'hàbitats més rellevants, el que es fa difícil quan domina un hàbitat amb una gran extensió.

En base als resultats obtinguts, cal mantenir el bon estat de conservació de la praderia e intentar evitar activitats que puguin comportar un empitjorament d'aquest espai. De fet, el Golf de Roses es troba entre els dos parcs naturals de Catalunya, el Parc Natural de Cap de Creus i el Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, i les praderies de *C. nodosa* és un hàbitat essencial que actua com a connector ecològic entre aquestes dues zones, i amb les llacunes litorals, de forma que s'hauria considerar tota aquesta zona com una unitat ecològica, i promoure una gestió integrada.

Bibliografia general de la ZEC dels Aiguamolls de l'Empordà

Acord GOV/150/2014, de 4 de novembre, pel qual es declaren zones especials de conservació de la regió biogeogràfica mediterrània, integrants de la xarxa Natura 2000, se n'aprova l'instrument de gestió, i s'autoritza el conseller de Territori i Sostenibilitat per poder actualitzar els annexos 2, 3 i 4 de l'Acord GOV/176/2014, de 4 de novembre, pel qual es declaren zones especials de conservació de la regió biogeogràfica mediterrània, integrants de la xarxa Natura 2000.

Acord GOV/254/2010, de 23 de novembre, pel qual s'aprova definitivament el Pla especial de protecció del medi natural i del paisatge dels Aiguamolls de l'Alt Empordà, als termes municipals de l'Armentera, Castelló d'Empúries, l'Escala, Palau-saverdera, Pau, Pedret i Marzà, Peralada, Roses, Sant Pere Pescador, Torroella de Fluvià i Ventalló.

Ballesteros, E., Mariani, S., Cefalí, M^a E., Terradas, M., Chappuis, E. (2014). Manual d'hàbitats litorals de Catalunya. Generalitat de Catalunya, Departament de Territori i Sostenibilitat.

Boutahar, L., Espinosa, F., Bazairi, H. (2022). Reconstruction of *Cymodocea nodosa*'s dynamics as a tool to examine the conservation status of a Mediterranean declared marine protected area. *Mediterranean Marine Science*, 23(4), 754-765.

Cabaço, S., Santos, R., Duarte, C. M., (2008). The impact of sediment burial and erosion on seagrasses: a review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 79(3), 354-366.

Cramer, W., Guiot, J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, J. P., Iglesias, A., Lange, M.A., Lionello, P., Llasat, M.C., Paz, S., Peñuelas, J., Snoussi, M., Toreti, A., Tsimplis, M.N., Xoplaki, E. (2018). Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Climate Change*, 8(11), 972-980.

de Los Santos, C. B., Krause-Jensen, D., Alcoverro, T., Marbà, N., Duarte, C. M., Van Katwijk, M. M., Pérez, M., Romero, J., Sánchez-Lizaso, J.L., Roca, G., Jankowska, E., Pérez-Lloréns, J.L., Fournier, J., Montfralcone, M., Pergent, G., Ruiz, J.M., Cabaço, S., Cook, K., Wilkes, R.J., Moy, F.E., Muñoz-Ramos, G., Seglar, X., de Jong, D.J., Fernández-Torquemada, Y., Auby, I., Vergara, J.J., Santos, R., (2019). Recent trend reversal for declining European seagrass meadows. *Nature communications*, 10(1), 3356

Delgado, O., Grau, A., Pou, S., Riera, F., Massuti, M., Zabala, M., Ballesteros, E. (1997). Seagrass regression caused by fish cultures in Fornells Bay (Menorca, Western Mediterranean). *Oceanologica Acta*, 20 (3): 557-563

den Hartog, C. (1970). *The Seagrasses of the World*. North Holland Publishing Company, Amsterdam London

Duarte, C.M., Fourqurean, J.W., Krause-Jensen, D., Olesen, B. (2006). Dynamics of seagrass stability and change. In: Larkum, A.W.D., Orth, R.J., Duarte, C.M. (Eds.) *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Springer: Berlin. pp 271-294

ETC/BD (2014). Article 17 Reporting –Assessments of conservation status at the EU biogeographical level-Public consultation. ETC/BD Technical paper3/2014, Paris

Galil, B.S., Marchini, A., Occhipinti-Ambrogi, A. (2018) East is east and west is west? Management of marine bioinvasions in the Mediterranean Sea. *Estuar Coast Mar Sci* 201:7–16.

García-González, F., Pagès, J.F., Marco-Méndez, C., Sanmartí, N., Alemany, A., Pons, S., Rodríguez-Arias, L., Minguito, M., García, M. (2022). Seguiment de l'indicador FANERÒGAMES MARINES, *Cymodocea nodosa*, de la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/CE) a les badies del Delta de l'Ebre

Garrabou, J., Gómez-Gras, D., Medrano, A., Cerrano, C., Ponti, M., Schlegel, R., Bensoussan, N., Turicchia, E., Sini, M., Gerovasileiou, V., Teixidó, N., Mirasole, A., Tamburello, L., Cebrian, E., Rilov, G., Ledoux, JB., Ben Souissi, J., Khamassi, F., Ghanem, R., Benabdi, M., Grimes, S., Ocaña, O., Bazairi, H., Hereu, B., Linares, C., Kersting, DK., Rovira, G., Ortega, J., Casals, D., Pagès-Escolà, M., Margarit, N., Capdevila, P., Verdura, J., Ramos, A., Izquierdo, A., Barbera, C., Rubio-ortillo, E., Anton, I., López-Sendino, P., Díaz, D., Vázquez-Luiz, M., Duarte, C., Marbá, N., Aspillaga, E., Espinosa, F., Grech, D., Guala, I., Azzurro, E., Farina, S., Gambi, MC., Mantas, TP., Frascetti, S., Ceccherelli, G., Kipson, S., Bakran-Petricioli, T., Petricioli, D., Jiménez, C., Katsanevakis, S., Kizilkaya, IT., Kizilkaya, Z., Sartoretto, S., Elodie, R., Ruitton, S., Comeau, S., Gatusso, JP., Harmelin, J. G. (2022). Marine heatwaves drive recurrent mass mortalities in the Mediterranean Sea. *Global change biology*, 28(19), 5708-5725.

Generalitat de Catalunya, (2009). Parcs Naturals de Catalunya.

Generalitat de Catalunya, (2014). La connectivitat per als peixos al rec de connexió entre la Massona i l'estany Sirvent (PN dels Aiguamolls de l'Alt Empordà), a l'altura de la comporta de regulació del nivell d'aigua. Seguiment del nou dispositiu de pas per a peixos. http://gencat.cat/mediamb/parcs/aiguamolls_emporda/estudis/4035_Estudi%20connectivitat%20peixos%20Massona-Sirvent%20%20Sorello_%20b.pdf

Generalitat de Catalunya, (2015). Annex 6. Instrument de gestió de les Zones Especials de Conservació declarades a la regió mediterrània. Departament de Medi Ambient i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals. https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/senp_catalunya/xarxa_natura_2000/documents/Mapes-formularis-oficials-i-fitxes/tarragona/

Generalitat de Catalunya, (2017). Correspondència entre la classificació EUNIS, els hàbitats CORINE de Catalunya i els tipus d'hàbitats d'interès comunitari. https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/sistemes_dinformacio/habitats/habitats_terrestres/habitats-de-catalunya/correspondencies_entre_habitats/

Generalitat de Catalunya, (2019). Cartografia d'hàbitats marins EUNIS 2019. <http://agricultura.gencat.cat/ca/serveis/cartografia-sig/bases-cartografiques/pesca-maritima-proteccio-litoral/habits-marins/>

Generalitat de Catalunya, (2021). Herbassars o praderies de fanerògames marines. <http://agricultura.gencat.cat/ca/serveis/cartografia-sig/bases-cartografiques/pesca-maritima-proteccio-litoral/herbassars-praderies-fanerogames-marines/>

Generalitat de Catalunya. Espècies exòtiques invasores. Algues. Medi Ambient i Sostenibilitat. https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/especies_exotiques_invasores/lLista-especies/lLista-especies-catalogades/algues/

- Halpern, B. S., Gaines, S. D., Warner, R. R. (2004). Confounding effects of the export of production and the displacement of fishing effort from marine reserves. *Ecological Applications*, 14(4), 1248-1256.
- Hereu, B., Aspillaga, E., Casals, D., Lenfant, P., Ortega, J., Riera, J., Rojo, I., Rovira, G., Sacanell, M., Sargoni, G., Zimmermann, M. (2022). Localización y caracterización de hábitats esenciales de especies bioindicadoras: Identificación de los hábitats de alimentación. Informe técnico proyecto ResMed POCTEFA.
- Levin, S. A. (1992). The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology* 73: 1943–1967
- Ley 12/1985, de 13 de junio, de Espacios Naturales de Protección Especial.
- Ley 21/1983, de 28 de octubre, de declaración de parajes naturales de interés natural y de reservas integrales zoológicas y botánicas "dels aiguamolls de l'Empordà".
- Linares, C., Ortega, J., Rovira, G., Margarit, N., Sanmartí, N., Romero, J., Pérez, M., Gori, A., Hereu, B. (2022). Seguiment de la biodiversitat marina als espais protegits de Catalunya: Zones d'Espacial Conservació. Memòria 2021. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. 110 pp.
- Lloret, J., Leonart, J. (2002). Recruitment dynamics of eight fishery species in the northwest Mediterranean Sea. *Scientia Marina*, 66 (1): 77-82.
- Lu, Y., Yuan, J., Lu, X., Su, C., Zhang, Y., Wang, C., Cao, X., Li, Q., Su, J., Ittekkot, V., Garbutt, R.A., Bush, S., Fletcher, S., Wagey, T., Kachur, A., Sweijid, N. (2018). Major threats of pollution and climate change to global coastal ecosystems and enhanced management for sustainability. *Environmental Pollution*, 239, 670-680.
- Marbà, N., Duarte, C.M. (1994). Growth response of the seagrass *Cymodocea nodosa* to experimental burial and erosion. *Marine Ecology Progress Series* 107, 307–311
- Mascaró, O., Romero, J., Pérez, M. (2014). Seasonal uncoupling of demographic processes in a marine clonal plant. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 142, 23-31
- Mayol, E., Boada, J., Pérez, M., Sanmartí, N., Minguito-Frutos, M., Arthur, R., ..., Romero, J. (2022). Understanding the depth limit of the seagrass *Cymodocea nodosa* as a critical transition: Field and modeling evidence. *Marine Environmental Research*, 182, 105765.
- Melissa consultoria e ingeniería ambiental S.L. DIRECTRICES DE GESTIÓN Y SEGUIMIENTO ZEPa ES0000514 ESPACIO MARINO DE L'EMPORDÀ. Fundación Biodiversidad i Indemares.
- Micheli, F., Halpern, B.S., Walbridge, S., Ciriaco, S., Ferretti, F., Frascchetti, S., Lewison, R., Nykjaer, L., Rosenberg, A.A. (2013). Cumulative human impacts on Mediterranean and Black Sea marine ecosystems: assessing current pressures and opportunities. *PLoS ONE* 8(12):e79889.
- Milazzo, M., Mirto, S., Domenici, P., Gristina, M. (2013). Climate change exacerbates interspecific interactions in sympatric coastal fishes. *Journal of Animal Ecology*, 82(2), 468-477.



- Oliva, S., Romero, J., Pérez, M., Manent, P., Mascaró, O., Serrão, E. A.,... Alberto, F. (2014). Reproductive strategies and isolation-by-demography in a marine clonal plant along an eutrophication gradient. *Molecular ecology*, 23(23), 5698-5711
- Pérez, M., Duarte, C. M., Romero, J., Sand-Jensen, K., Alcoverro, T. (1994). Growth plasticity in *Cymodocea nodosa* stands: the importance of nutrient supply. *Aquatic Botany*, 47(3-4), 249-264
- Pergent G., Pergent-Martini C., C.F. Boudouresque. (1995). Utilisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée: Etat des connaissances. *Mésogée* 54: 3-27
- Pittman, S.J., McAlpine, C., Pittman, K. (2004). Linking fish and prawns to their environment: a hierarchical landscape approach. *Mar Ecol Prog Ser* 283:233–254
- Pons, C. (2007). Estudio del estado de conservación de la fanerógama marina *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson en Menorca. Máster en Gestión Sostenible de Sistemas Costeros y Marinos. Proyecto final. International University Study Center – Universidad de Cádiz
- R Development Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <URL <http://www.R-project.org>>
- Ralph, P. J., Durako, M. J., Enriquez, S., Collier, C. J., Doblin, M. A. (2007). Impact of light limitation on seagrasses. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 350(1-2), 176-193.
- Roberts, K.E., Valkan, R.S., Cook, C.N. (2018). Measuring progress in marine protection: A new set of metrics to evaluate the strength of marine protected area networks. *Biological Conservation*, 219: 20–27.
- Romero, J. (1986). Une méthode d'échantillonnage stratifié pour évaluer la densité des herbiers de *Posidonia oceanica* Rapp. *Com. Int. Mer Médit* 30:2
- Romero, J., Pérez, M., Boada, J., Sanmartí, N., Rovira, G. (2020). Seguiment de les praderies de posidònia i de les poblacions de nacres Seguiment del medi marí al Parc Natural del Cap de Creus i al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Memòria tècnica 2020. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. pp. 105–184
- Romero, J., Pérez, M., Sanmartí, N., Llagostera, I., Dalmau, A. (2012). Estat ecològic de les paderies de *Cymodocea nodosa* a la badia de Pals. Memòria tècnica 2012. Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca. Alimentació i Medi Natural de la Generalitat de Catalunya
- Ruiz, J.M., Marín-Guirao, L., García-Muñoz, G., Ramos-Segura, A., Bernardeau-Esteller, J., Pérez, M., Sanmartí, N., Ontoria, Y., Romero, J., Arthur, R., Alcoverro, T., Procaccini, G. (2018). Experimental evidence of warming-induced flowering in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Pollution Bulletin*, 134: 49-54

- Sacanell, M. (2013). Estudi de les captures i els rendiments amb arts de pesca artesanal en tres zones amb diferent grau de protecció en el Parc Natural Del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter (2010-2011). Parc Natural Del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, 50 pp.
- Sanmartí, N., Ontoria, Y., Ricart, A. M., Arthur, R., Alcoverro, T., Pérez, M., Romero, J. (2022). Exploring coexistence mechanisms in a three-species assemblage. *Marine Environmental Research*, 178, 105647
- Schneider, D.C. 2001. The Rise of the concept of scale in ecology. *Bioscience* 51 (7): 545-554
- Short, F., Coles, RG (eds) (2001). Global seagrass Research methods. *Elsevier Science B.V.*, Amsterdam
- Terrados, J., Grau-Castella, M., Piñol-Santiñà, D., Riera-Fernández, P. (2006). Biomass and primary production of a 8–11 m depth meadow versus < 3 m depth meadows of the seagrass *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson. *Aquatic Botany*, 84(4), 324-332.
- Turner, S. J., Thrush, S. F., Hewitt, J. E., Cummings, V. J., Funnell, G. (1999). Fishing impacts and the degradation or loss of habitat structure. *Fisheries Management and Ecology*, 6(5), 401-420.
- Tuya, F., Martín, Y.A., Luque, A. (2002). Impact of a marina construction on a seagrass bed at Lanzarote (Canary Islands). *Journal of Coastal Conservation*, 8: 157- 162
- Tuya, F., Ribeiro-Leite, L., Arto-Cuesta, N., Coca, J., Haroun, R., Espino, F. (2014). Decadal changes in the structure of *Cymodocea nodosa* seagrass meadows: Natural vs. human influences. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 137, 41-49.
- Waycott M., Duarte C.M., Carruthers T.J.B., Orth R.J., Dennison W.C., et al. (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106: 12377-12381
- Xatrac Associació Mediambiental. (2009). Seguiment de la praderia de *Cymodocea nodosa* localitzada davant la platja de la Pineda, Vilaseca (Tarragona) per al projecte de prolongació del dic trencaones de l'autoritat portuària de Tarragona. Entorn SA
- Zabala, M., Garcia-Rubies, A., Louisy, P., Sala, E. (1997a). Spawning behaviour of the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces: Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Scientia Marina*, 61: 65–77.
- Zabala, M., Louisy, P., Garcia-Rubies, A., Gracia, V. (1997b). Socio-behavioural context of reproduction in the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces: Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Scientia Marina*, 61: 79–89.



ZONA D'ESPECIAL CONSERVACIÓ DE LES COSTES DEL GARRAF

Introducció general de la ZEC de les Costes del Garraf

Codi ZEC: ES5110020

Superfície marina de la regió: 26.473,78 ha

Superfície ZEC: 26.473,78 ha

Superfície ZEPA: 26.473,78 ha

La ZEC de les Costes del Garraf es troba situada davant la comarca que porta el mateix nom, entre Castelldefels i Cunit, arribant a una fondària de 20 metres (Figura 1). Els fons marins d'aquesta zona estan formats principalment de sorra i praderies de *Posidonia oceanica*, i en menor mesura de *Cymodocea nodosa*. Principalment, *P. oceanica* forma hàbitats, que alberguen nombroses espècies de peixos, que alhora serveixen d'aliment a una fauna ornítica molt desenvolupada lligada al Delta del Llobregat (Generalitat de Catalunya, 2015). Entre els impactes més destacables en aquesta ZEC es troben la descàrrega d'aigües subterrànies submarines amb contaminants que es produeixen en aquesta zona i la sobrepesca.

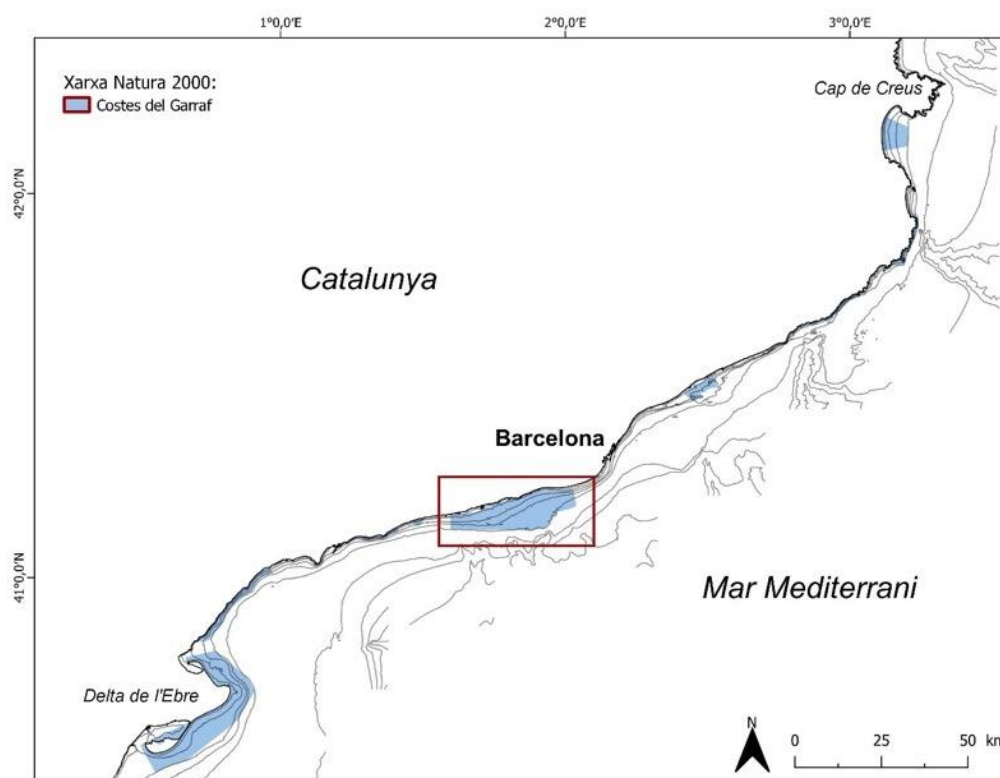






Figura 1. Mapa de les ZECs amb les Costes del Garraf destacada.

A l'informe de l'any 2021, es van proposar els següents punts de mostreig (Taula 1, Figura 2) . Degut a la baixa variabilitat d'hàbitats d'aquest ZEC, per a alguns dels indicadors es van proposar menys punts de mostreig que els indicats pel PLEC.

Taula 1. Punts proposats per al mostreig dels indicadors per a l'avaluació de l'estat de la zona ZEC de les Costes del Garraf.

| Indicador | Llegenda | Nº immersions PLEC | Punts de mostreig proposats |
|----------------------|--|--------------------|--|
| Fanerògames i nacres |  | 4 | Praderia <i>C. nodosa</i> 1 i 2. Praderia <i>P. oceanica</i> 1. Praderia <i>P. oceànica</i> Vilanova <i>P. oceanica</i> Sitges |
| Peixos |  | 4 | Praderia <i>C. nodosa</i> 1 i 2. Praderia <i>P. oceanica</i> 1 <i>P. oceanica</i> Sitges |
| Paisatge |  | 4 | Praderia <i>P. oceanica</i> 2. |
| Prospeccions |  | 1 | Praderia <i>P. oceanica</i> 2. |

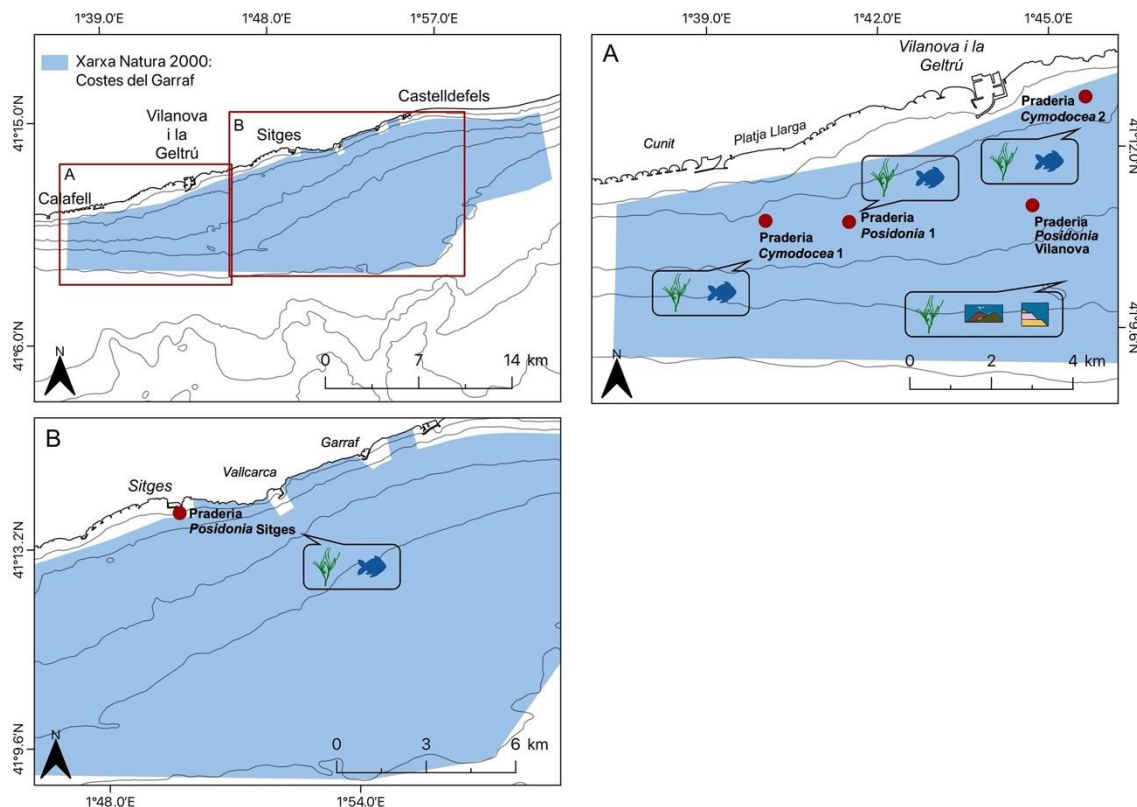


Figura 2. Mapa de les estacions proposades per als propers mostrejos amb els corresponents indicadors de la ZEC de les Costes del Garraf.

Finalment a més de les que es van proposar al informe de l'any passat (Linares *et al.* 2022) s'han afegit, tot i la baixa representativitat d'aquestes comunitats i espècies, els indicadors de les algues i garotes (les 3 estacions previstes en el PLEC, tot i que una està a fora de la ZEC) i el mediolitoral (3 de les 6 estacions previstes en el PLEC) que estaven en la proposta inicial. Respecte al nombre d'estacions de prospeccions i paisatge, finalment s'han realitzat 3 estacions de les 4 indicades per a paisatge segons el PLEC, i 4 prospeccions tot i que el PLEC només n'esmentava 1 per a aquest indicador. A més, s'han realitzat 3 estacions de peixos a la costa, sumat a dues a les praderies de *P. oceanica*, a la de Sitges i a la de Vilanova.

A continuació es presenten els indicadors utilitzats en aquesta ZEC amb una breu introducció per cada un d'ells, la metodologia emprada, els resultats obtinguts, una discussió i unes conclusions d'aquests resultats.



Fanerògames i nacres

- Les praderies de *Posidonia oceanica* de les estacions de Vilanova i Cubelles estan en un estat de conservació satisfactori.
- L'estació de Sitges es considera en un estat de conservació no satisfactori, sobretot pel seu estat de fragmentació, que, molt probablement, prové d'impactes històrics.
- La praderia de Sitges es troba en un procés de millora dels seus indicadors estructurals.

- La praderia de *Cymodocea nodosa* és una praderia molt esclarissada i poc densa. Es fa difícil donar un diagnòstic clar del seu estat de conservació a causa dels resultats ambigus i la falta de dades espacials i temporals. Tot i la seva escassa abundància, no s'observa cap signe clar de degradació.

Introducció

Les fanerògames o angiospermes marines formen un grup de plantes singular, relativament petit (unes 70 espècies a tot el món), que van colonitzar els ambients marins costaners fa uns 100 milions d'anys (den Hartog, 1970). Des d'un punt de vista taxonòmic, són plantes amb fulles, tija, arrels, flors i amb llavors embolcallades per un fruit, semblants a moltes plantes herbàcies terrestres com les gramínies. Les arrels són les que els hi han permès colonitzar els fons de sediment, molt més extensos que els fons rocosos, de manera que les seves praderies poden arribar a ocupar grans superfícies. Presenten una arquitectura clonal, és a dir, creixen vegetativament per l'addició de mòduls morfològica i genèticament idèntics. La reproducció vegetativa és el mecanisme dominant, tot i que també presenten reproducció sexual, amb flors o inflorescències generalment poc vistoses que produeixen fruits i llavors.

Les fanerògames marines, i les praderies que constitueixen, duen a terme funcions ecològiques crucials en les aigües costaneres, algunes de les quals tenen repercussions regionals o fins i tot globals. Destaquem: i) el seu paper com a constructores d'hàbitat, ja que formen un suport físicobiològic que dona protecció o proveeix de substrat a una enorme varietat d'espècies vegetals i animals, ii) la seva funció com reservoris de biodiversitat, funció que es deriva del seu paper de constructores d'hàbitat, però també de la seva producció d'aliment, que nodreix les xarxes tròfiques, iii) els serveis ecològics dels quals són responsables, com ara producció d'oxigen, protecció de platges, filtre natural o embornal de carboni, entre d'altres.

Les praderies de fanerògames marines són molt sensibles a l'acció humana, de manera que hi ha una certa preocupació d'abast mundial pel seu declivi (Waycott *et al.*, 2009), així com una demanda de mesures de protecció que la societat comença a fer seva. Alguns estudis recents semblen mostrar que aquestes mesures comencen a tenir efecte (de los Santos *et al.*, 2019). En general, els mecanismes bàsics pels quals els diferents impactes originats per les activitats humanes poden afectar aquestes praderies es classifiquen en:

- a) Modificacions directes dels recursos o factors primaris que controlen la producció i el creixement, com ara la reducció de la llum incident, l'augment de temperatura (en particular, el derivat de l'escalfament global) o l'augment de la disponibilitat de nutrients (eutrofització).
- b) Modificacions indirectes de la disponibilitat de recursos a través de l'alteració d'altres factors del medi, de les característiques de l'hàbitat o de les interaccions biòtiques (per exemple: augment d'epífits, major incidència d'herbívors i mortalitat d'arrels per manca d'oxigen al sediment, entre d'altres).
- c) Mortalitat per efectes directes sobre les plantes, principalment per impactes mecànics, com ara certs tipus de pesca, ancoratge, obres costaneres...
- d) Bioacumulació i efectes tòxics de contaminants (metalls, detergents, hidrocarburs, etc.) sobre el metabolisme i el creixement de la planta o dels organismes que viuen a la praderia.

Els valors patrimonials associats a les praderies de fanerògames marines, així com els serveis o beneficis que se'n deriven per la societat, fan que el seu seguiment en general i, especialment, en l'àmbit d'espais marins protegits, sigui de gran importància. D'una banda, és cert que als espais marins protegits moltes de les activitats humanes amb impacte negatiu sobre les praderies estan excloses o regulades. Ara bé, això no vol dir que no hi hagi pressions, com poden ser la pressió exercida per la nàutica d'esbarjo (fondejos), i els possibles efectes de l'escalfament global (aspecte no susceptible de regulació, però amb què cal estar atent). Per l'òrgan gestor dels espais protegits és essencial disposar d'informació fiable sobre l'estat d'aquests ecosistemes, tant per determinar i avaluar mesures i actuacions, com per saber l'evolució del patrimoni submarí que tenen sota la seva custòdia.

De les cinc espècies de fanerògames marines existents a la Mediterrània (excloses les pertanyents al gènere *Ruppia*), a Catalunya es coneix la presència de tres: *Posidonia oceanica*, coneguda popularment com a alga de vidriers, *Cymodocea nodosa*, de nom popular algueró o alga de les nimfes, i *Zostera noltii*. Una quarta espècie, *Zostera marina*, havia estat vista, almenys a Portlligat, cala Jonquet (badia de Guillola, cap de Creus) i a la badia dels Alfacs (delta de l'Ebre), si bé és pràcticament segur que ja no es trobi a les costes catalanes. Més concretament, a l'àrea que correspon a la ZEC de les Costes del Garraf trobem *P. oceanica* i *C. nodosa*.

Les praderies de *Posidonia oceanica*

Posidonia oceanica és una espècie endèmica del Mediterrani i està àmpliament distribuïda per tot el litoral català (Figura 1). És una espècie de creixement lent, molt longeva i amb una limitada tolerància a les variacions ambientals (llum, temperatura, salinitat...). Aquestes característiques fan que *P. oceanica* tingui poca capacitat de resposta o recuperació davant diferents pertorbacions. La reproducció sexual és a través de flors hermafrodites que s'agrupen en una inflorescència en forma d'espiga. La floració té lloc, principalment, entre els mesos de setembre i novembre.

A la costa catalana, en zones on la costa és oberta i rectilínia (per exemple la costa del Maresme o la del Tarragonès), les praderies de *P. oceanica* són més aviat profundes, mentre que, en zones on la costa és més retallada i abrupta (per exemple la Costa Brava o el Cap de Creus), les praderies poden arribar a profunditats més somes i fins i tot a la superfície (Portlligat, Cap de Creus). Les praderies de *P. oceanica* a la ZEC de les Costes del Garraf han estat incloses en diferents programes de seguiment ja des de l'any 1997, amb la xarxa de vigilància dels herbeis de *P. oceanica* (Renom i Romero, 2002) i es disposa de força informació històrica sobre el seu estat (Romero *et al.* 2010). Val a dir que, les praderies de *P. oceanica* es troben en l'annex I de la Directiva Hàbitats concretament com l'hàbitat 1120 (Directiva 92/43/CEE, de 21 de maig), que fa referència als hàbitats naturals d'interès comunitari pels quals és necessari designar zones especials de conservació.

Les praderies de *Cymodocea nodosa*

Cymodocea nodosa és una fanerògama marina d'afinitat tropical que viu a la Mediterrània i a les costes Atlàntiques properes (de Mauritània fins al sud de Portugal), i és relativament freqüent a tot el litoral català (Figura 3). És una espècie de creixement ràpid, amb una àmplia tolerància a diferents condicions ambientals i dotada d'una elevada plasticitat morfològica i fisiològica. Aquests atributs fan que sigui una espècie amb una elevada resistència i capacitat de colonització (o recolonització després d'una pertorbació), fins i tot adaptant-se a possibles alteracions ambientals (Pérez *et al.* 1994, Sanmartí *et al.* 2022). *C. nodosa* presenta una forta estacionalitat amb un màxim de creixement al mes de juny i un mínim al gener (Mascaró *et al.* 2009). Es tracta d'una planta dioica que fa flors femenines clarament diferenciades de les masculines. La floració comença a finals de primavera coincidint amb l'augment de la temperatura de l'aigua i l'augment del fotoperíode.

A la costa catalana es troba tant a mar obert, ocupant una franja entre els 8-10 i els 20 metres, com en ambients confinats o semiconfinats molt soms podent arribar fins a molt a prop de la superfície ((badies del delta de l'Ebre, per exemple). De les praderies de *C. nodosa* a la ZEC de les Costes del Garraf no tenim gaire informació, tot i que sabem que es troben força disperses i amb poca densitat al llarg de tot el ZEC (Ballesteros i Fernández, 2004, J. Romero, com.pers.).

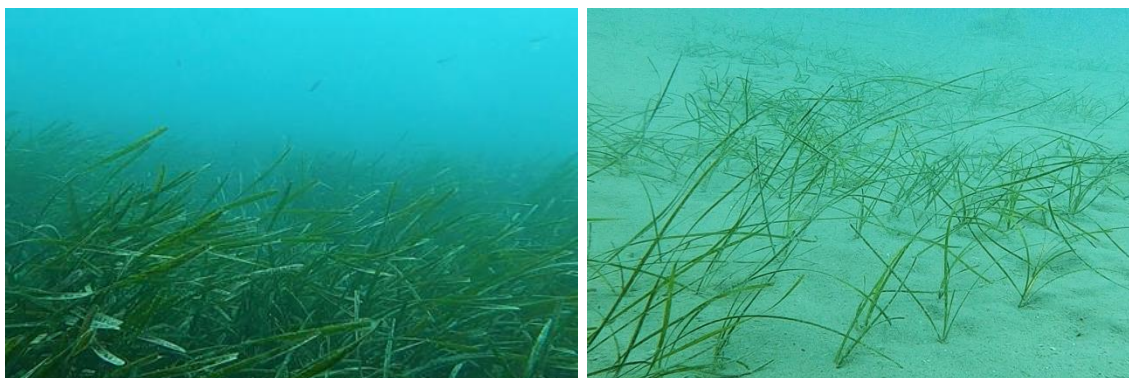


Figura 3. Praderia de *Posidonia oceanica* (estació Vilanova) i *Cymodocea nodosa* de la ZEC de les Costes del Garraf.

L'objectiu del present estudi, és fer una primera aproximació a l'estat de conservació de les praderies de fanerògames marines de *P. oceanica*, i en menor mesura de *C. nodosa*, de la ZEC de les Costes del Garraf i aportar informació contrastada que permeti seguir l'evolució d'aquests ecosistemes en els propers anys.

Material i mètodes

Estacions de mostreig

S'han mostrejat un total de 4 estacions distribuïdes al llarg de les praderies de la ZEC de les Costes del Garraf, 3 d'elles en praderies de *P. oceanica* i l'altra en *C. nodosa* (Taula 2, Figura 4). Dos dels punts mostrejats de *P. oceanica* (Vilanova i Sitges), s'han seleccionat seguint la disponibilitat de dades històriques d'altres estudis realitzats anteriorment en aquestes mateixes estacions (Romero



et al. 2007). L'estació de Cubelles, al no disposar de dades prèvies, s'ha seleccionat a partir de la cartografia disponible a la web de la Generalitat (<https://agricultura.gencat.cat>) i mirant d'abastar, juntament amb Sitges i Vilanova, la màxima representació de *P. oceanica* dins la ZEC de les Costes del Garraf. L'estació mostrejada de *C. nodosa* també ha estat seleccionada a partir de la cartografia disponible de la Generalitat, seleccionant el punt on, *a priori*, sospitàvem que hi hauria més abundància d'aquesta planta.

Les estacions de mostreig estan separades entre 7,4 i 2 km aproximadament, sent la més allunyada de la resta l'estació de Sitges, la situada més al nord. Les estacions de mostreig de *P. oceanica* es troben a profunditats molt homogènies, entre 15,3 i 16,6 m, mentre que l'estació de mostreig de *C. nodosa* és menys profunda, a 12,8 m. En tots els casos s'evita mostrejar als límits de la praderia per evitar l'anomenat "efecte marge", el qual podria afectar les dades obtingudes.

El mostreig es va realitzar en dos dies de campanya, concretament 13 i 14 de juny del 2022, amb un equip de 5 persones, quatre bussejadors i un barquer, i mitjançant busseig amb escafandre autònom.

Taula 2. Estacions mostrejades en el seguiment la les praderies de la ZEC de les Costes del Garraf. Fondària: fondària en metres.

| Espècie | Estació | Data mostreig | Fondària |
|--------------------|-----------|---------------|----------|
| <i>P. oceanica</i> | Sitges | 14/06/2022 | 16,4 |
| <i>P. oceanica</i> | Vilanova | 13/06/2022 | 15,3 |
| <i>P. oceanica</i> | Cubelles | 13/06/2022 | 16,6 |
| <i>C. nodosa</i> | Cymodocea | 14/06/2022 | 12,8 |

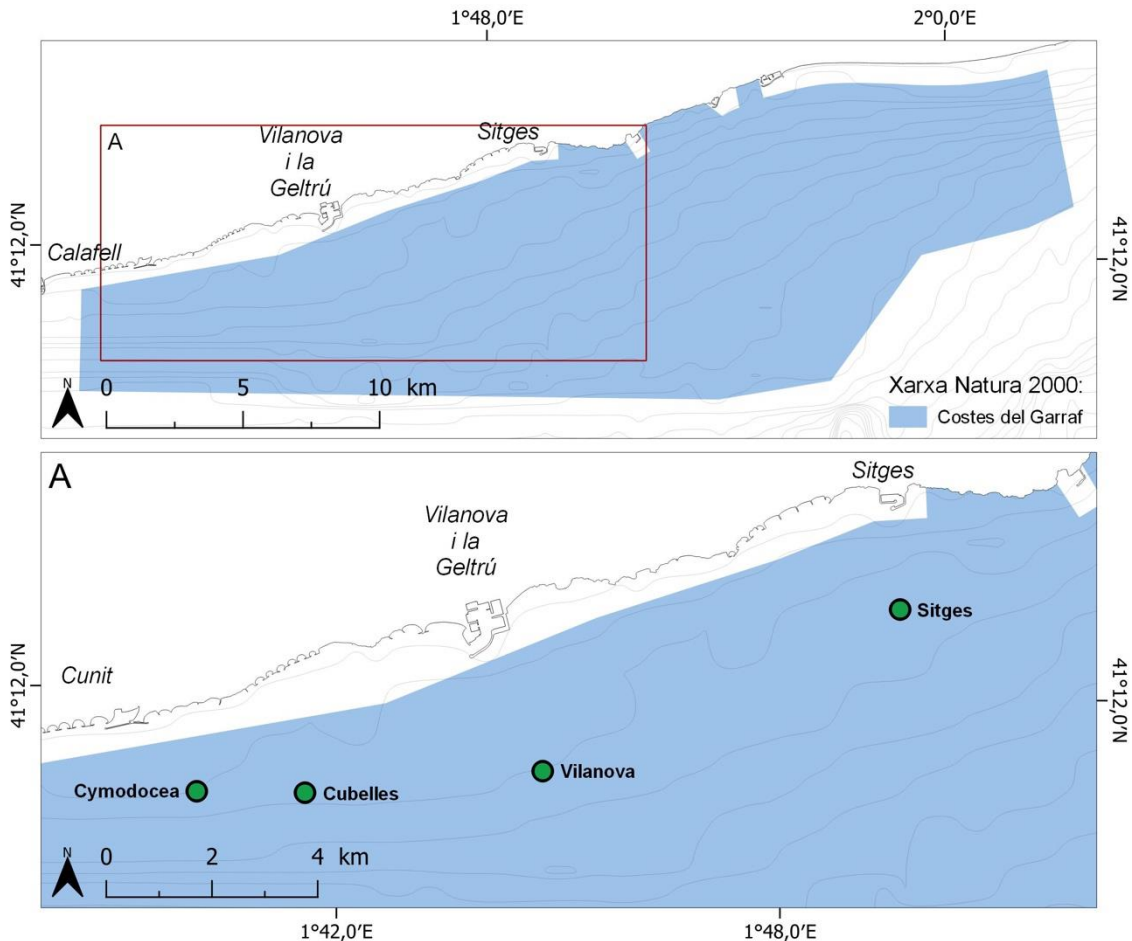


Figura 4. Localització de les estacions de mostreig de les praderies de *P. oceanica* i *C. nodosa* a la ZEC de les Costes del Garraf.

Metodologia de mostreig

El treball s'ha dut a terme en dues fases: presa de dades al camp i elaboració de la informació obtinguda. El mostreig i la presa de dades s'ha realitzat mitjançant dues aproximacions complementàries, una de qualitativa i l'altra quantitativa. En la primera, s'noten diferents observacions més o menys extensives relacionades amb l'aspecte general de la praderia, de la seva comunitat o aspectes relacionats amb possibles perturbacions. La segona consisteix en l'adquisició de dades quantitatives sistemàtiques, en el nostre cas sobre densitat, cobertura i alçada de la volta foliar (només a *C. nodosa*)

Val a dir que el gruix dels esforços d'aquest estudi s'ha centrat en les praderies de *P. oceanica*, ja que són les més extenses en aquesta zona i les que aporten un major valor ecològic. Pel seguiment de les praderies de *P. oceanica*, s'ha utilitzat el mètode utilitzat pels membres de l'equip de treball en el seguiment de les praderies de *P. oceanica* en els Parcs Naturals del Cap de Creus i Montgrí, Medes i Baix Ter (Romero *et al.* 2020), que a la vegada és una simplificació del mètode desenvolupat pels membres de l'equip de treball per diagnosticar l'estat ecològic de les masses d'aigua a partir de variables biològiques d'aquesta espècie i de l'ecosistema que forma (Romero *et al.* 2007). D'aquesta manera la utilització de la mateixa metodologia i les mateixes estacions (Sitges i Vilanova) de mostreig podrà permetre la comparació de resultats i donar-los-hi continuïtat temporal. Pel seguiment de la praderia de *C. nodosa*, s'ha utilitzat una adaptació de diferents



metodologies de mostreig realitzades anteriorment per l'equip en praderies d'aquesta espècie (Romero *et al.* 2012) i per altres (igual que *P. oceanica*) estudis realitzats en praderies amb característiques semblants (Tuya *et al.* 2014). Cal recordar que *C. nodosa* és un BQE (element biològic de qualitat) dins dels programes de seguiment de l'estat de les masses d'aigua a Catalunya, i que per tant existeix una dilatada experiència sobre valoracions del seu estat ecològic (García-González *et al.* 2022).

Aproximació qualitativa

Es fa una descripció general de la praderia d'una zona al voltant de l'estació de mostreig d'uns 500 m². S'anoten diferents observacions relacionades amb l'aspecte general de les praderies com ara la continuïtat de la vegetació, la presència i mida de clapes de sorra o mata i la floració. També s'anoten observacions relacionades amb la comunitat de les praderies com poden ser la presència de macroalgues, epífits, o de la macrofauna sèssil més conspícua que podem trobar. En aquest sentit, destaquen els equinoderms, que, com a herbívors (la garota comuna, *Paracentrotus lividus*) o com a detritívors (les holotúries, *Holothuria* spp.), hi tenen papers ecològics importants. També hi destaquen les poblacions de la nacra *Pinna nobilis*, sobretot en praderies de *P. oceanica*, el bivalve de major mida de les nostres aigües, que, a finals del 2016, va experimentar una mortalitat massiva al Mediterrani i que actualment es troba la pràcticament extingit. La causa d'aquest declivi va ser la infecció per un protozou paràsit (*Haplosporidium pinnae*) (Catanese *et al.* 2018) i, en alguns casos, per un micobacteri (Carella *et al.* 2019). L'interès en conservació d'aquest mol·lusc, com espècie emblemàtica i protegida, la seva vulnerabilitat i la seva associació a les praderies d'angiospermes marines, fan que obtenir informació sobre possibles individus supervivents sigui una oportunitat. Finalment, es realitzen anotacions relacionades amb possibles perturbacions, com ara l'enterrament o desenterrament dels feixos, la presència de feixos arrencats, l'observació d'impactes mecànics (zones mortes), presència de deixalles, etc.

Aproximació quantitativa

Densitat

La densitat és el nombre de feixos per unitat de superfície. Els feixos de *P. oceanica* i *C. nodosa* són agrupacions individualitzades de fulles (de 4 a 8 fulles per feix en *P. oceanica* i de 2 a 5 en *C. nodosa*) que s'uneixen per la base, producte de la ramificació de les tiges (anomenades rizomes en estar parcialment o totalment enterrades). La densitat és una variable bàsica, generalment associat a la vitalitat de la praderia, així com una primera aproximació a altres variables quantitatives ecològicament rellevants (producció, biomassa, etc.).

La densitat de *P. oceanica* s'estima a partir del recompte del nombre de feixos que trobem a l'interior d'un quadrat de 40x40 cm, el qual està dividit en 4 subquadrats de 20x20 cm amb l'objectiu de facilitar el comptatge. En el cas de *C. nodosa*, la densitat s'estima a partir del recompte del nombre de feixos que trobem a l'interior d'un quadrat de 20x20 cm. La superfície del recompte s'ha determinat basant-se en l'experiència de l'equip en altres zones amb densitats semblants (Romero

et al. 2012) i en altres estudis realitzats per altres investigadors (Delgado *et al.* 1997). A diferència de *P. oceanica*, que presenta feixos grans i ben diferenciats, els feixos de *C. nodosa* són molt més petits i, a vegades, difícils de diferenciar i enumerar. Per això la superfície de recompte de feixos és més petita en *C. nodosa* que en *P. oceanica*. A més, tenint en compte que la densitat de *C. nodosa* pot ser força elevada, superfícies més grans de mostreig poden dificultar el recompte i allargar molt el temps de mostreig.

A cada estació de mostreig es fan 10 mesures de densitat, anotant els feixos presents a cada quadrat i, si s'escau, subquadrat. Els 10 quadrats es distribueixen sobre la superfície que constitueix l'estació de mostreig, és a dir, uns 500 m² al voltant del punt marcat per les coordenades i sempre sobre zones amb planta, i per tant amb cobertura no nul·la (Romero, 1986). La distribució dels quadrats és a l'atzar, i per aconseguir-la es neda un cert nombre de cops d'aleta en direccions aleatòries. Pel càlcul de la densitat, es considera que cada quadrat és una rèplica, i per tant el nombre de rèpliques és de 10 per estació de mostreig. La densitat s'expressa en feixos m⁻².

Cobertura

La cobertura és la fracció del substrat recobert per planta, *P. oceanica* o *C. nodosa*, viva, és a dir, el quocient (com a percentatge) entre la superfície total (ocupada per la planta viva i la superfície ocupada per la planta més la no vegetada, habitualment clapas o clarianes de sorra, mata morta en el cas de *P. oceanica*, Romero, 1986). Igual que la densitat, la cobertura és una expressió de l'abundància de la planta, encara que a una altra escala d'observació, i també se la sol relacionar amb l'estructura i vitalitat de l'herbei.

La cobertura de *P. oceanica* s'estima mitjançant transectes de 10 m de longitud, disposats en direccions aleatòries amb origen en un punt situat dins d'un radi no superior a 5 m al voltant del punt que defineix l'estació de mostreig. El transecte es marca amb una cinta mètrica, i a cada metre de la cinta es col·loca un quadrat de 40x40 cm dividit en 4 subquadrats de 20x20 cm. El transecte és recorregut per dos bussejadors, que, de manera independent, estimen visualment la cobertura (en percentatge) en cada subquadrat, de manera que a cada transecte es prenen 10x4 estimacions per duplicat. És important remarcar que la cobertura es refereix al percentatge de substrat recobert per la base dels feixos, i no per les fulles, la llargada de les quals pot variar estacionalment i donar lloc a estimacions errònies. Això vol dir que s'ha de treballar molt a prop del fons per tal d'esbrinar si un substrat està realment cobert o no per la base dels feixos, o bé és substrat no vegetat cobert per les fulles, quan cal, s'ha d'explorar amb les mans per major certesa. És molt important també tenir en compte que les petites clapas (de menys de 100 cm²) no es consideren, és a dir, si dos feixos estan separats per menys de 10 cm, es considera que recobreixen el 100% del substrat. El valor de cobertura resultant s'obté de la següent manera. Primer es calcula la mitjana aritmètica, per a cada quadrat, a partir de les estimes de cada subquadrat. Després es calculen les mitjanes per transecte obtingudes per cadascun dels dos bussejadors, i finalment es calcula la mitjana entre els dos bussejadors per obtenir un valor únic per transecte. El valor per l'estació s'obté de la mitjana dels tres transectes. Cada transecte és, per tant, una rèplica, i el nombre final de rèpliques és de 3 per estació de mostreig o subestació. Aquesta mida mostral pot semblar petita, però cal recordar que el valor de cada rèplica s'obté de la mitjana de 80 observacions.

La cobertura de *C. nodosa* s'estima mitjançant transsectes de 10 m de longitud, disposats en direccions aleatòries amb origen en un punt situat dins d'un radi no superior a 5 metres al voltant del punt que defineix l'estació de mostreig. El transsecte es marca amb una cinta mètrica, i a cada metre de la cinta es col·loca un quadrat de 50x50 cm. De cada quadrat es fa una fotografia que s'analitza digitalment al laboratori. A cada estació es realitzen 3 transsectes. Amb el mètode fotogràfic, i a diferència del mètode utilitzat amb *P. oceanica*, la cobertura s'estableix amb el percentatge de substrat recobert per planta, o sigui, feixos i fulles. Cada fotografia obtinguda al camp és processada i analitzada amb un programa especialitzat en l'anàlisi d'imatge (photoQuad, versió 1.4). A cada imatge amb el quadrat de mostreig de 50x50 cm, se sobreposa una quadrícula amb 25 subquadrats (Figura 5). Es compten aquells subquadrats on hi hagi presència de planta (n) i es calcula el valor de cobertura resultant en percentatge com a $100 \cdot n / 25$. Es calcula la mitjana de cobertura de cada transsecte, i el valor per estació s'obté de la mitjana dels tres transsectes. Cada transsecte és, per tant, una rèplica, i el nombre final de rèpliques és de 3 per estació de mostreig.

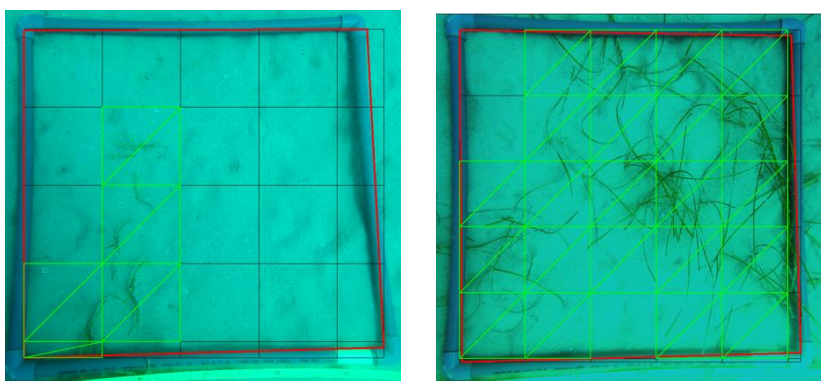


Figura 5. Exemple de dues fotografies analitzades amb photoQuad (v1.4) d'un quadrat de mostreig de 50x50 cm dividit en 25 subquadrats. Els subquadrats seleccionats en verd són els que tenen presència de planta, i, per tant, les cobertures resultants són 22,5% (esquerra) i 85% (dreta).

Alçada de la volta foliar (només C. nodosa)

L'alçada de la volta foliar és una variable que es considera relacionada amb el bon estat fisiològic de la planta (Delgado *et al.* 1997, Tuya *et al.* 2002). Aquesta variable s'ha de prendre amb precaució, ja que si bé s'ha vist que certes pertorbacions la fan disminuir (Sanmartí *et al.* 2022), no està tan clar amb d'altres. En particular, un nivell moderat d'eutrofització pot fer incrementar l'alçada de la volta foliar i la biomassa foliar. En qualsevol cas, la seva estimació es fa agafant un grapat de feixos amb la mà, estenent-los al màxim amb precaució, i anotant la distància que va des del sediment fins a l'alçada màxima descartant aproximadament el 20% més alt de les fulles (Short i Coles, 2001).

Es realitza una mesura de l'alçada de volta foliar a l'interior cada quadrat de 20x20 cm utilitzat per mesurar la densitat (vegeu l'apartat 'Densitat'), i per tant a cada estació de mostreig es fan 10 mesures (rèpliques). L'alçada s'expressa en cm.

Anàlisi de dades

S'ha analitzat la significació de les diferències de les variables de densitat i cobertura entre les tres praderies de *P. oceanica* estudiades. La densitat i la cobertura s'han analitzat amb una anàlisi de la variància considerant 'estació' com a variable independent i 'densitat' o 'cobertura' com a dependent. Per avaluar les possibles tendències temporals de la densitat i cobertura hem utilitzat models lineals considerant l'any com a variable contínua (2005 a 2022). En cas de que els resultats de les anàlisis resultin significatius, s'aplica un test *pos-hoc* per esbrinar entre quins anys apareixien les diferències.

Per totes les variables s'ha testat la seva normalitat i homoscedasticitat mitjançant inspecció visual dels residus (representacions dels residus amb els valors ajustats i complets). El llindar de significació de tots els tests estadístics s'ha establert a $p=0,05$. Tots els càlculs estadístics han estat fets amb el programari lliure "R" (R Core Team, 2022). La presentació dels resultats estadístics s'ha reduït al mínim en la redacció d'aquest informe per facilitar-ne la lectura.

Resultats

Aproximació qualitativa

Les estacions de mostreig de les praderies de *P. oceanica* són força diferents entre sí, sobretot l'estació de Sitges en comparació amb les altres dos.

A l'estació Sitges, trobem una praderia que es troba totalment fragmentada (Figura 6a), amb taques de posidònia entre petites ($<1 \text{ m}^2$) i mitjanes ($1-5 \text{ m}^2$) i sobre un sediment constituït per sorres fines (que es resuspenen fàcilment amb el corrent), i mata morta, sovint amb molta abundància d'algues, principalment dictiotals. Les fulles estan cobertes per abundants epífits, com ara hidrozous, i sobre els rizomes verticals, en alguns casos, apareixen algues coral·linàcies. La visibilitat en aquesta estació, el dia de la visita, va ser força baixa. No s'ha observat macrofauna conspícua, com poden ser garotes i holotúries. Aquesta estació presenta símptomes evidents de degradació (elevada fragmentació, elevat nombre d'epífits).

A l'estació de Vilanova, trobem una praderia contínua amb algunes clarianes de sorra mitjanes ($1-5 \text{ m}^2$) sobre un sediment principalment sorrenc. La praderia presenta un aspecte saludable (Figura 6b). S'observa molta abundància de briozous (*Pentapora fascialis*) d'uns 15 cm d'amplada i algunes algues vermelles esciòfil·les (*Peyssonnelia* spp.) a la base dels feixos.

La praderia de l'estació de Cubelles és una praderia força contínua amb clarianes de sorra mitjanes ($1-5 \text{ m}^2$). Destaquem la fragilitat d'alguns feixos i facilitat en què es desprenien dels rizomes verticals amb un lleuger contacte. En aquest sentit, i en alguns zones, es van observar abundants feixos solts i o agrupacions de 2-3 feixos amb el seu rizoma. Pel que fa a la macrofauna, s'han observat briozous (*Pentapora fascialis*) d'uns 10 cm d'amplada a la base dels feixos amb poca abundància, i holotúries (*Holothuria* spp.) també poc abundants. A diferència de les praderies de Sitges i Vilanova, en aquesta estació s'han observat abundants deixalles, com restes

indiferenciades de plàstics de mida petita (5-25 cm) i un xarxa embolicada sobre sí mateixa en una clariana de sorra.

Per altra banda, l'estació de mostreig de *C. nodosa* es caracteritza per l'escassa presència de planta sobre un fons sorrenc, on es poden apreciar clarament els rizomes horitzontals de creixement (*runners*) formant una xarxa de rizomes molt dispersa que es van entrecreuant (Figura 6c). Els rizomes es troben poc enterrats. Les fulles, són força curtes i amb poca abundància d'epífits. No s'han observat garotes ni holotúries a la praderia.

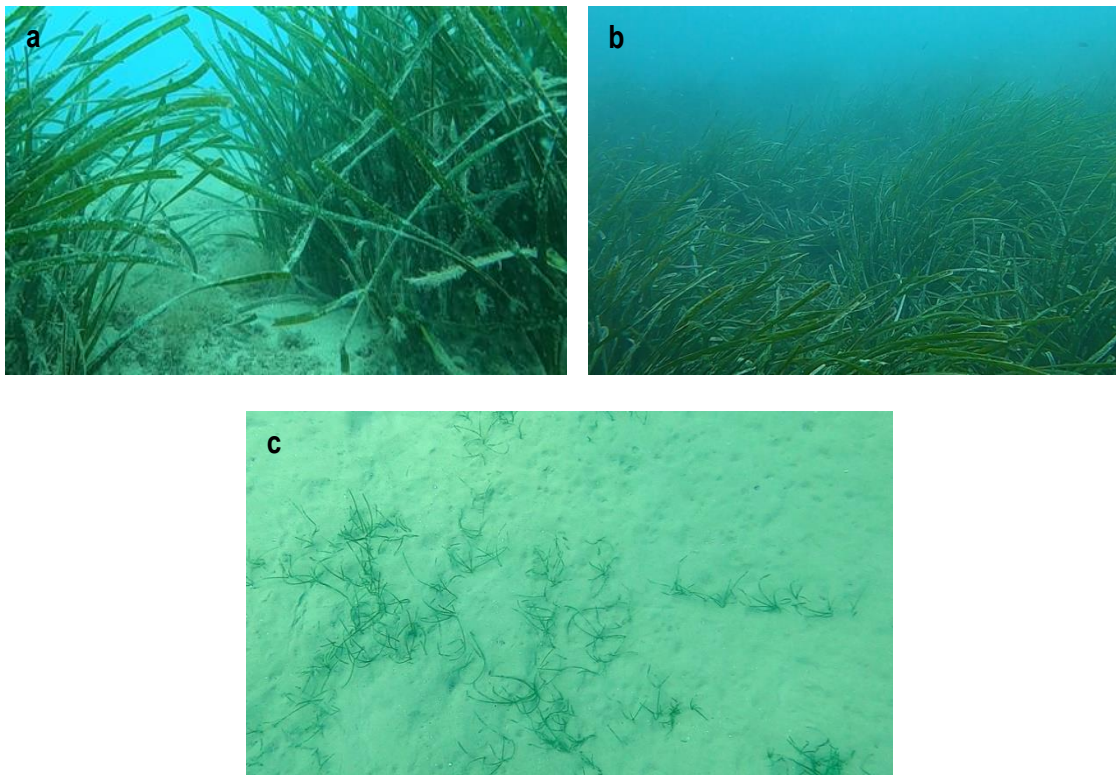


Figura 6. Imatges de les praderies de *P. oceanica* i *C. nodosa* en les diferents estacions de mostreig de la ZEC de les Costes del Garraf. a) Sitges, b) Vilanova, c) *Cymodocea*.

Aproximació quantitativa

Densitat

Els valors de densitat de *P. oceanica* obtinguts en les praderies de Sitges, Vilanova i Cubelles, oscil·len entre 215 i 331 m⁻². El valor de densitat més gran es troba a l'estació Vilanova (331 ± 14 feixos m⁻²) i mostra diferències significatives amb el valor, bastant més petit, obtingut a Sitges (255 ± 18 feixos m⁻²) (Taula 2, Figura 5). La densitat de la praderia de *C. nodosa* és de 215 ± 22 feixos m⁻² (Taula 2, Figura 7).

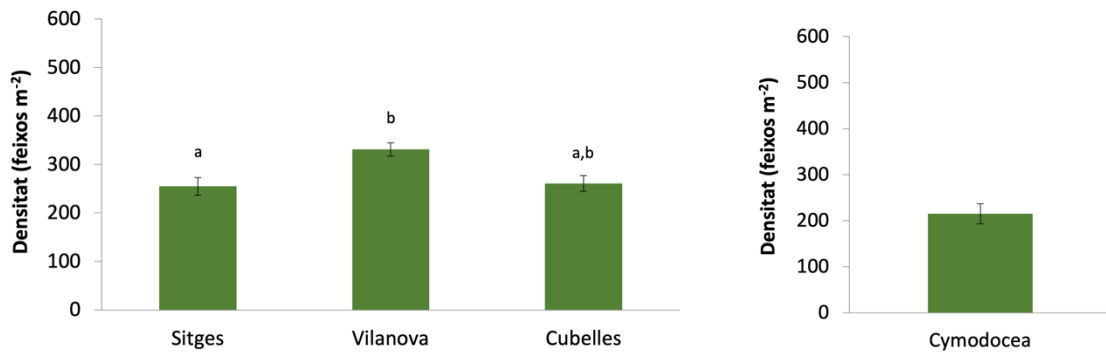


Figura 7. Densitat (en feixos m⁻²) de *P. oceanica* i *C. nodosa* en les diferents estacions mostrejades de la ZEC de les Costes del Garraf. Les barres indiquen l'error estàndard.

Cobertura

El valor de cobertura més gran s'observa a la praderia de Cubelles (52 ± 5 %), mentre que el més petit a la praderia de Sitges (30 ± 3 %), valor significativament diferent als trobats en les altres dues estacions (Taula 2, Figura 6). El valor de cobertura de la praderia de *C. nodosa* és de 29 ± 11 % (Taula 2, Figura 8).

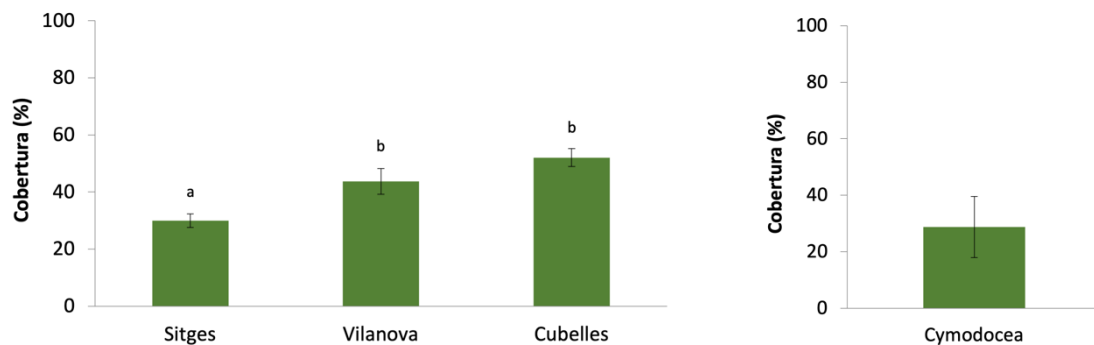


Figura 8. Cobertura (en %) de les diferents estacions mostrejades de la praderia de la ZEC de les Costes del Garraf. Les barres indiquen l'error estàndard.

Alçada de la volta foliar

L'alçada de la volta foliar mesurada a la praderia de *C. nodosa* presenta un valor promig de 19 ± 1 cm (Taula 3).



Taula 3. Valors de les principals variables estudiades a les estacions de les praderies de la ZEC de les Costes del Garraf. Es presenten la mitjana (\bar{y}) i l'error estàndard (ES).

| Subestació | Densitat (feixos/ m ²) | | Cobertura (%) | | Volta foliar (cm) | |
|------------|------------------------------------|------|---------------|------|-------------------|-----|
| | \bar{y} | ES | \bar{y} | ES | \bar{y} | ES |
| Sitges | 255 | 12,2 | 30 | 3,1 | - | - |
| Vilanova | 331 | 13,9 | 44 | 2,4 | - | - |
| Cubelles | 260 | 16,3 | 52 | 4,5 | - | - |
| Cymodocea | 215 | 21,8 | 29 | 20,8 | 19 | 1,2 |

Discussió

L'objectiu final d'aquest estudi era fer una aproximació de l'estat de conservació de les praderies de *Posidonia oceanica* i *Cymodocea nodosa* de la ZEC de les Costes del Garraf, tot establint un estat "zero" per valorar, en un futur, possibles canvis al llarg del temps. Els resultats de la campanya duta a terme el 2022, mostren, en general, que les praderies de *P. oceanica* estan en un estat de conservació satisfactori, a excepció de Sitges, que presenta símptomes clars de degradació. Pel que fa a la praderia de *C. nodosa*, no hem pogut valorar el seu estat per la falta de resultats concloents donada la seva escassa presència.

Aspectes metodològics

En conjunt, la realització de les campanyes i les dades obtingudes han mostrat que el disseny emprat en aquest estudi és adequat. En funció dels recursos (temps i esforç) disponibles, es considera que la selecció de les estacions de mostreig de *P. oceanica* és adequada, i el seu nombre suficient per proporcionar una visió global les praderies d'aquesta ZEC. Les variables utilitzades en la praderia de *P. oceanica* (densitat i cobertura), són els més utilitzades, tant a altres treballs semblants del nostre equip (Romero *et al.* 2020) com a la bibliografia (Pergent *et al.* 1995, Boudouresque *et al.* 2006), juntament amb la cinètica del límit inferior (no analitzada en aquest estudi). Potser un aspecte que es podria plantejar de cara a futurs mostrejos és complementar la informació d'aquestes dues variables amb mesures d'enterrament dels feixos que, tot i que encara que no s'ha determinat una clara relació amb possibles impactes humans, pot aportar informació sobre la vulnerabilitat dels herbeis a pertorbacions mecàniques, com ara el fondeig o temporals (Francour *et al.* 1999). Pel que fa a les variables utilitzades en la praderia de *C. nodosa* (densitat, cobertura i alçada de la volta foliar), també es consideren adequades, ja que són algunes de les més utilitzades en la bibliografia en praderies de *C. nodosa* (Tuya *et al.* 2014) i en treballs semblants del nostre equip (Romero *et al.* 2012).

Un aspecte important de la metodologia de mostreig és definir molt bé els protocols de mesura de les diferents variables per tal que les dades, si es van prenent al llarg del temps, siguin comparables, independentment de l'equip de treball. El nombre de rèpliques utilitzades en totes les variables sembla apropiada ja que els errors estàndards obtinguts en cap cas superen el 20% recomanat (Pergent *et al.* 1995), amb només una excepció, la cobertura de *C. nodosa*. En aquest sentit, un aspecte que es pot arribar a plantejar de cara a futurs mostrejos, és incrementar el

nombre de rèpliques d'aqueta variable, tot i que l'escassa presència d'aquesta pot fer que aquest paràmetre sempre sigui molt variable.

Pel que fa a l'aproximació qualitativa, tant pel que fa a *P. oceanica* com a *C. nodosa*, es considera apropiat el conjunt de dades que es prenen, ja que aporten informació complementària important que no queda reflectida en les variables quantitatives, com pot ser informació relacionada amb la comunitat, amb la macroestructura i amb els possibles impactes en la praderia. Potser, en un futur, igual que a *P. oceanica*, es pot considerar fer les mesures d'enterrament de manera més sistemàtica i estandarditzada, i incorporar-les, per tant, a les mesures quantitatives per poder fer un seguiment més precís al llarg del temps.

És important recordar que, per realitzar estudis de seguiment de praderies de fanerògames marines, s'hauran de fer els mostresos sempre en la mateixa època de l'any perquè siguin comparables. Això no és tan important a *P. oceanica*, però ho és molt a *C. nodosa*, ja que la densitat a l'estiu pot duplicar o més la densitat a l'hivern, i les fulles són també més llargues a l'estiu (Mascaró *et al.* 2014), fet que influeix també sobre la cobertura.

Valoració de l'estat actual de les praderies de *P. oceanica* i *C. nodosa*

Per avaluar l'estat actual de conservació de les praderies de *P. oceanica* i *C. nodosa* de la ZEC de les Costes del Garraf, s'han avaluat els resultats obtinguts tant de l'aproximació qualitativa com quantitativa.

Posidonia oceanica

Pel que fa a les observacions qualitatives de les praderies de *P. oceanica*, destaquem el mal estat aparent de la praderia de Sitges, com es conclou de la seva elevada fragmentació i la presència d'abundant mata morta. La praderia que presenta més bon estat és la que es troba davant de Vilanova, amb una estructura contínua i una aparença típica de les praderies de profunditat (15-17 m) saludables. Finalment, de la praderia de Cubelles, tot i ser una praderia força contínua i aparentment saludable, destaquem la fragilitat dels feixos i l'abundància dels feixos arrencats, formant o no agrupacions de 2-3 feixos amb el seu rizoma horitzontal.

La valoració quantitativa de l'estat de les praderies de *P. oceanica* de la ZEC de les Costes del Garraf es fa seguint el mateix procediment establert en el Seguiment de *P. oceanica* als Parcs Naturals del Cap de Creus i Montgrí, Medes i Baix Ter (Romero *et al.* 2020). En primer lloc, i seguint diverses metodologies (Taula A2) i criteris, s'obtenen uns valors de referència (valors que s'esperarien obtenir en praderies en estat de conservació satisfactori. En segon lloc, es contrasten els resultats i s'arriba a una proposta d'interval de valors raonable. Aquest criteri s'ha de prendre amb precaució ja que la seva aplicació pot portar certs problemes relacionats amb la forta variabilitat natural d'aquests dues variables, associada a factors que van de l'escala local (com ara la fondària o el tipus de sediment) a l'escala regional (per exemple, la transparència de l'aigua o la temperatura).

Dels resultats obtinguts d'aplicar els procediments descrits (Taula 4, Taula A2), es proposen uns valors de densitats de referència, a una profunditat de 15 m, d'entre 250 i 400 feixos m⁻², i uns valors de referència per a les cobertures d'entre 25 i 40 %. S'ha de tenir en compte que aquestes referències no procedeixen d'un mètode de càlcul rigorós, sinó que han estat extretes dels valors

de la taula mitjançant un criteri expert. Amb això, podem acceptar que les praderies amb valors dins de l'interval estan en condicions satisfactòries. Estarien, per tant, en condicions no satisfactòries les praderies amb valors per sota als valors mínims de l'interval.

Taula 4. Valors de referència de densitat (feixos m⁻²) i cobertura (%) segons els diferents autors i procediments emprats, i proposta pel present estudi.

| Procediment | Densitat | Cobertura |
|---|----------------|--------------|
| Pergent <i>et al.</i> (1995) | 358 | - |
| Directiva Marc de l'Aigua (Romero <i>et al.</i> 2010) | 280 | 37 |
| Submon (2013) | 264 | - |
| Sèrie històrica illes Medes (Romero <i>et al.</i> 2012) | 269 | 26 |
| Seguiments 2014-2020 | 311 | 41 |
| Mitjana ZEC Garraf | 282 | 42 |
| Proposta interval | 250-400 | 25-40 |

A la ZEC de les Costes del Garraf, les tres estacions visitades presenten valors de densitat dins dels valors de referència, malgrat que les estacions de Sitges i Cubelles estan a tocar el límit inferior de l'interval (Taula 8, Figura 9). Pel que fa a la cobertura, Sitges es troba dins els valors de referència mentre que les estacions de Vilanova i Cubelles presenten valors per sobre l'interval.

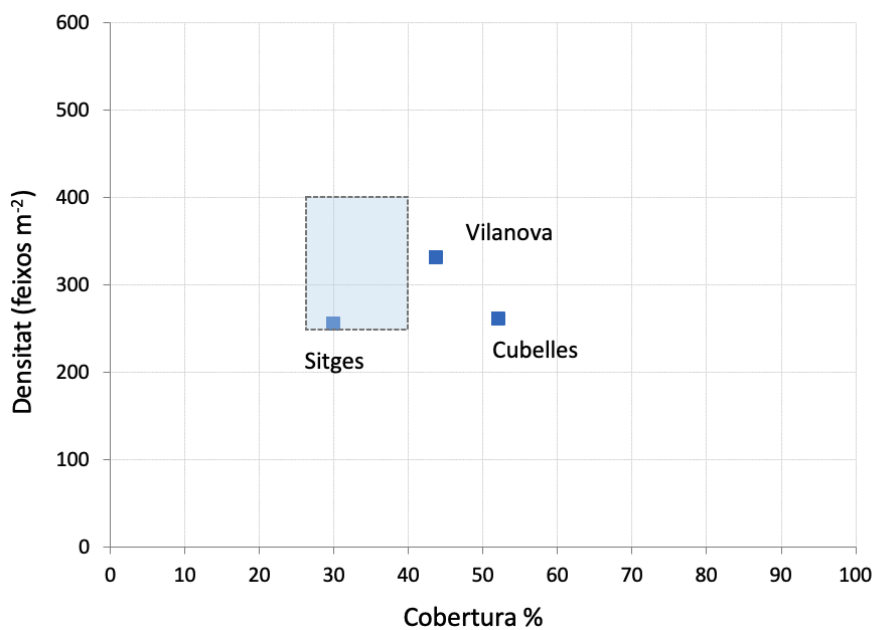


Figura 9. Representació conjunta dels valors de densitat (eix vertical) i dels de cobertura (eix horitzontal), per a les estacions de *P. oceanica* de la ZEC de les Costes del Garraf. S'ha representat també els valors de referència, en forma d'interval, que correspon al quadre dibuixat en traç discontinu i ombrejat.

A més de la diagnosi de l'estat actual de les praderies de la ZEC de les Costes del Garraf, per les estacions de Sitges i Vilanova s'ha fet una diagnosi en el temps dels valors de densitat i cobertura amb dades obtingudes pel nostre equip en la xarxa de control de *P. oceanica* com a bioindicadora de la qualitat de l'aigua (del 2005 al 2010) (Romero *et al.* 2010). Això ens ha permès veure l'evolució de les dues variables al llarg de 17 anys (des del 2005 fins a l'actualitat) i confirmar la tendència positiva que ja s'intuïa els últims anys de mostrejos de la xarxa de control (Figura 10). Tant la densitat com la cobertura de les estacions mostren tendències significatives a augmentar, a excepció de la cobertura de Vilanova. En el cas de Sitges, s'ha vist un increment del 81% en la densitat i de gairebé el 400% en la cobertura, mentre que els valors de densitat de Vilanova han incrementat un 70%. Aquests increments són probablement, com a resultat de la millora de la qualitat de l'aigua d'aquesta zona que, històricament, havia estat molt dolenta degut a la contaminació procedent de la proximitat de diverses indústries i de l'àrea metropolitana de Barcelona, la pesca de ròssec i possiblement, les extraccions de sorra per a la regeneració de platges de zones properes. Això pot explicar que l'estació de Sitges, una de les més degradades de la costa catalana (Romero *et al.* 2010), actualment presenti uns valors de densitat (al límit del rang) i cobertura dins del rang de referència.

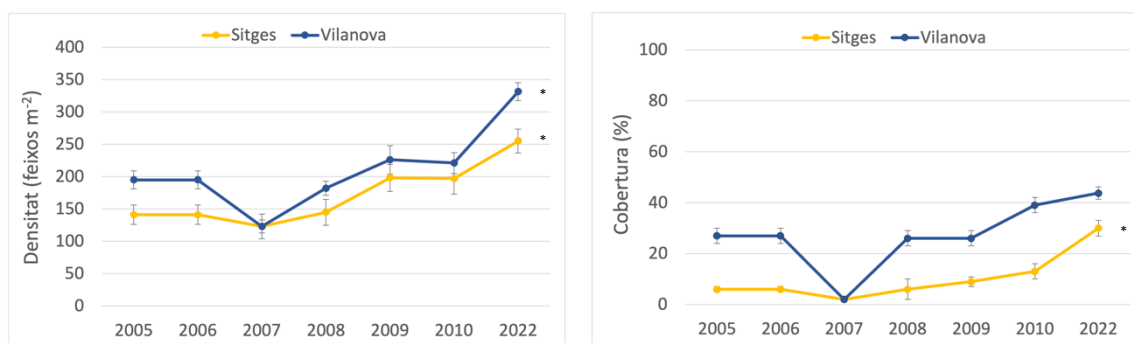


Figura 10. Evolució de la densitat (en feixos m⁻²) i la cobertura (%) de les estacions de Sitges i Vilanova de la ZEC de les Costes del Garraf des de l'any 2005 fins el 2022. Les barres indiquen l'error estàndard. L'asterisc indica que hi ha canvis significatius.

En resum, de les tres estacions estudiades, considerem que Vilanova i Cubelles presenten un estat de conservació satisfactori, mentre que Sitges presenta un estat de conservació no satisfactori (tot i que com hem dit amb una tendència positiva cap a la recuperació). La valoració no satisfactòria es basa en el fet de què, si bé les variables quantitatives (especialment la densitat) estan vora els límits de referència, la praderia es troba molt fragmentada i amb molta mata morta, fet que suggereix un elevat potencial, sota condicions ecològiques adequades, per guanyar continuïtat i cobertura. Cal tenir present, no obstant, que la situació actual és, molt probablement, el resultat d'una acumulació històrica d'impactes a la què aquesta praderia ha estat sotmesa, combinada amb una molt lenta capacitat de recuperació. És a dir, la diagnosi de no satisfactori, és molt probablement deguda a impactes del passat que ja han desaparegut o s'han esmorteït. Aquesta afirmació és coherent amb el fet que la densitat i la cobertura s'han anat recuperant des de 2005, com també ho han fet altres variables o indicadors fisiològics, segons els treballs de Roca *et al.* (2016). Pel que fa a la praderia de l'estació Cubelles, tot i estar valorada satisfactòriament, considerem que cal fer tenir en compte alguns factors que la fan més vulnerable davant diferents



pertorbacions com pot ser la fragilitat dels feixos. Altres motius de preocupació són la presència de molts feixos arrencats in d'abundants deixalles.

Cymodocea nodosa

Pel que fa a les valoracions qualitatives de la praderia de *C. nodosa* estudiada, val a dir que, tot i ser una praderia molt esclarissada, no presenta cap símptoma de degradació i semblaria més aviat que és el tipus de praderia que podem trobar en aquesta zona (Ballesteros i Fernández, 2004).

En relació a les valoracions quantitatives, cal dir que hem obtingut uns valors propers, en general, als que s'esperarien obtenir en praderies en estat de conservació satisfactori, sota les mateixes condicions ambientals. Com en el cas de *P. oceanica*, aquests valors de referència s'obtenen recopilant diferents valors obtinguts de varis estudis duts a terme en praderies de *C. nodosa* a profunditats semblants, tant a Catalunya com a altres zones del Mediterrani (Taula A2). A partir d'aquests valors, es proposa un interval de raonable, per a la densitat d'entre 350 i 500 feixos m⁻² per a la cobertura d'entre el 50 i 70% i per a l'alçada de la volta foliar entre 15 i 25 cm (Taula 5). Podem acceptar que els valors que es trobin dins o per sobre dels intervals proposats estan en condicions satisfactòries, mentre que els que estiguin per sota estarien en condicions no satisfactòries.

Ara bé, i de nou com hem comentat per *P. oceanica*, cal remarcar que aquest criteri s'ha de prendre amb molta precaució per diverses raons. Per una banda, és probable que existeixi una variabilitat natural dels valors, atribuïble a aspectes no controlables, tant locals (com ara el tipus de sediment o la profunditat) com regionals (com ara la transparència de l'aigua o la temperatura). Per altra banda, s'ha de tenir en compte que aquestes referències no procedeixen d'un mètode de càlcul rigorós, sinó que han estat proposades a partir de les dades obtingudes de diferents estudis i analitzades amb un criteri expert. Finalment, malgrat que la disponibilitat d'informació a la literatura científica sobre les diferents variables de *C. nodosa* és bastant àmplia (pel que fa a la densitat, molt menys pel que fa a la cobertura i a la volta foliar), moltes d'aquestes dades provenen de praderies somes (0,3-5 m) i, per tant, no són comparables amb les praderies profundes, com la d'aquests estudi.

Els valors de densitat (215 ± 22 feixos m⁻²) i cobertura ($28,7 \pm 11$ %) de la praderia de *C. nodosa* es troben per sota de l'interval, mentre que els valors de l'alçada de la volta foliar ($18,5 \pm 1$ %), estan dins de l'interval de valors proposats (Taula 5, Figura A1).

Taula 5. Valors de referència de densitat (feixos m⁻²), cobertura (%) i alçada de la volta foliar (cm) segons els diferents estudis realitzats al Mediterrani i proposta pel present projecte.

| Procediment | Densitat | Cobertura | Alçada volta foliar |
|------------------------------------|----------------|--------------|---------------------|
| Mitjana altres estudis Mediterrani | 485 | 60 | 24 |
| Mitjana ZEC Garraf | 215 | 30 | 19 |
| Proposta interval | 350-500 | 50-70 | 15-25 |

En resum, i pel que fa a la praderia de *C. nodosa* de la ZEC de les Costes del Garraf, els resultats són una mica ambigus. D'una banda, la densitat i cobertura es troben per sota dels valors de referència, però, de l'altra, no hem observat cap símptoma macroscòpic de degradació, ni s'aprecien impactes de pressions ni antropogèniques ni naturals. A això s'afegeix la manca de dades, en general, sobre praderies de *C. nodosa* profundes, i el fet de tenir només una estació de mostreig i cap referència temporal. En aquesta situació és difícil donar un diagnòstic sobre l'estat de conservació, i sembla prudent esperar a futures visites per analitzar les tendències en aquesta praderia. Cal tenir en compte, però, que aquest tipus de praderia poc densa pot ser més vulnerable a possibles perturbacions, ja que la seva estructura laxa i dispersa pot no ser suficient per a desenvolupar els processos de retroalimentació o *feedback* (Maxwell *et al.* 2016, Mayol *et al.* 2022) que ajuden a garantir la seva supervivència.

Conclusions

Les praderies de *P. oceanica* de les estacions Vilanova i Cubelles estan en un estat de conservació satisfactori.

L'estació de Sitges es considera en un estat de conservació no satisfactori, sobretot pel seu estat de fragmentació. Aquest estat no satisfactori prové, molt probablement, d'impactes històrics.

La praderia de Sitges es troba en un procés de millora dels seus indicadors.

Es fa difícil donar un diagnòstic clar de l'estat de conservació de la praderia de *C. nodosa* a causa dels resultats ambigus i la falta de dades espacials i temporals. Tot i la seva escassa abundància, no s'observa cap signe clar de degradació.

Annex

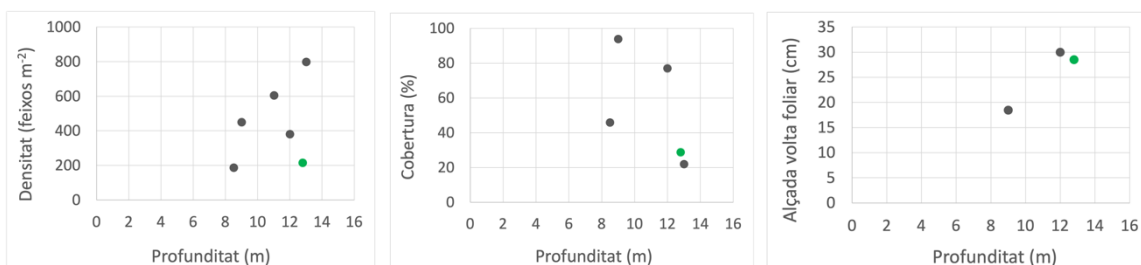


Figura A1. Densitat (dreta), cobertura (mig) i alçada de la volta foliar (esquerra) de *C. nodosa* de diferents estudis obtinguts de la bibliografia a fondàries entre 8 i 13 m. Dades obtingudes de la mitjana de la densitat i profunditat de cada localitat analitzada (Taula 3). Els punts verds corresponen als valors de la praderia de la ZEC de les Costes del Garraf.



Taula A1. Resultats de les anàlisis estadístiques realitzades. L'estació es considera la variable independent, i la densitat i la cobertura, les variables dependents. df: graus de llibertat, SS: suma de quadrats, F: estadístic F. (*) L'asterisc indica un efecte significatiu del factor estació ($p < 0,05$).

| Variable | df | SS | F | p-valor |
|------------------|----|-------|------|---------|
| Densitat | 2 | 36112 | 6,9 | 0,004 * |
| <i>Residuals</i> | 27 | 71082 | | |
| Cobertura | 2 | 872 | 14,1 | 0,004 * |
| <i>Residuals</i> | 7 | 216 | | |

Taula A2. Resultats de les anàlisis estadístiques de l'evolució temporal de la densitat i cobertura de *P. oceanica* de les estacions Sitges i Vilanova. El temps es considera la variable independent, i la densitat i cobertura, les variables dependents. df: graus de llibertat, SS: suma de quadrats, MS: quadrats mitjans, F: estadístic F. (*) L'asterisc indica un efecte significatiu del factor estació ($p < 0,05$). (1) El superíndex indica que les dades han estat transformades logarítmicament per complir les assumpcions de normalitat del test.

| Estació | Variable | df | SS | MS | F | p-valor |
|----------|------------------------|----|-------|-------|-------|---------|
| Sitges | Densitat | 1 | 10609 | 10609 | 20,16 | 0,006 * |
| | <i>Residuals</i> | 5 | 2631 | 526,2 | | |
| | Cobertura ¹ | 1 | 2,66 | 2,65 | 8,9 | 0,03* |
| | <i>Residuals</i> | 5 | 1,49 | 0,3 | | |
| Vilanova | Densitat | 1 | 18053 | 18053 | 15,65 | 0,01 * |
| | <i>Residuals</i> | 5 | 5766 | 1153 | | |
| | Cobertura | 1 | 405 | 405 | 3,09 | 0,13 |
| | <i>Residuals</i> | 5 | 655 | 131 | | |

Taula A3. Descripció dels diferents procediments utilitzats per a l'obtenció dels valors de referència de densitat i cobertura de *P. oceanica*.

| Procediment | Descripció |
|--|--|
| Pergent <i>et al.</i> (1995) | Aquests autors es basen en un recull ampli de dades de gran abast geogràfic (el conjunt de la Mediterrània), i separen praderies antropitzades de les no antropitzades, tot utilitzant una expressió logarítmica per relacionar densitat i fondària. Hem agafat els valors de les praderies no antropitzades per la fondària de 15 metres. Aquest procediment té com a punts forts el fet de partir d'una base de dades prou completa, i un bon tractament estadístic, i com a punts febles la manca d'especificitat per un entorn geogràfic precís com el nostre, així com una certa dispersió metodològica, ja que les dades tenen procedències molt diverses. Només inclou dades de densitat, no de cobertura. |
| Romero <i>et al.</i> (2010) Directiva Marc de l'Aigua | Durant els anys 2004-2010, l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) va posar en funcionament unes xarxes de control, sota el mandat de la Directiva Marc de l'Aigua (DMA). Una d'elles utilitzava <i>P. oceanica</i> com espècie indicadora (Roca <i>et al.</i> 2015), el que fa que es disposi d'una bona base de dades de densitats i cobertures. D'aquesta base de dades (Romero <i>et al.</i> 2010), hem pres els valors de densitat i cobertura dels tres últims anys disponibles, i n'hem extret els corresponents a les tres estacions amb valors més alts de densitat o de cobertura, seguint una metodologia acceptada en la implementació de la DMA. Aquest procediment té com a punts forts una molt major coherència geogràfica que en el procediment de Pergent <i>et al.</i> (1995), així com la total comparabilitat metodològica (ja que les dades varen ser preses pel nostre mateix equip). Té com a punt feble el fet que, malgrat que la base de dades és àmplia, no estem totalment segurs de què les tres praderies escollides siguin realment praderies totalment inalterades. |
| Submon (2013) Xarxa de Vigilància de la Qualitat dels Herbassars de Fanerògames Marines | Dades de Xarxa de Vigilància de la Qualitat dels Herbassars de Fanerògames Marines. Aquesta xarxa de vigilància ha anat acumulant dades durant més de 10 anys (Submon, 2013). Aquest procediment té com a punts forts la coherència geogràfica i com a punts febles, a més de l'esmentat pel procediment anterior, la manca de suport estadístic, ja que no es dona informació sobre la bondat dels ajustos, per exemple, ni una estimació de la seva variabilitat, i una metodologia de presa de dades de camp probablement no del tot comparable amb la nostra. No hi ha expressió que relacioni fondària i cobertura, pel que només podem obtenir valors de referència per la densitat. |
| Romero <i>et al.</i> (2012) Sèrie històrica illes Medes | La sèrie històrica de densitats i cobertures de les illes Medes, iniciada el 1984 (Romero <i>et al.</i> 2012), és una font de possibles valors de referència, encara que, per acceptar aquests valors, cal assumir que es tracta d'una estació no pertorbada i en condicions òptimes. Això no es pot garantir totalment, encara que d'una de les pressions que més preocupen en el marc d'aquest estudi (l'ancoratge) sí que n'està exclosa, almenys des de principis dels anys 90. Hem agafat els valors mitjans (densitat i cobertura) dels tres anys anteriors a l'inici d'aquest seguiment com a possibles valors de referència. Aquest procediment té com a punts forts la coherència geogràfica i metodològica, l'ampla dimensió temporal i la garantia d'absència d'ancoratges. Té com a punt feble el fet de tractar-se d'un únic punt, així com els dubtes expressats sobre la hipòtesi que es tracti d'una estació en condicions veritablement òptimes. |
| Romero <i>et al.</i> (2020) Seguiments 2014-2020 | Dades obtingudes del seguiment de les praderies de <i>P. oceanica</i> , durant quatre anys (2014, 2016, 2018, 2020) als Parcs Naturals del Cap de Creus i Montgrí, Medes i Baix Ter. S'agafa el valor que representa el percentil 90 de les dades acumulades de tots els anys, tant de densitat com de cobertura per evitar que els valors quedin esbiaixats per la presència de punts amb densitats o cobertures puntuals i anòmalament elevades. Aquest procediment té com a punts forts la coherència geogràfica i metodològica, i com a punt feble el biaix esmentat. |



Taula A4. Valors de densitat, cobertura i alçada de la volta foliar de *Cymodocea nodosa* a profunditats entre 5 i 16 m. Aquest valors han estat extrets de la literatura. Prof.: profunditat. Totes les dades corresponen als resultats de mostrejos entre els mesos de juny i juliol.

| Localitat | Prof. (m) | Densitat (feixos m ⁻²) | Cobertura (%) | Volta foliar (cm) | Mètode mostreig | | Referència |
|--|--------------|---------------------------------------|------------------|-------------------------|---|--|---|
| | | | | | Densitat | Cobertura | |
| Badia de Roses, Girona | 10-14 | 380 | 77 | 30 | <i>In situ.</i> Quadrat 20x20 cm | Anàlisi digital. Recompte quadrats amb presència de planta | Present estudi, 2022 |
| Garraf | 12,8 | 215 | 18,8 | 18,5 | <i>In situ.</i> Quadrat 20x20 cm | Anàlisi digital. Recompte quadrats amb presència de planta | Informe tècnic Seguiment ZEC del Garraf, 2022 (no publ.) |
| Badia de Pals, Girona | 12-14 | 650-950 | 15-29 | - | <i>Ex situ.</i> Core 15 cm diàmetre | Anàlisi digital. Percentatge de presència de planta (0, 10, 25, 50, 75, 100 %) | Romero <i>et al.</i> 2012 |
| Platja de la Pineda, Tarragona | 7-10 | 90-286 | 29-63 | - | <i>In situ.</i> Quadrat de 50x50 cm amb 4 subquadrats de 25x25 | Anàlisi digital. Recompte quadrats amb presència de planta | Xatrac, associació mediambiental, 2009 |
| Platja de Sant Pol, St Feliu de Guíxols, Giro na | 11 | 588-623 | - | - | <i>Ex situ.</i> Core de 10,2 cm diàmetre | - | Terrados <i>et al.</i> 2006 |
| <i>C. nodosa</i> | 9 | 450 | 94 | 18,5 | <i>In situ.</i> Quadrats de 0.04 m ² | Anàlisi digital. Recompte quadrats 1x1 m | Boutahar <i>et al.</i> 2022 |

Comunitats de peixos

- S'ha observat un patró d'espècies de peixos semblant a totes les estacions de la ZEC Costes del Garraf mostrejades, tot i que presenten certes diferències.
- Les biomasses i densitats de peixos més elevades es registren a les estacions de Sitges-Vallcarca i Vilanova-Sitges.
- L'estació amb menys diversitat d'espècies és Costa Vilanova Sitges, que queda fora de la zona delimitada pel ZEC.

- La família d'espècies amb més biomassa i densitat a totes les estacions és la dels espàrids, amb espècies com *Diplodus vulgaris*, *Diplodus annularis* o *Boops boops*.
- Altres famílies menys predominants són Labridae, Mullidae, Engraulidae i Atherinidae.
- A les estacions amb *P. oceanica* s'han comptabilitzat espècies referenciades anteriorment a aquest tipus hàbitat, però en general una biomassa menor que a les estacions de fons rocós, tal com era esperable.



Introducció

Les zones costaneres són unes de les més productives del planeta, així com de les més diverses. Aquestes proveeixen una gran quantitat de bens i serveis ecosistèmics, generant hàbitat i refugi per a una gran quantitat d'espècies. Degut a que són zones molt influenciades per l'activitat humana, també reben una gran pressió antròpica, com la contaminació, pèrdua d'hàbitat i explotació, entre d'altres (Lu *et al.* 2018). Uns dels impactes més coneguts i estudiats sobre la fauna i flora marina és l'explotació pesquera (Halpern *et al.* 2004). Aquesta activitat no només redueix la biodiversitat i densitat de peixos d'interès comercial, sinó que també afecta a altres espècies associades a aquests hàbitats, ja sigui animals sèssils com gorgònies o algues, o altres espècies de peixos sense interès pesquer (Turner *et al.* 1999).

En general, les espècies més afectades per la pesca solen ser les que formen els nivells tròfics superiors, degut a que solen ser les de major mida i més preuades econòmicament. Aquestes espècies presenten una història de vida lenta, amb un creixement lent i taxes de reproducció més baixes. Degut a la seva dinàmica, aquestes espècies resulten molt afectades per la sobrepesca, i la seva recuperació és molt lenta. En aquest sentit, les Reserves marines han demostrat ser una eina molt efectiva per a la recuperació d'aquestes espècies sobreexplotades (AMPs) les quals són zones delimitades on certes activitats no hi estan permeses. En general, la creació d'aquestes zones protegides genera un augment tant de la densitat com biomassa de les espècies d'interès pesquer, així com un increment de la biodiversitat de la zona (Roberts *et al.* 2018).

Així doncs, és important conèixer si les AMPs funcionen envers la pesca, fent un seguiment de les espècies més vulnerables a aquesta activitat, en molts casos aquesta recuperació de les poblacions funcionals i plenament reproductores ja ha quedat totalment demostrada, com és el cas del mero a les illes Medes (Zabala *et al.* 1997a, 1997b). D'aquesta manera es pot saber si la implementació de zones protegides fa que aquestes espècies es recuperin o no. D'igual manera, doncs, és fonamental conèixer si altres espècies que poden quedar impactades indirectament per la pesca es recuperen o no amb la creació de les AMPs.

Les Zones d'Especial Protecció (ZECs) del litoral català no estan explícitament protegides envers la pesca i, per tant, no es poden considerar àrees completament protegides. Tot i això, és important conèixer les espècies de peixos que habiten en aquestes zones per poder fer un bon anàlisi del seu estat de conservació.

Un altre impacte que pot afectar a les poblacions de peixos és el canvi climàtic, i particularment a la Mediterrània, on l'escalfament és de dues a tres vegades més ràpid que l'oceà global (Cramer *et al.* 2018, Garrabou *et al.* 2022). L'escalfament de l'aigua pot produir que espècies més termòfiles, és a dir, que viuen en aigües típicament més càlides, migrin a llocs on anteriorment no hi habitaven per tenir aigües més fredes. Un cas típic és el del *Thalassoma pavo* (Milazzo *et al.* 2013), o bé la *Myctioperca rubra*, dues espècies que trobaríem en aigües més càlides, per exemple el Cabo de Palos, però que actualment podem trobar en zones més fredes, com ara el Cap de Creus.

A més, als ecosistemes costaners del mar Mediterrani, la introducció d'espècies al·lòctones té el potencial de canviar el funcionament de la xarxa tròfica i l'estructura de tota la comunitat,

presentant una amenaça per a la biodiversitat local comparable a les que exerceixen el canvi climàtic, la contaminació i la pesca (Micheli *et al.* 2013, Galil *et al.* 2018).

Tenir un registre de la composició i estructura de les comunitats de peixos és fonamental per a entendre el seu estat i la seva evolució en el futur, ja sigui com a resposta a la pressió humana o als canvis ambientals, així com a les potencials mesures de gestió que es poden implementar per a preservar els ecosistemes litorals.

La Zona d'Espcial Conservació de les Costes del Garraf, malgrat estar dominada per fons sorrencs, detrítics i fangosos, també presenta hàbitats dominants com les praderies de de *Posidonia oceanica* i *Cymodocea nodosa*, i altres menys abundants com els fons rocosos litorals. Al llarg de tota aquesta zona s'hi duen a terme activitats pesqueres, tant esportives com professionals artesanals, així com també pesca d'arrossegament il·legal, generant impacte no només sobre les espècies de peixos, sinó també sobre les praderies de fanerògames (Generalitat de Catalunya, 2013).

Així doncs, per avaluar l'estat de conservació de les comunitats de peixos en aquesta zona, s'han dut a terme mostrejos en els hàbitats dominats per fanerògames marines i per fons rocosos litorals..

Material i mètodes

Disseny de mostreig

Per a l'estudi de les comunitats de peixos a les Costes del Garraf, es van seleccionar hàbitats de roca i de praderies de *P. oceanica*.. Per als hàbitats de roca es varen seleccionar 3 estacions, i 2 estacions en praderies (Taula 6, Figura 12).

Taula 6. Estacions de mostreig de comunitats de peixos del 2022 a la ZEC de les Costes del Garraf.

| ZEC | Estació | Data mostreig |
|-------------------|--------------------------------------|---------------|
| | Costa Sitges-Vallcarca | 2022-06-16 |
| | Costa Vallcarca-Garraf | 2022-06-16 |
| Costes del Garraf | Costa Vilanova-Sitges | 2022-06-16 |
| | Praderia <i>P. oceanica</i> Sitges | 2022-06-16 |
| | Praderia <i>P. oceanica</i> Vilanova | 2022-06-16 |

Metodologia de mostreig

Les zones de mostreig en el ZEC de les Costes del Garraf s'han escollit tenint en compte els diferents hàbitats de l'àrea. D'una banda, hi trobem hàbitats costaners rocosos a poca fondària, alternats amb fons sorrencs, amb una composició algal més aviat empobrida, dominada per algues de creixement ràpid i baix port estructural tipus *gespes* (Figura 11a). D'altra banda, en zones de més fondària, hi trobem fons sorrencs amb praderies de *P. oceanica* (Figura 11b). D'aquesta manera, s'analitzen les comunitats de peixos que habiten en aquests dos tipus d'hàbitats que es troben a les Costes del Garraf. Cal destacar, que una de les localitats (Vilanova-Sitges) estava fora de la ZEC, però que comprenia un tram de fons de roca com el que es trobava en la costa rocosa dins del ZEC i es va decidir incorporar-lo per determinar el seu estat i la necessitat o no d'incloure en una futura millora del disseny espacial de la ZEC actual.

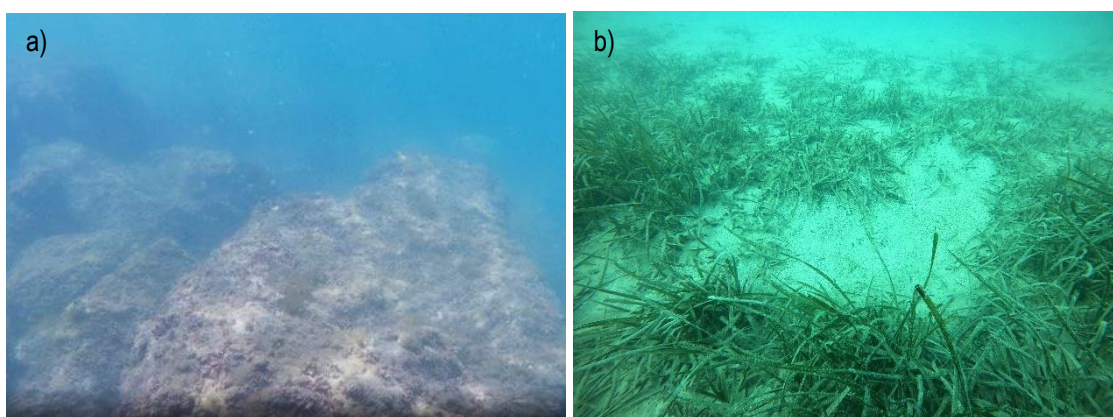


Figura 11. Fotografies del mostreig de peixos a la ZEC Costes del Garraf al 2022. a) Hàbitats rocosos dominats per *turff*. b) Hàbitat sorrenc amb *P. oceanica*.

Un cop identificats els punts de mostreig, es van dur a terme transectes de 50 metres de llarg i 5 metres d'ample, comptant tots els peixos observats i identificant l'espècie, així com la seva mida, seguint els mètodes estandarditzats per a la Mediterrània (Harmelin *et al.* 1985). D'aquesta manera, es pot obtenir una superfície de mostreig de 250 m² obtenint així una mesura de densitat d'espècies de peixos a cada una de les estacions mostrejades.

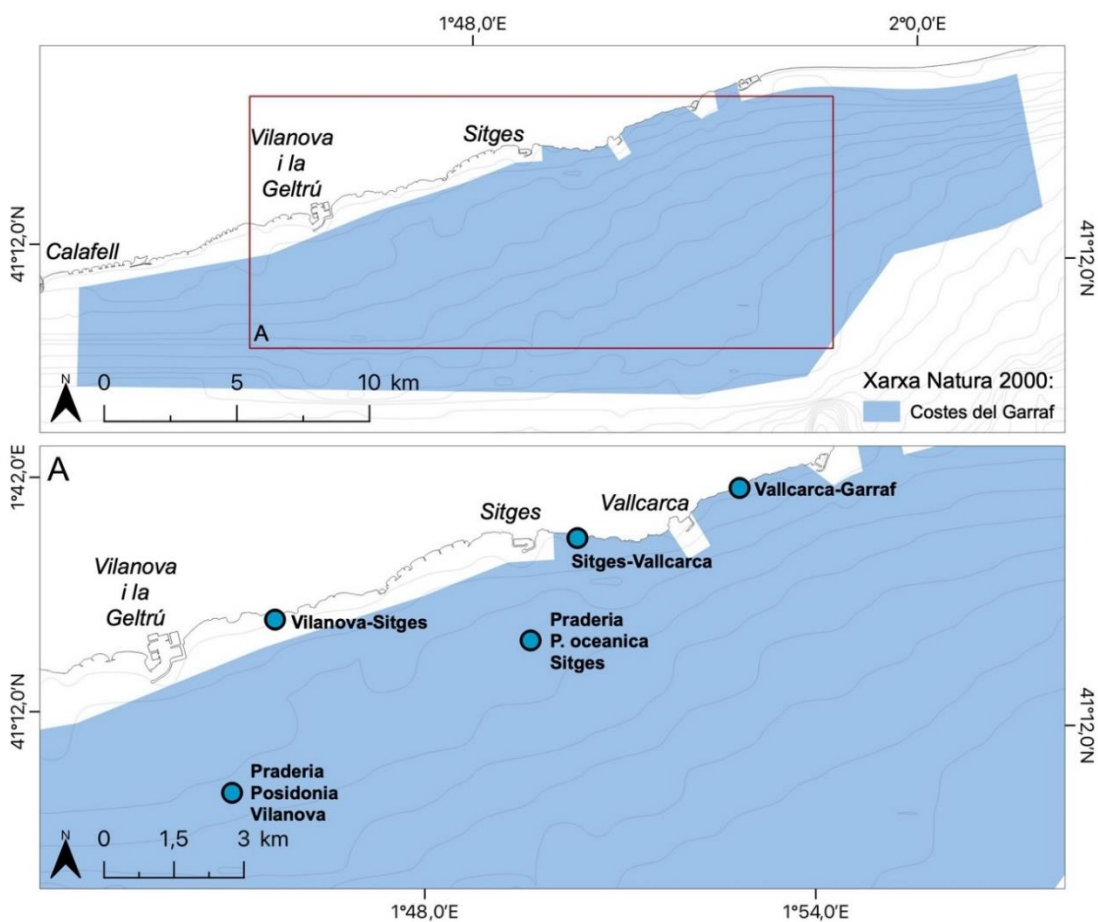


Figura 12. Mapa de les estacions de mostreig de comunitats de peixos de la ZEC de les Costes del Garraf a l'any 2022.

Resultats

Espècies observades

S'ha observat un total de 31 espècies en diferents hàbitats a la ZEC de les Costes del Garraf (Taula 7).

Taula 7. Llistat d'espècies identificades a la ZEC Costes del Garraf al 2022 i la família a la què pertanyen.

| ZEC | Família | Espècie | Hàbitat |
|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| Costes del Garraf | Atherinidae | <i>Atherina sp</i> | Roca |
| | Bleniidae | <i>Parablennius gattourgine</i> | Roca |
| | | <i>Parablennius pilicornis</i> | Roca |
| | | <i>Parablennius rouxi</i> | Roca |
| | Centracanthidae | <i>Spicara maena</i> | Fanerògames |
| | Engraulidae | <i>Engraulis encrasicolus</i> | Roca |
| | Labridae | <i>Coris julis</i> | Fanerògames i roca |
| | | <i>Symphodus cinereus</i> | Fanerògames |
| | | <i>Symphodus doderleini</i> | Fanerògames |
| | | <i>Symphodus melanocercus</i> | Fanerògames |
| | | <i>Symphodus ocellatus</i> | Fanerògames |
| | | <i>Symphodus rostratus</i> | Fanerògames |
| | | <i>Symphodus tinca</i> | Fanerògames |
| | | <i>Thalassoma pavo</i> | Roca |
| | Moronidae | <i>Dicentrarchus labrax</i> | Roca |
| | Mugilidae | <i>Chelon labrosus</i> | Roca |
| | Mullidae | <i>Mullus surmuletus</i> | Fanerògames i roca |
| | Pomacentridae | <i>Chromis chromis</i> | Fanerògames i roca |
| | Serranidae | <i>Serranus cabrilla</i> | Fanerògames i roca |
| | | <i>Boops boops</i> | Fanerògames i roca |
| | | <i>Diplodus annularis</i> | Fanerògames |
| | | <i>Diplodus cervinus</i> | Roca |
| | | <i>Diplodus puntazzo</i> | Roca |
| | | <i>Diplodus sargus</i> | Roca |
| | | <i>Diplodus vulgaris</i> | Fanerògames i roca |
| | | <i>Oblada melanura</i> | Roca |
| | | <i>Pagellus erythrinus</i> | Fanerògames i roca |
| | | <i>Sarpa salpa</i> | Roca |
| | <i>Spondylosoma cantharus</i> | Fanerògames | |
| | Tripterygiidae | <i>Tripterygion melanurus</i> | Roca |

Costa Vallcarca-Garraf

En aquesta zona, situada més al nord, es veu una clara dominància de l'espècie *D. sargus*, amb una mitjana de 54 ind/250 m². Seguidament hi trobem l'espècie *Atherina sp*, amb 17 ind/250 m², i la resta d'espècies presenten valors de menys de 10 ind/250 m². S'observa, però, que la variabilitat és força alta en totes les estacions, donat que la distribució dels individus de les diferents espècies és molt heterogènia (Figura 13a).

Pel que fa a les densitats per família, s'observa una clara dominància dels espàrids (Sparidae), la qual en forma part l'espècie de *D. sargus*, entre d'altres, amb un valor de 71 ind/250 m², seguidament de la família dels anterínids (Antherinidae). La resta de famílies presenten unes densitats inferiors als 10 ind/250 m² (Figura 13b).

Pel que fa a la biomassa per espècie, *D. Sargus* segueix sent la que presenta uns valors més elevats (amb prop de 3.000 g/250 m²), així com la família a la que pertany (Sparidae). Però s'observa que les llises (*C. labrosus*), malgrat tenir una densitat baixa, la seva biomassa és superior a la d'espècies amb una major densitat, degut a la relació de la biomassa amb la talla dels individus (Figura 13b i 13c).

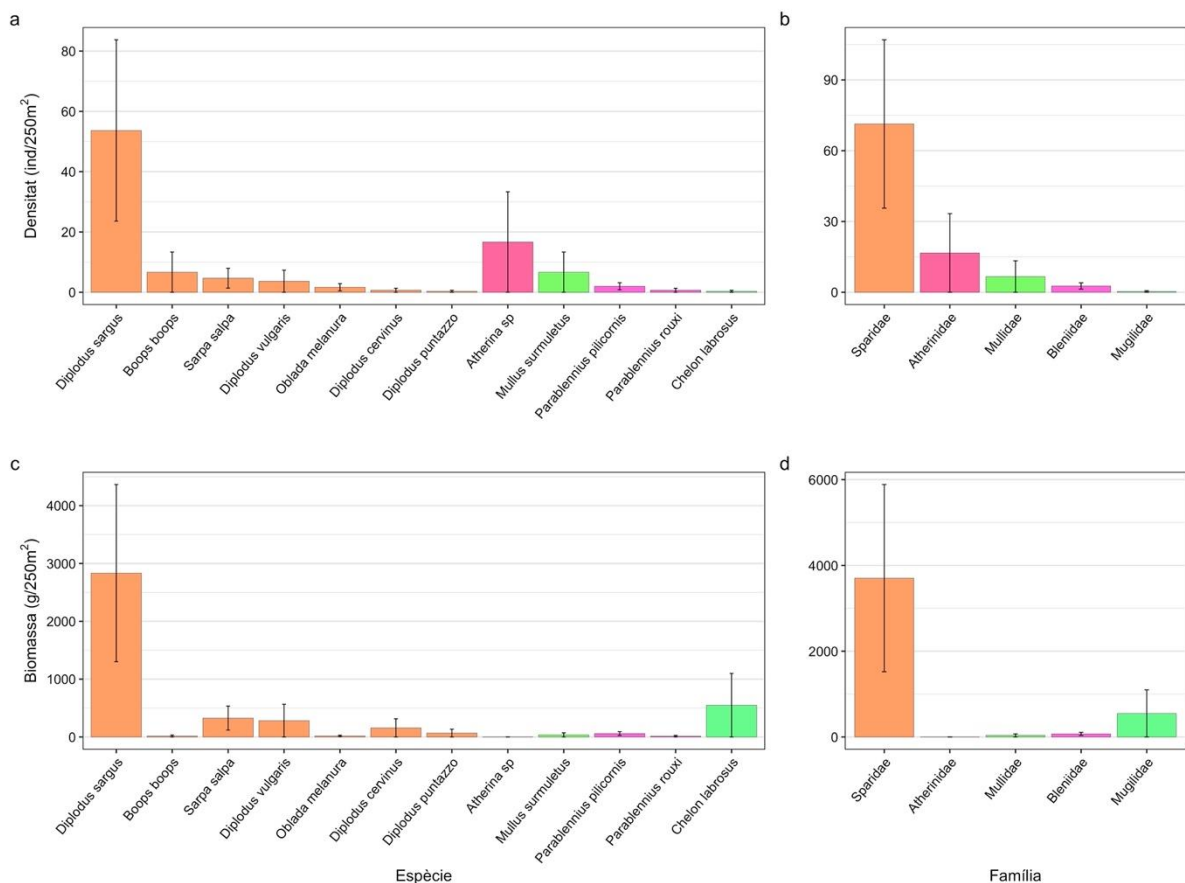


Figura 13. Densitat (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació de la Costa de Vallcarca-Garraf. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

En aquesta estació hi trobem diferents estructures de talles segons l'espècie. *D. sargus* i *D. vulgaris* són els que mostren un rang de talles més ampli, des de mides més petites (entre 0 i 2 cm) a més grans (entre 24 i 26 cm en el cas del sarg i entre 20 i 22 cm en el de la variada). Tant *S. salpa* com *O. melanura* presenten pocs individus i distribuïts en poques talles (Figura 14). En el cas de *B. boops* (n=20) tots els individus eren de la mateixa mida (6 cm). De l'espècie *D. puntazzo* només es va observar un individu i de *D. cervinus* dos, tots ells de 24 cm (Figura 14).

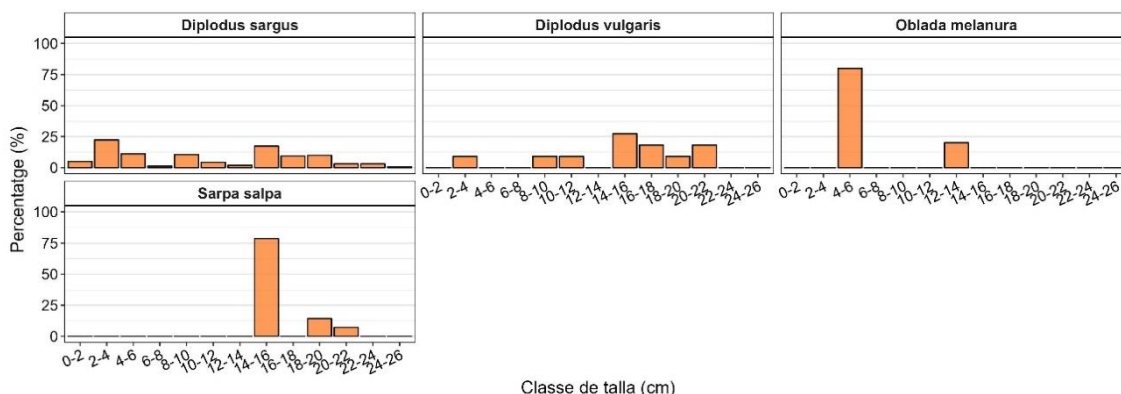


Figura 14. Estructura de talles dels espàrids observats a l'estació de la Costa Vallcarca-Garraf: *D. sargus* (n=161), *D. vulgaris* (n=11), *O. melanura* (n=5), *S. salpa* (n=14).

Costa Sitges-Vallcarca

En aquesta localitat, l'espècie més observada ha estat *E. encrasicolus*, amb una mitjana de 333 ind/250 m². Tot seguit, hi trobem *S. Salpa*, amb 101 ind/250 m², i amb valors més baixos hi trobem *Atherina sp*, *D. sargus* i *B. boops* (amb 58, 54 i 40 ind/250 m² cadascun). En menys mesura hi trobem *O. melanura*, amb 17 ind/250 m², i la resta d'espècies es troben de forma més anecdòtica, per sota els 10 ind/250 m² (Figura 15a).

Pel que fa a la separació per famílies, hi trobem els engraulids (Engraulidae) on només hi trobem una única espècie, sent la que més densitat presentava. Tot seguit trobem els espàrids (Sparidae) amb gairebé 220 ind/250 m², i amb valors força més baixos els anterínids (Antherinidae), amb 58 ind/250 m². La resta de famílies presenten una representació molt baixa d'individus (Figura 15b).

En termes de biomassa, però, *S. salpa* és l'espècie amb un valor més elevat que la resta (vora els 5.200 g/250 m²), seguidament de *D. sargus* (amb prop de 2.700 g/250 m²). La resta d'espècies presenten valors de biomassa força menors (Figura 15c).

Pel que fa a la biomassa per família, els espàrids encapçalen la classificació, amb uns 8.700 g/250 m², seguidament dels engraulids, on només hi trobem una única espècie i, per tant, el valor de biomassa és el mateix (Figura 15d).

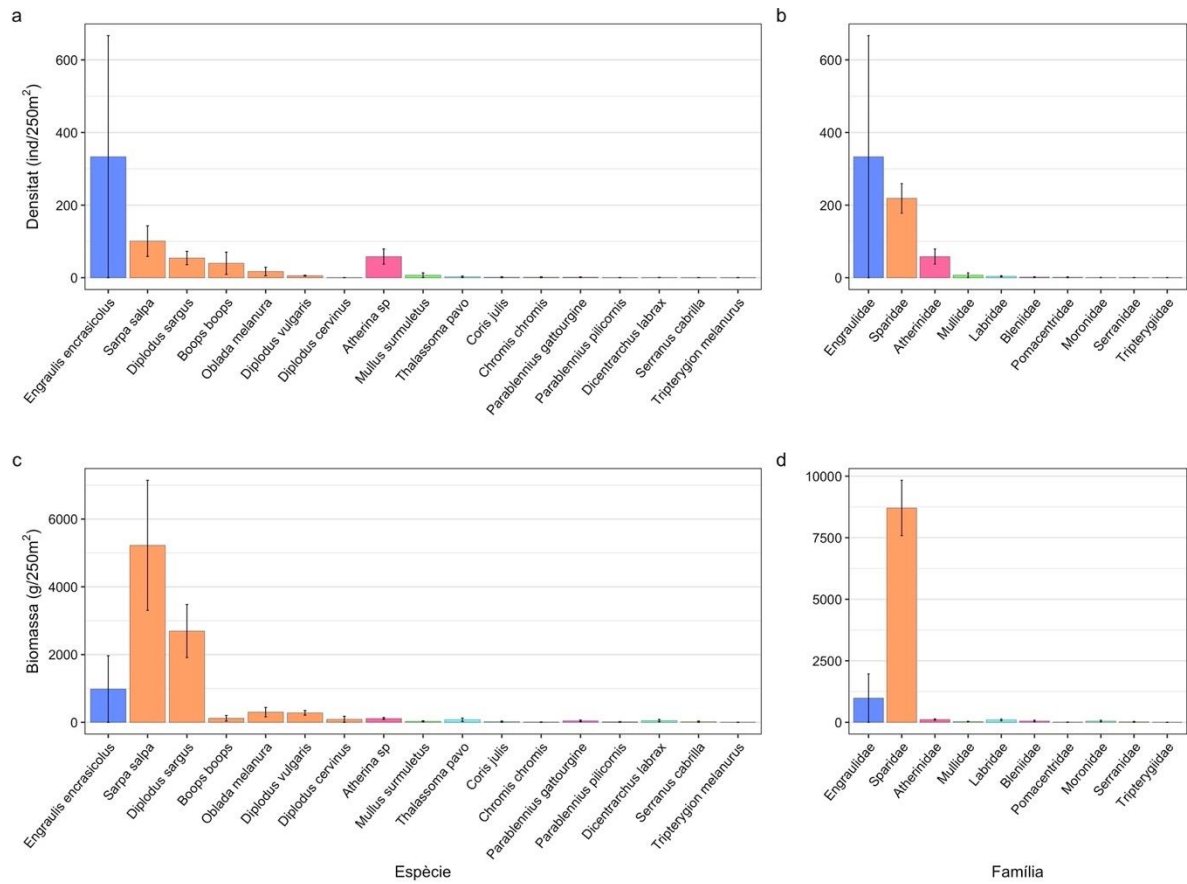


Figura 15. Densitat (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació de la Costa de Sitges-Vallcarca. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

En aquesta estació, *D. sargus* mostra una estructura de talles que comprèn una talla mínima de 4 cm i màxima de 20 cm, la mida on hi trobem més individus és entre 14 i 16 cm. La resta d'espècies presenten molt pocs individus, excepte *S. salpa*, que mostra una elevada densitat però el rang de talles és molt petit (entre 12 i 18 cm), amb una màxima concentració d'individus a la mida 14-16 cm (Figura 16).

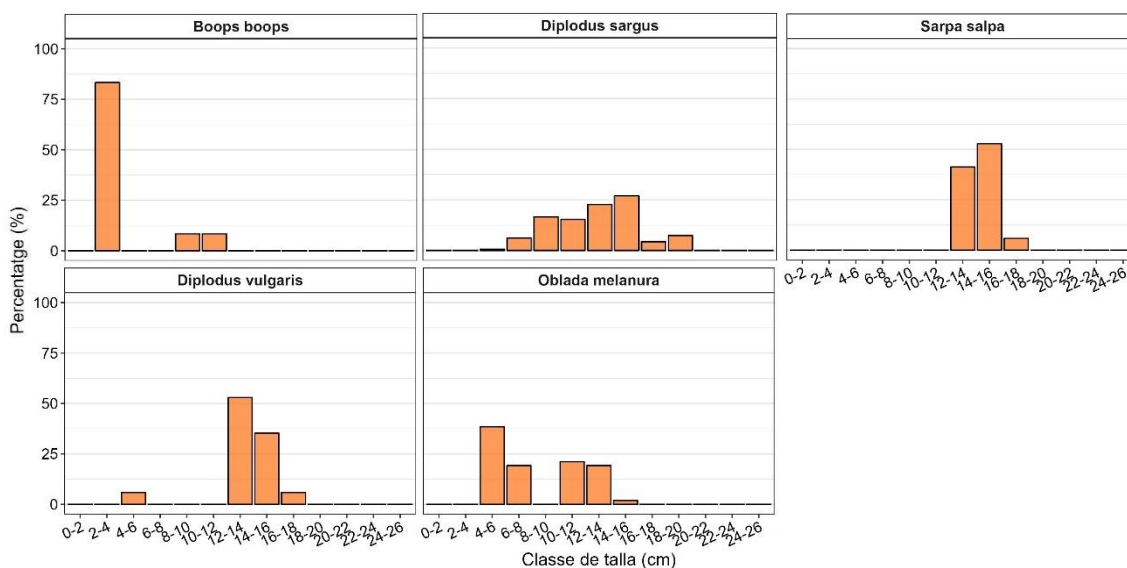


Figura 16. Estructura de talles dels espàrids observats a l'estació de la Costa Sitges-Vallcarca: *B. boops* (n=120), *D. sargus* (n=163), *S. salpa* (n=303), *D. vulgaris* (n=17), *O. melanura* (n=52).

Costa Vilanova-Sitges

En aquesta estació, la qual queda fora de la Zona d'Especial Protecció, hi trobem un menor nombre d'espècies observades. S'han comptabilitzat, sobretot, *S. Salpa*, *B. boops* i *D. sargus*, amb 67, 63 i 36 ind/250 m², respectivament. En menor mesura s'han observat *D. vulgaris*, *M. surmuletus* i *P. erythrinus*, amb menys de 10 ind/250 m² (Figura 17a).

La majoria d'aquestes espècies formen part de la família dels espàrids (Sparidae), i mostren una densitat de 173 ind/250 m². L'espècie *M. surmuletus*, però, es troba dins de la família Mullidae i només se n'han observat 2 ind/250 m² (Figura 17b).

En termes de biomassa, *S. salpa* continua al capdavant amb unes 5.000 g/250 m², tot seguit de *D. sargus*, que presenta una major biomassa que *B. boops* malgrat tenir una menor densitat, i això és degut a la talla d'aquesta espècie, més gran que la de les bogues (Figura 17c). Així doncs, els espàrids són els que presenten també una major biomassa, amb 9.200 g/250 m² (Figura 17d).

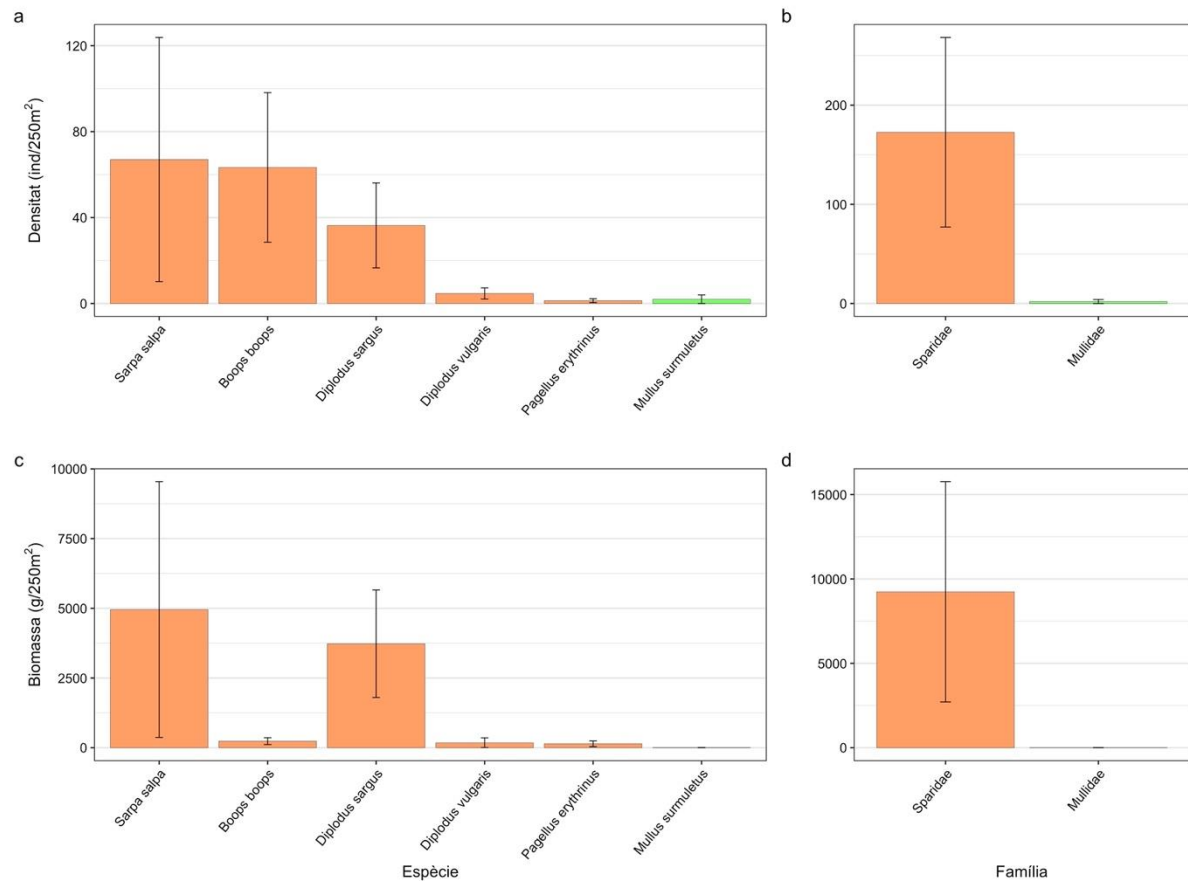


Figura 17. Densitat (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació de la Costa de Vilanova-Sitges. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

Aquesta estació mostra diferències en la distribució de les talles de cada espècie. *B. boops* concentra els individus en classes de talla força petites (de 4 a 10 cm), mentre que *P. erythrinus* és tot al contrari, en talles més grans (entre 18 i 22 cm). *D. sargus* mostra una distribució bimodal amb major nombre d'individus a les talles 12-14 cm i 18-20 cm, i *D. vulgaris* mostra més individus en les classes de talla més petites, de 0 a 4 cm, tot i que hi trobem mides fins a 20 cm. *S. salpa* mostra una distribució semblant a la *D. vulgaris*, amb individus petits (entre 4 i 8 cm) i més grans (entre 14 i 20 cm), això probablement es degui a que és una espècie que generalment s'agrupa en bancs i les més petites en formaven part d'un i les més grans d'un altre (Figura 18).

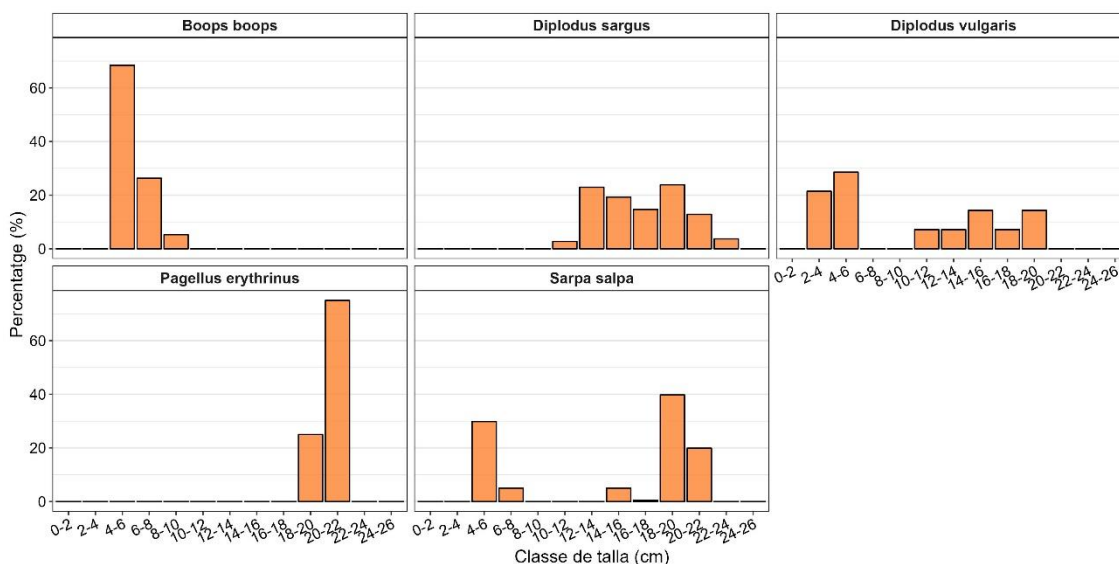


Figura 18. Estructura de talls dels espàrids observats a l'estació de la Costa Vilanova-Sitges: *B. boops* (n=190), *D. sargus* (n=109), *D. vulgaris* (n=14), *P. erythrinus* (n=4), *S. salpa* (n=201).

Praderia *P. oceanica* Sitges

En aquesta estació, a diferència de les anteriors, s'han dut a terme els transectes dins d'una praderia de *P. oceanica*. L'espècie més observada ha estat *D. annularis*, amb 58 ind/250 m², seguida de *S. maena*, *B. boops*, i *C. julis*, amb 37, 29 i 13 ind/250 m², respectivament. La resta d'espècies observades es torben en menor mesura, amb menys de 10 ind/250 m². A aquests valors hi cal tenir en compte que la variabilitat és molt gran, el que pot significar que els individus s'han observat majoritàriament en un dels transectes, i en els altres transectes s'han trobat en menor mesura (Figura 19a).

Pel que fa a la classificació per famílies, hi ha una dominància dels espàrids (Sparidae), amb 91 ind/250 m², seguida dels centracàntids (Centracanthidae) i els làbrids (Labridae), amb 37 i 20 ind/250 m² cadascuna. En menor mesura hi trobem la família dels mullids (Mullidae), amb 6 ind/250 m² i dels serrànids (Serranidae) amb 3 ind/250 m² (Figura 19b).

En termes de biomassa, *D. annularis* continua sent l'espècie que presenta uns valors més elevats (2.400 g/250 m²), amb gran diferència a la resta, ja que tot seguit hi trobem *B. boops*, *C. julis* i *M. surmuletus*, amb 358, 290 i 215 g/250 m² aproximadament, cadascuna (Figura 19c). Així doncs, els espàrids són la família amb una biomassa més elevada, amb uns 3.000 g/250 m² (Figura 19d).

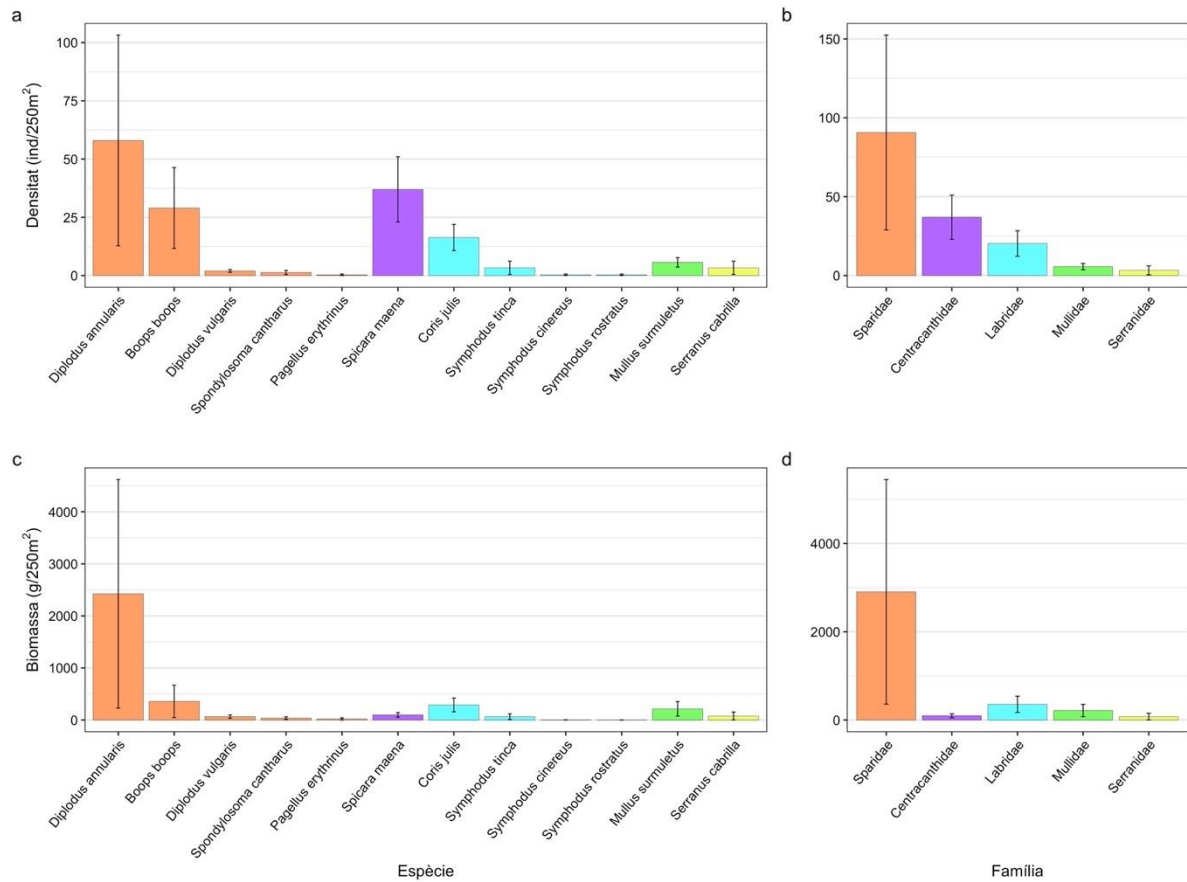


Figura 19. Densitat (mitjana \pm desviació estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana \pm desviació estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació de la praderia de *P. oceanica* de Sitges. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

L'estructura de talls de les diferents espècies d'espàrids en aquesta estació mostren distribucions diferenciades. D'una banda, *D. annularis* és l'espècie que presenta una estructura de talls amb una distribució unimodal amb una concentració més elevada d'individus a la talla d'entre 14 i 16 cm. *B. boops* presenta una distribució on la major part dels individus es troben en la classe de talls més gran dins d'aquesta espècie (10-12 cm), encara que en trobem de força més petits (4-6 cm). Només es va observar un sol individu de *P. erythrinus* i aquest mesurava 18 cm, mentre que es van veure 4 cànteres (*S. cantharus*), totes de 18 cm. De variades (*D. vulgaris*) se'n van observar molt poques, només 6 exemplars: 4 mesuraven 14 cm i dues 10 cm (Figura 20).

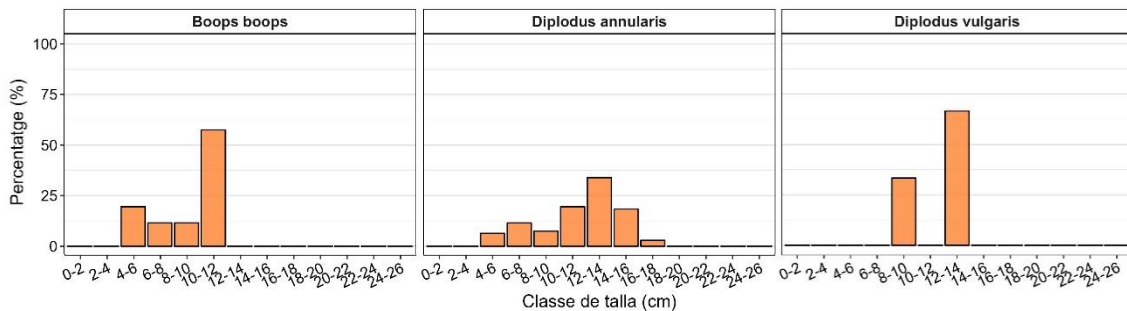


Figura 20. Estructura de talls dels espàrids observats a l'estació de la praderia de *P. oceanica* de Sitges: *B. boops* (n=87), *D. annularis* (n=174), *D. vulgaris* (n=6).

Praderia *P. oceanica* Vilanova

En aquesta estació, la qual també es troba en una praderia de *P. oceanica*, destaca l'abundància de *B. boops*, amb 116 ind/250 m², una mitjana molt superior a la resta d'espècies, ja que la segona amb una densitat més elevada és *D. annularis*, amb 15 ind/250 m², seguida de *C. julis*, amb 10 ind/250 m². La resta d'espècies presenten densitats molt baixes (Figura 21a).

La classificació per famílies mostra una clara diferenciació entre la família dels espàrids (Sparidae) amb la resta: aquesta mostra una densitat de 133 ind/250 m². La resta de famílies observades són els làbrids (Labridae), pomacèntrids (Pomacentridae), centracàntids (Centracanthidae), serrànids (Serranidae) i múllids (Mullidae), amb densitats d'11, 3, 2, 1 i 0,3 ind/250 m², respectivament (Figura 21b).

La biomassa segueix el mateix patró que la densitat: encapçalada per *B. boops* (amb uns 1.500 g/250 m²), seguida de *D. annularis* (amb 500 g/250 m²) i *C. julis* (250 g/250 m²) (Figura 21c). Així doncs, els espàrids són la família amb una major biomassa (més de 2.00 g/250 m²) seguida dels làbrids (260 g/250 m²) (Figura 21d).

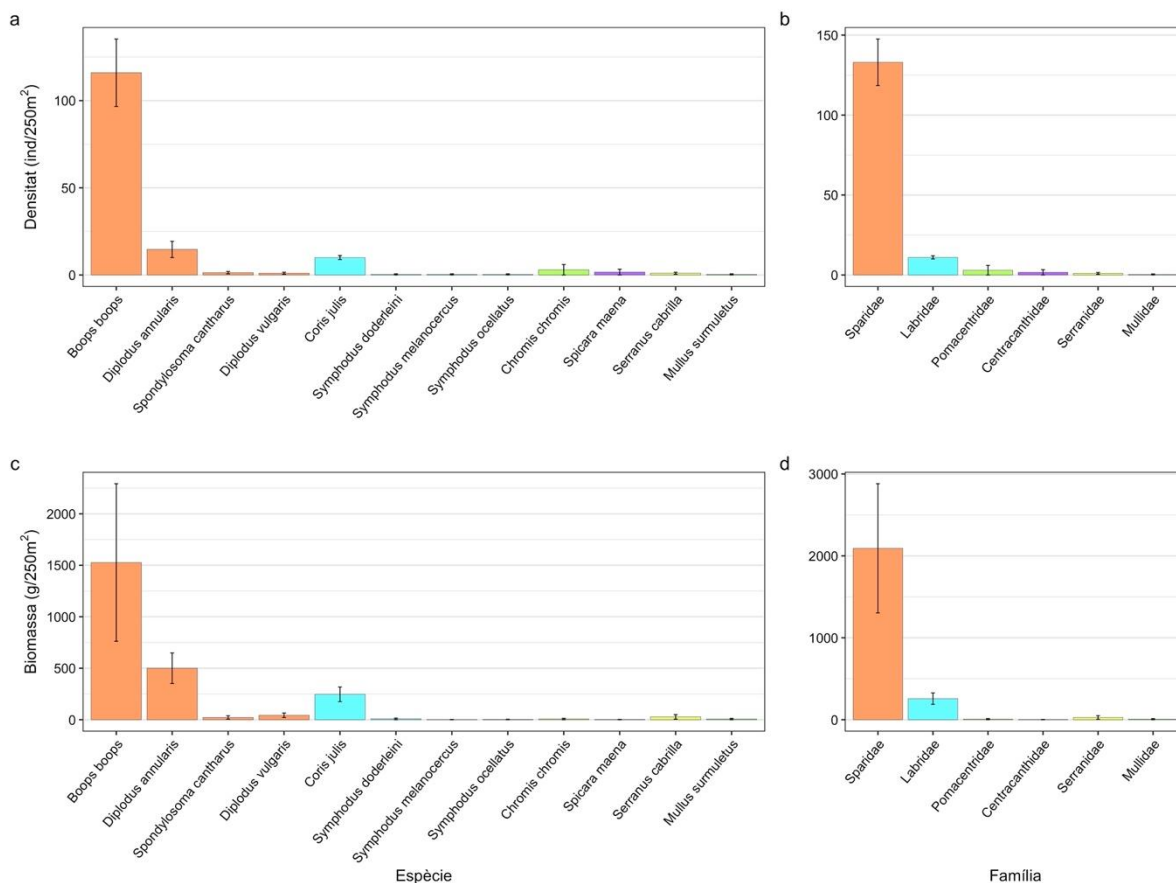


Figura 21. Densitat (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades l'estació de la praderia de *P. oceanica* de Vilanova. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

En aquesta estació, *D. annularis* és l'espècie d'espàrid que mostra una distribució unimodal amb una concentració màxima d'individus entre 10 i 12 cm. *B. boops* presenta un rang de talles més petit, de 4 a 12 cm, amb la màxima concentració d'individus en la talla més gran. Pel que fa a *D. vulgaris* s'han observat 3 individus, un de cada talla (10-12, 12-14 i 14-16 cm). A més, s'han observat tant sols 4 cànteres, 2 d'elles pertanyents a la classe de talla de 10-12 cm, mentre que les altres dues es trobaven en dues categories diferents (4-6 cm i 6-8 cm) (Figura 22).

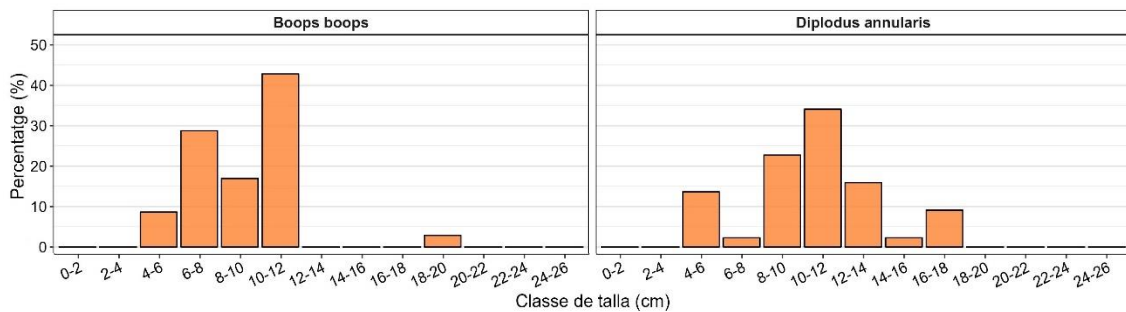


Figura 22. Estructura de talles dels espàrids observats a l'estació de la praderia de *P. oceanica* de Vilanova: *B. boops* (n=349), *D. annularis* (n=44).

Discussió

La Zona d'Espècial Conservació de les Costes del Garraf, pertanyent a la Xarxa Natura 2000, és una zona que rep impactes humans, sent especialment important la contaminació provinent d'aqüífers subterranis i abocaments en aquesta zona costanera (ACA, 2018, Generalitat de Catalunya, 2013).

La bibliografia consultada posa de manifest que l'estat general de les masses d'aigua costaneres de Sitges i Vilanova i la Geltrú és dolent, tant pel que fa al compliment dels indicadors biològics com al paràmetres fisicoquímics (ACA, 2018). Tot i així, centrant-nos en l'indicador corresponent, la pesca és l'impacte més directe que reben les poblacions de peixos en aquesta zona (Generalitat de Catalunya, 2013): la flota pesquera professional del port de Vilanova i la Geltrú registra 2.283 tones de captura anual, sent dels ports catalans amb valors de captura més elevats (IDESCAT, 2022), i és també una de les zones amb major activitat pel que fa a l'activitat de pesca recreativa, que es la que està tenint un efecte més directa dins la ZEC probablement (ICATMAR 2020).

Per poder saber l'estat de conservació en el que es troben les poblacions de peixos s'han dut a terme transectes en 5 punts de la costa del Garraf, 4 de les quals queden delimitades per la ZEC, i una que es troba fora d'aquesta, tocant a la costa entre Vilanova i la Geltrú i Sitges. En aquests s'han comptat totes les espècies observades, així com la seva densitat i biomassa, i s'han estimat les seves talles.

En termes generals, la diversitat d'espècies observada a totes les estacions ha estat relativament elevada, i l'esperada segons bibliografia (Domingo, 2022), excepte a l'estació de Vilanova-Sitges, on aquesta és notablement menor. Degut a que aquesta estació queda fora la zona d'espècial conservació (ZEC), hem trobat diferències en la diversitat d'espècies entre les zones ZEC i les no



ZEC, ja sigui en el nombre d'espècies com en la seva abundància. Per ara no es pot afirmar que aquesta diferència sigui deguda a la inclusió o no dins de la ZEC, ja que no es fa cap gestió de la pesca diferenciada. Caldrà veure als propers anys de mostreig si es manté aquesta diferència i valorar si realment valdria la pena incorporar-la dins la ZEC actual.

La família d'espècies més present a totes les estacions de mostreig ha estat la dels espàrids (Sparidae), i les espècies més observades dins aquest grup han estat el sarg (*D. sargus*), la salpa (*S. salpa*) i la boga (*B. boops*).

A les estacions més rocoses com Vallcarca-Garrafi i Sitges-Vallcarca són on s'observa la major diversitat, amb la presència d'espècies com *Atherina sp.*, múllids i el seitó. Aquestes estacions coincideixen amb les que presenten uns valors de densitat i biomassa més elevats.

Malgrat no ser un hàbitat òptim per a les espècies més grans i de més interès pesquer, cal destacar l'elevada abundància de peixos a les estacions amb alguers de *P. oceanica*, un dels Hàbitats d'Interès Comunitari present a l'espai i un hàbitat d'interès pesquer (Generalitat de Catalunya, 2013). A les estacions de Vilanova i Sitges hi predomina aquesta fanerògama marina, i és on espècies típiques d'aquests hàbitats com la boga (*B. boops*), la xucla (*S. maena*), la juliola (*C. julis*) o el tord (*S. tinca*) hi són més presents (Guidetti *et al.* 1998, Kalogirou *et al.* 2010, Zubak *et al.* 2017). Els herbassars de fanerògames marines suposen un hàbitat essencial probablement com a zona d'alimentació per a aquestes espècies. Cal destacar les diferències entre les dues estacions, amb una densitat i biomasses més grans a Vilanova en comparació de Sitges i que podrien estar relacionades amb l'estat de conservació de les dues praderies, com es comenta en el descriptor de fanerògames en aquest mateix informe.

Tot i també tractar-se d'una espècie àmpliament distribuïda entre els herbassars, la presència de *Chromis chromis* ha estat escassa, trobant-se només a una estació, la que es troba a la praderia de *P. oceanica* de Vilanova (Guidetti *et al.* 1998, Kalogirou *et al.* 2010).

Pel que fa a les espècies altament vulnerables a la pesca (mero, déntol, sarg imperial, llobarro, orada, moll de roca i corball) només s'han registrat llobarros a l'estació de Sitges-Vallcarca, així com moll de roca a la majoria d'estacions. Cal destacar, però, que les espècies altament vulnerables en àrees amb una pesca intensiva solen distribuir-se en hàbitats més complexos, amb més rugositat espacial, amb fons de blocs i grans blocs amb alta complexitat espacial. L'hàbitat sorrenc i poc rocós de la ZEC Costes del Garrafi no reuneix les condicions òptimes per a moltes espècies de peixos. Aquest fet, junt amb l'impacte de la pesca, fa que les poblacions de peixos d'aquesta zona es trobin limitades a certa densitat i diversitat d'espècies, sent predominants les espècies petites de peixos pelàgics i bentònics.

Conclusions

S'ha observat un patró d'espècies de peixos semblant a totes les estacions de la ZEC Costes del Garrafi mostrejades, tot i que presenten certes diferències.

Les biomasses i densitats de peixos més elevades es registren a les estacions de costa de Sitges-Vallcarca i Vilanova-Sitges.

En quant a la diversitat d'espècies, l'estació amb menys diversitat és la de costa Vilanova Sitges, que queda fora de la zona delimitada pel ZEC.

La família d'espècies amb més biomassa i densitat a totes les estacions és la dels espàrids, amb espècies com *D. vulgaris*, *D. annularis* o *B. boops*.

Altres famílies menys predominants són Labridae, Mullidae, Engraulidae i Atherinidae.

A les estacions amb *P. oceanica* s'han comptabilitzat espècies referenciades anteriorment a d'aquest tipus hàbitat, però en general una biomassa menor que a les estacions de fons rocós com era esperable.

La praderia de Vilanova mostra una densitat i biomassa major que la de Sitges que s'explicaria pel seu millor estat de conservació.



Comunitats mediolitorals

- Les algues de tipus gesses dominen les comunitats mediolitorals a les estacions estudiades de la ZEC Costes del Garraf.
- Les tenasses de *Lithophyllum byssoides* són escasses però presents a les tres localitats, tot i que es troba blanquejat.
- Destaca l'absència d'algues erectes formadores d'hàbitat del gènere *Cystoseira sensu lato* com *Ericaria mediterranea*.
- L'espècie *Eillsolandia elongata* i les algues verdes de creixement ràpid es troben molt desenvolupades a totes les estacions.
- La composició algal d'aquesta comunitat a la zona d'estudi està determinada per la baixa qualitat de les seves aigües.

Introducció

Les zones costaneres es troben entre les més productives i diverses del nostre planeta, proveint una gran quantitat de bens i serveis per a la humanitat, com el reciclatge de nutrients, provisió d'hàbitats i refugi per altres espècies, provisió d'aliment i matèria primera, o aspectes recreatius i culturals (Costanza *et al.* 1997). Aquests hàbitats, no obstant, es troben greument amenaçats per l'elevat nombre d'activitats humanes que es concentren en aquestes zones (Harley *et al.* 2006, Airoldi and Beck, 2007). La contaminació, la sobrepesca, la urbanització, la sobre-freqüentació o la introducció d'espècies invasores són els principals agents de la seva degradació (Crain *et al.* 2008, Coll *et al.* 2010). A més, a totes aquestes perturbacions s'hi han afegit els efectes derivats del canvi climàtic, com és el cas de l'augment de les temperatures, la pujada del nivell del mar o l'increment en la freqüència d'esdeveniments climàtics extrems (Micheli *et al.* 2013). Aquest fet posa en perill l'estat de conservació de les nostres costes, evidenciant la necessitat de monitoritzar-les i gestionar-les adequadament.

La zona d'interfase entre l'aire i l'aigua, s'anomena estatge mediolitoral (Ballesteros, 1992), i és especialment vulnerable a l'impacte de l'home (Figura 23). En aquest ambient s'hi produeix un gradient molt fort de condicions abiòtiques (e.g. humitat, salinitat, temperatura, onatge, aportació de nutrients), fet que permeten desenvolupar hàbitats molt singulars i distribuïts en franges molt estretes seguint una zonació vertical molt marcada (Chappuis *et al.* 2014). En aquest sentit, els hàbitats bentònics d'aquest estatge del litoral sovint són utilitzats com a bioindicadors de canvis ambientals, per la seva exposició a la modificacions del paisatge tan marí com terrestre (Ballesteros *et al.* 2007).



Figura 23. Estatge mediolitoral a la ZEC Costes del Garraf al 2022, estació de Vallcarca-Garraf.

Dins el marc de la costa catalana, a la zona d'estudi (ZEC Costes del Garraf) trobem alguns hàbitats mediolitorals especialment representatius i dominats per espècies com *Ceramium ciliatum*, *Mytilus galloprovincialis*, *Ellisolandia elongata* o *Polysiphonia seratuloides*. Menys freqüentment i en punts localitzats, trobem l'hàbitat "Penya-segats i roques de la part inferior de l'estatge mediolitoral amb *Lithophyllum byssoides*" (Ballesteros *et al.* 2014). La situació exposada de les comunitats mediolitorals fa que aquestes siguin especialment vulnerables a l'impacte físic i a la contaminació, especialment per hidrocarburs (Morhange *et al.* 1992, Rodríguez-Prieto *et al.* 2013). A més, degut a la distribució vertical dels seus hàbitats, aquests són vulnerables a



variacions en el nivell del mar, ja que pot ocasionar que espècies de l'infralitoral creixin per sobre dels mediolitorals com *L. byssoides* (Verlaque, 2010, Thibaut *et al.* 2013), substituint-los. Pot ser el cas d'espècies de creixement ràpid com altres d'algues vermelles (*Ellisolandia elongata*), musclos (*Mytilus galloprovincialis*) o, quan els nivells de contaminació són molt elevats, per algues verdes (*Ulva*, *Cladophora* i *Enteromorpha*) (Hereu *et al.* 2021).

En el present treball, per tal de mesurar el possible impacte que pateix el mediolitoral en aquest tram de costa, s'han triat una sèrie d'espècies representants de la comunitat (esmentades anteriorment), algunes d'elles bioindicadores i formadores d'hàbitat com l'alga *Lithophyllum byssoides*. Aquesta última, té un paper estructural important en aquest hàbitat.

Lithophyllum byssoides és una alga vermella coral·linàcia que forma tal·lus crostosos rígids i calcificats, i que pot anastomosar-se formant un tal·lus continu. Aquesta espècie es troba a l'estatge mediolitoral inferior, sobre roques en zones exposades a l'hidro dinamisme, i en determinades zones, sota roques verticals molt batudes i poc il·luminades, el creixement continu d'aquesta espècie, juntament amb altres espècies d'algues coral·linals, origina una bioconcreció formant estructures contínues amb un creixement perpendicular a la roca, anomenades tenasses o *trottoir* (Laborel, 1987, Ballesteros, *et al.* 1984). Aquestes tenasses poden mesurar des d'uns quants centímetres fins a més d'un pam de potència, tot i que en determinades zones pot arribar a tenir més d'un metre. Malgrat que el creixement de *L. byssoides* és relativament ràpid comparat amb altres macroalgues coral·linàcies, i té una certa capacitat de recuperació després de pertorbacions, la formació de les tenasses és un procés llarg que pot trigar centenars d'anys (Laborel, 1987, Verlaque, 2010). Aquesta estructura ocupa la part mediolitoral, de forma que genera uns hàbitats molt diferenciats, separats per pocs centímetres en vertical. A més, entre els intersticis d'aquesta estructura s'hi troba una gran diversitat d'organismes. Així, aquesta bioconstrucció genera una gran diversitat associada, fet pel que *L. byssoides* es considera una espècie enginyera d'una gran importància ecològica (Boudouresque, 2004, Verlaque, 2010, Ballesteros *et al.* 2013).

Degut a la seva importància i vulnerabilitat, aquest hàbitat ha estat seleccionat com a bioindicador d'alta qualitat ambiental en el marc de la Directiva Europea de l'Aigua (WFD, 2000/60/EC) (Ballesteros *et al.* 2007), així com inclòs en l'Annex I (llista d'espècies de flora estrictament protegides) del Conveni de Berna sobre la conservació de la fauna europea i hàbitats naturals, o en l'Annex II (llista d'espècies en perill o amenaçades) del Protocol sobre zones especialment protegides i la diversitat biològica en el Mediterrani del Conveni de Barcelona.

En el present apartat del Seguiment de la Biodiversitat marina als espais marins protegits que formen part de Natura 2000 i del Pla d'Espais d'Interès Natural (PEIN), s'ha monitoritzat la distribució de les comunitats mediolitorals que es formen al llarg de la franja litoral de la ZEC Costes del Garraf amb l'objectiu de determinar el seu estat de conservació i possibles pertorbacions que estiguin afectant negativament aquests hàbitats tant fràgils. Tot i que la distribució d'aquest hàbitat en aquesta ZEC es molt reduïda, considerem que es important donar una informació de base que serveixi per futurs seguiments.

Material i mètodes

Disseny de mostreig

Per a l'estudi de les comunitats mediolitorals es van seleccionar els punts de la ZEC Costes del Garraf on aquesta comunitat es trobava més representada, i descendint de nord a sud per la costa són els següents: Sitges-Vallcarca, Vallcarca-Garraf i Vilanova-Sitges, cadascuna d'elles situada entre les dues localitats que li donen nom.

Al 2021, entre el 12 i 14 de juliol, es van dur a terme prospeccions prèvies per a poder identificar les zones més adients i representatives, amb formacions de tenasses de *L. byssoides* (*trottoir*) o comunitats mediolitorals formades a la costa d'aquesta ZEC.

El 16 de juny del 2022 es van dur els mostrejos d'aquest indicador a les tres estacions (Taula 8, Figura 24).

Taula 8. Estacions de mostreig de comunitats mediolitorals del 2022 a la ZEC Costes del Garraf.

| ZEC | Estació | Data mostreig |
|-------------------|------------------------|---------------|
| Costes del Garraf | Costa Sitges-Vallcarca | 2022-06-16 |
| | Costa Vallcarca-Garraf | 2022-06-16 |
| | Costa Vilanova-Sitges | 2022-06-16 |

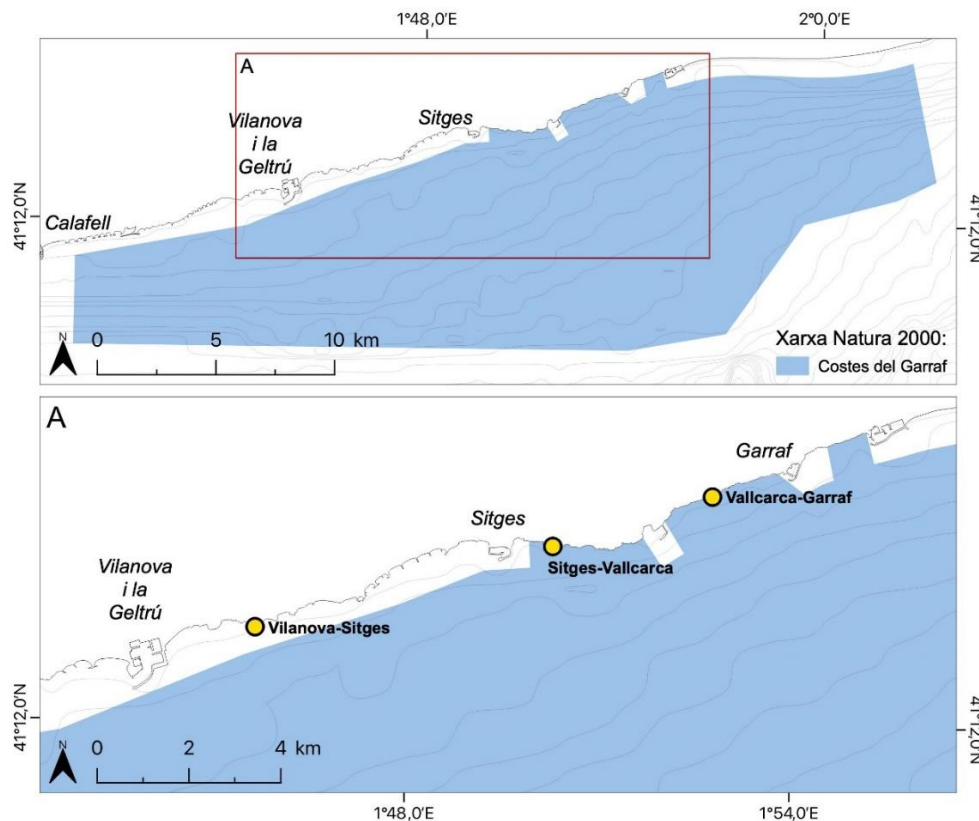


Figura 24. Mapa de les estacions de mostreig de comunitats mediolitorals de la ZEC Costes del Garraf a l'any 2022.

Metodologia de mostreig

La zona d'estudi d'aquest indicador ha estat les Costes del Garraf, una zona marítima amb costes de naturalesa calcària (més d'un 10% de costa rocosa) (Torras et al. 2015) i fons sorrencs (Generalitat de Catalunya, 2022).

Un cop identificats els punts de mostreig de les comunitats mediolitorals, a cadascun d'ells es van realitzar el nombre de fotografies que es va creure adient en funció de la seva extensió, entre 38 i 74 fotos. Per tal de no repetir la mateixa àrea de la comunitat en les fotografies, a les zones més petites es van fer menys fotografies que a les estacions més grans (Taula 9). Es va fotografiar quadrats d'acer inoxidable de 25 x 25 cm, amb un regle en un dels costats com a referència poder fer els anàlisis posteriors (Figura 25).

Taula 9. Número de fotos realitzades a cadascuna de les estacions on s'han mostrejat comunitats mediolitorals a la ZEC Costes del Garraf al 2022.

| ZEC | Estació | Número de fotos |
|-------------------|------------------------|-----------------|
| Costes del Garraf | Costa Valcarca-Garraf | 47 |
| | Costa Sitges-Vallcarca | 74 |
| | Costa Vilanova-Sitges | 38 |

Degut a què a les tenasses hi ha un gradient marcat entre la part més exposada i l'infralitoral superior, les fotografies de cada localitat es varen fer a la part mitja de cada tenassa per evitar la possible variabilitat degut a aquest gradient. D'aquesta manera s'ha obtingut un registre fotogràfic representatiu de tota la comunitat a cada estació de mostreig (Figura 25).



Figura 25. Mostreig de les comunitats mediolitorals a la ZEC Costes del Garraf al 2022.

Les imatges es van analitzar mitjançant el programa Photoshop (CS4) d'Adobe. La composició i cobertura algal es va caracteritzar mitjançant quadrats de 50x50 cm subdividits en 25 quadrats de 10cmx10cm (Figura 26). A cadascun dels 25 subquadrats de cada fotografia s'han registrat les espècies presents.

Les espècies trobades es van determinar a nivell d'espècie quan era possible a partir de les fotografies, en grups de espècies o bé grups morfològics/funcionals. Les categories i espècies analitzades han estat les següents:

- Dictyotals
- Algues verdes filamentoses: *Cladophora* sp.
- Rodòfits no calcaris: *Hypnea* sp., *Ceramium* sp.
- Rodòfits calcaris: *Ellisolandia elongata*, *Jania* sp.
- *Ralfsia verrucosa*
- *Padina pavonica*
- *Lithophyllum byssoides*: viu i blanquejat
- Algues calcàries incrustants
- Invertebrats sèssils: *Mytilus* sp., *Patella* sp., *Balanus* sp.

Aquestes dades ens permetien determinar:

- La composició de la comunitat.
- Percentatge de cobertura algal de cada una de les espècies/categories identificades: gràfic de cobertura mitjana per a cada categoria i grup d'espècie i subzona.
- Tipus de comunitat/grups funcionals:
 - Algues erectes principals del gènere *Cystoseira sensu lato*.
 - Altres algues erectes: *P. pavonica*, *R. verrucosa*, dictyotals
 - Algues tipus *gespes* ("turf" en anglès): *E. elongata*, algues verdes filamentoses, rodòfits no calcaris
 - Algues calcàries incrustants: *L. byssoides* i altres espècies
 - Roca pelada

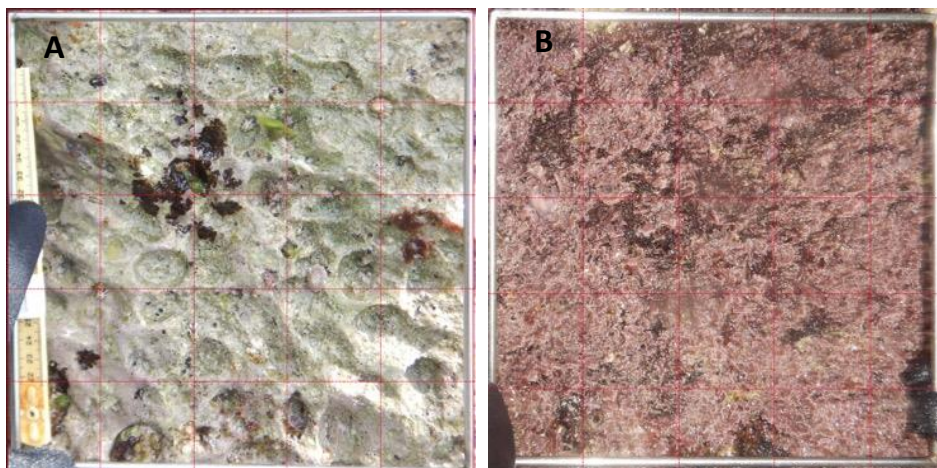


Figura 26. Exemples de fotografies analitzades amb Photoshop (CS4), d'un quadrat de 50x50cm subdividit en 25 subquadrats de 10x10cm. A) *L. byssoïdes* a l'estació Costa Sitges-vallcarca. B) *E. elongata* a l'estació Vilanova-Sitges

Resultats

Vallcarca-Garra

L'estació de Vallcarca-Garra es situa al nord de la ZEC Costes del Garraf, entre les localitats de Garraf i Vallcarca. En aquesta zona s'han analitzat un total de 47 quadres aleatoris que representen tota la comunitat mediolitoral.

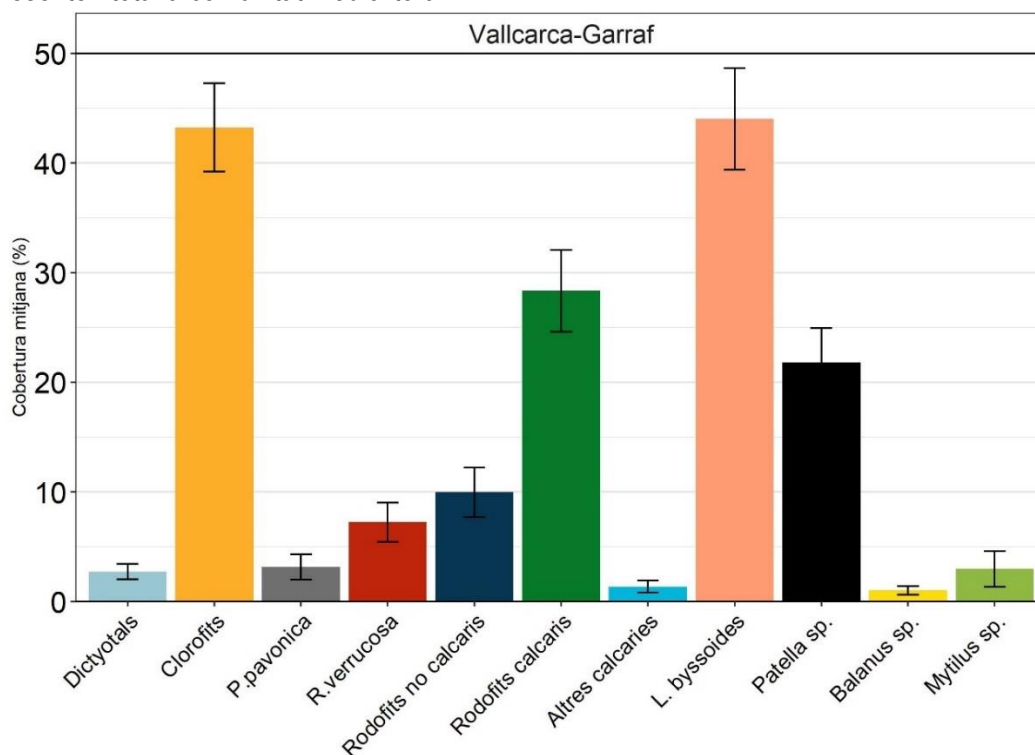


Figura 27. Gràfic del percentatge de cobertura mitjana de cada grup analitzat al 2022 a l'estació Vallcarca-Garra, a la ZEC Costes del Garraf.

Els resultats obtinguts de l'anàlisi d'aquesta estació mostren una clara predominància d'alguns grups: cloròfits (incloent espècies com *Cladophora sp.*, o *Chaetomorpha sp.*), *Lithophyllum*

byssoïdes i de diverses algues tipus gesses amb cobertures del 43%, 44% i 36%, respectivament. Pel que fa a la resta de grups analitzats, els rodòfits calcaris tenen una cobertura mitjana del 28%, *Patella sp.* del 20% i els rodòfits no calcaris (*Hypnea sp.*, *Ceramium sp.*) un 10%. Per últim, les espècies menys representatives són les dictyotals, les algues calcàries, *Pavina pavonica* i altres invertebrats sèssils com *Balanus sp.* i *Mytilus sp.*, amb valors de cobertura mitjana aproximats del 2,5% (Figura 27).

La Figura 28 mostra el percentatge de cobertura mitjana de cada tipus de comunitat. S'observa una major representació de algues tipus gesses (66%), tot i que les calcàries incrustants també són representades en un 44%. De fet, relacionant els resultats obtinguts amb les fotografies mostrejades, observem com, en aquesta zona, la franja d' *E. elongata* es troba força avançada dins el límit inferior de l'estatge mediolitoral, formant un cinturó format just per sobre del nivell del mar en alguns punts (Figura 29b). Per últim, les categories d'algues erectes i roca pelada tenen cobertures similars (aproximadament d'un 10%), i no s'ha observat cap espècie de *Cystoseira sensu lato*.

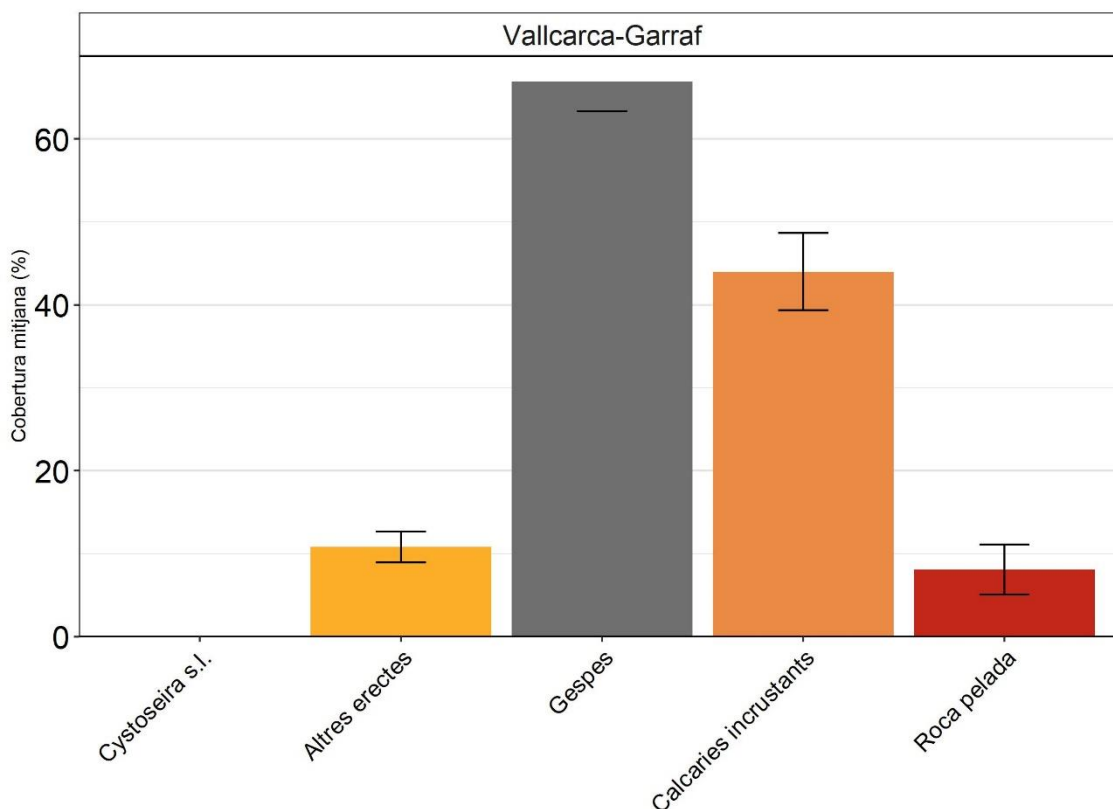


Figura 28. Percentatge de cobertura mitjana de cada tipus de comunitat al 2022 a l'estació Vallcarca-Garraf a la ZEC Costes del Garraf.

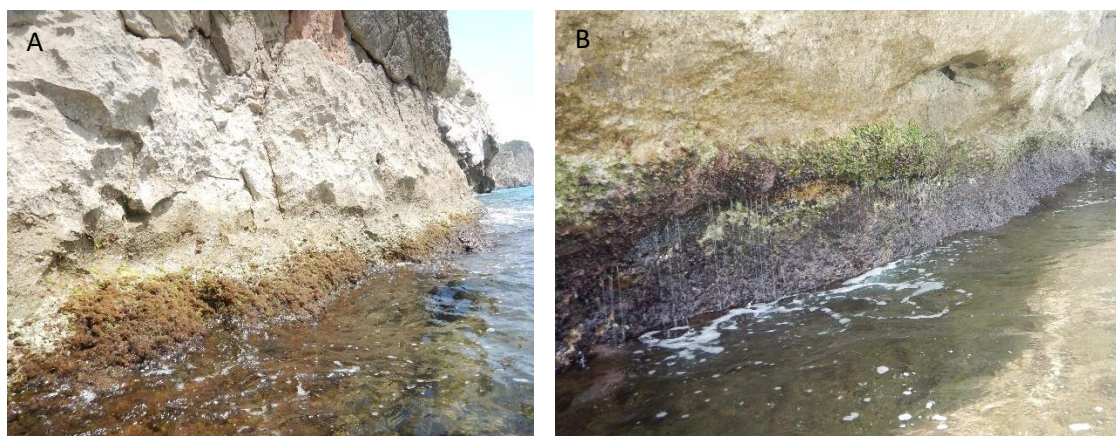


Figura 29. Fotografies de l'estatge mediolitoral a l'estació Vallcarca-Garrafi a la ZEC Costes del Garraf al 2022. A) Dominància d'*algues tipus gespes* B) Cinturó de *E. elongata*.

Com mostra la Figura 27, la presència de *L. byssoïdes* és força representativa, especialment a les cotes més altes de l'estatge. En aquesta estació, però, trobem més *L. byssoïdes* blanquejat que en bon estat, amb valors del 42% i 20%, respectivament (Figura 30).

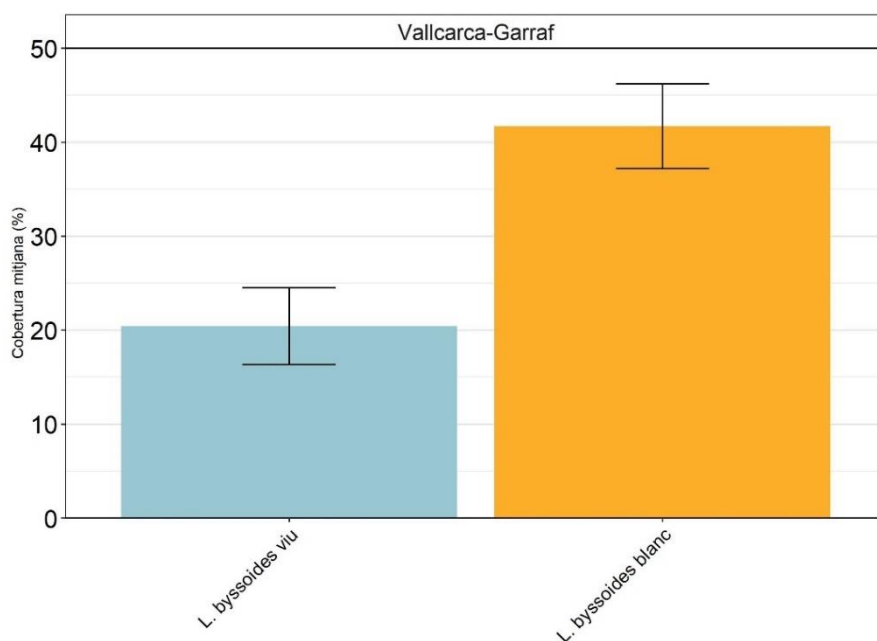


Figura 30. Gràfic de la cobertura mitjana de *L. byssoïdes* viu *L. byssoïdes* blanquejat a l'estació de Vallcarca-Garrafi, a la ZEC Costes del Garraf al 2022.

Tot i que no formen un cinturó en si, les algues verdes es troben presents a la majoria de fotografies analitzades i també tenen una elevada cobertura, ja que acompanyen el *L. byssoïdes* gairebé en tota la seva extensió (Figura 31).

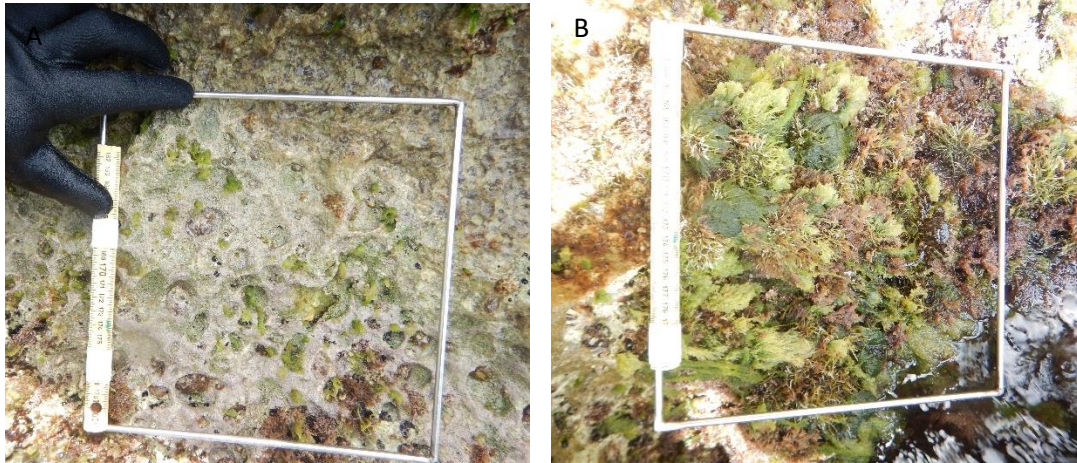


Figura 31. Fotografies del mostreig de l'estatge mediolitoral a l'estació Vallcarca-Garraf a la ZEC Costes del Garraf al 2022. A) Quadre de *L. byssoides* analitzat, amb presència d'algues verdes. B) Quadre analitzat amb dominància d'algues verdes.

Sitges-Vallcarca

L'estació de Sitges-Vallcarca es troba, latitudinalment, al mig d'aquest ZEC, entre les poblacions de Vallcarca i Sitges. En aquesta zona s'han analitzat un total de 74 quadres aleatoris que representen tota la comunitat mediolitoral.

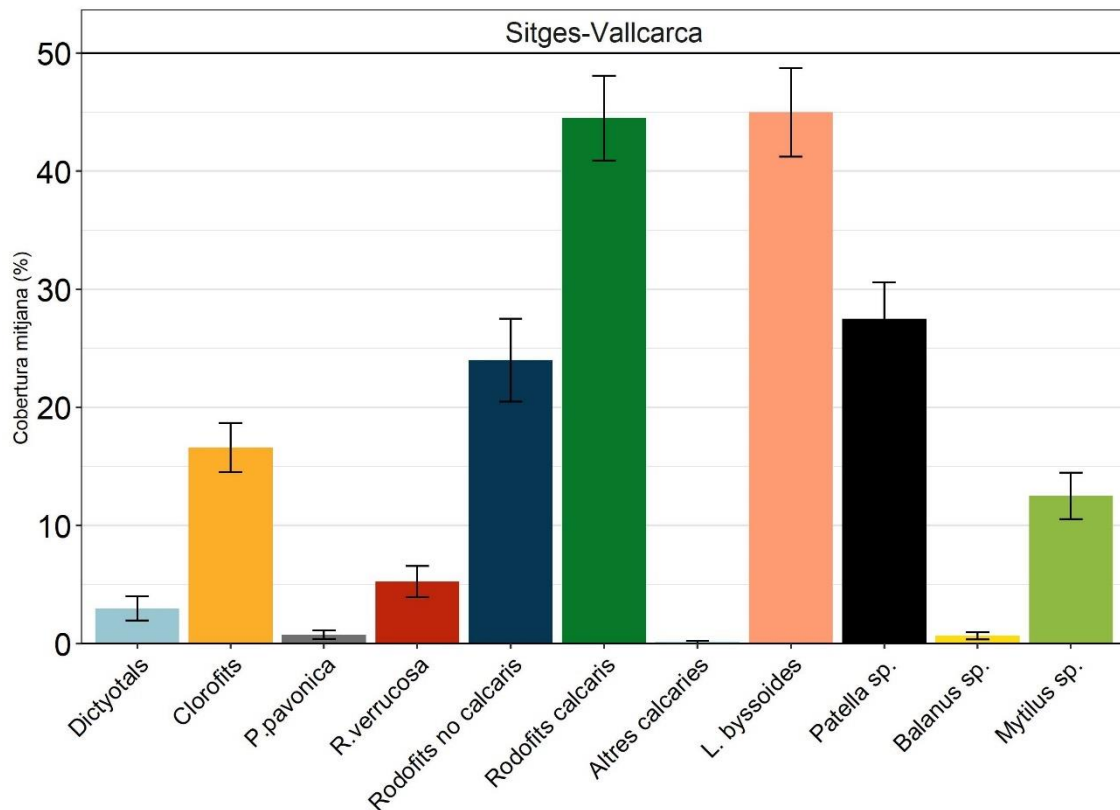


Figura 32. Gràfic del percentatge de cobertura mitjana de cada grup analitzat al 2022 a l'estació Sitges-Vallcarca, a la ZEC Costes del Garraf.

Els resultats obtinguts de l'anàlisi d'aquesta estació mostren una predominança de certs grups: rodòfits calcaris (*E. elongata*) i *L. byssoïdes*, amb un 44,5 i 45% de cobertura mitjana, respectivament. Tot i tenir percentatges més reduïts, l'espècie *Patella sp.*, els rodòfits no calcaris i els cloròfits també hi són presents amb valors del 28%, 24,5%, 23% i 17%, respectivament. Per últim, les dictyotals, *Balanus sp.* i *P. pavonica* es troben en molt menor abundància (Figura 32).

La Figura 33 mostra el percentatge de cobertura mitjana de cada tipus de comunitat. El patró obtingut és similar a l'estació anterior: s'observa una major representació d'algues tipus gesses (60%) (Figura 34b), tot i que les calcàries incrustants també són representades en un 43%. De fet, relacionant els resultats obtinguts amb les fotografies mostrejades, observem com, en aquesta zona a l'igual que la zona anterior, la franja d' *E. elongata* es troba força avançada dins el límit inferior de l'estatge mediolitoral, formant un cinturó format just per sobre del nivell del mar en alguns punts (Figura 34a). La roca pelada ocupa un 23% i les algues erectes tenen una cobertura del 8%. Per últim, no s'ha observat cap espècie de *Cystoseira sensu lato*.

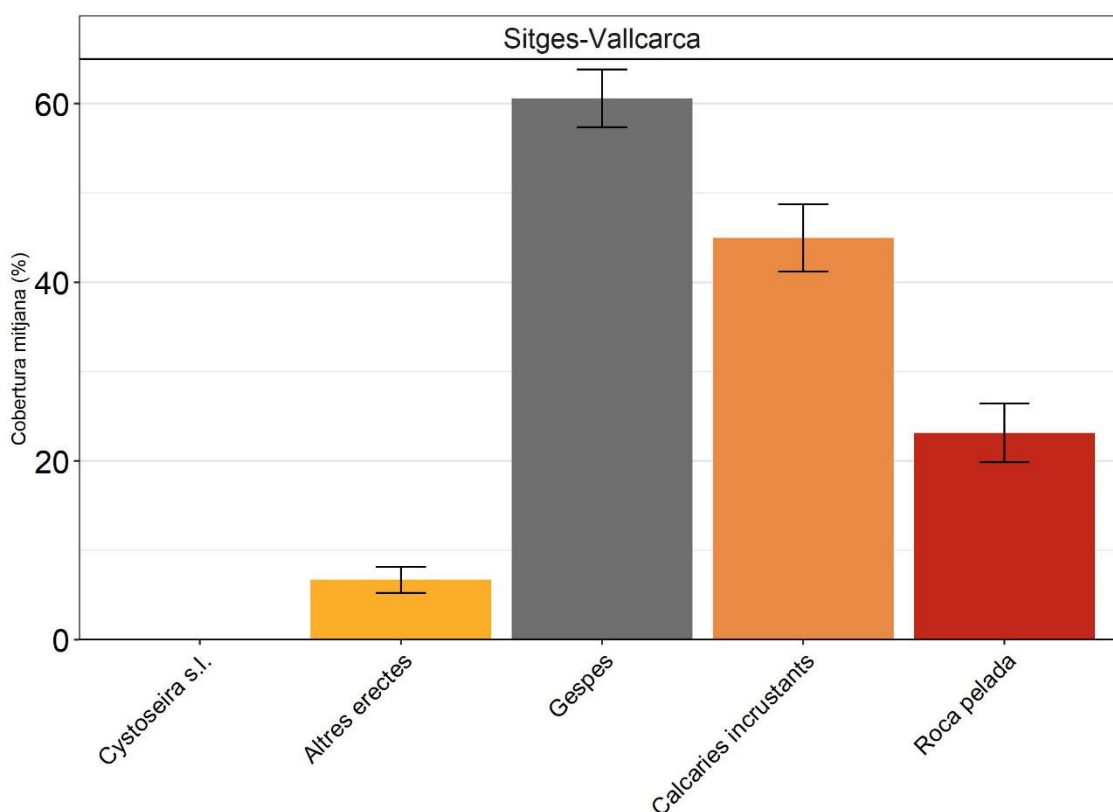


Figura 33. Percentatge de cobertura mitjana de cada tipus de comunitat al 2022 a l'estació Sitges-Vallcarca a la ZEC Costes del Garraf.

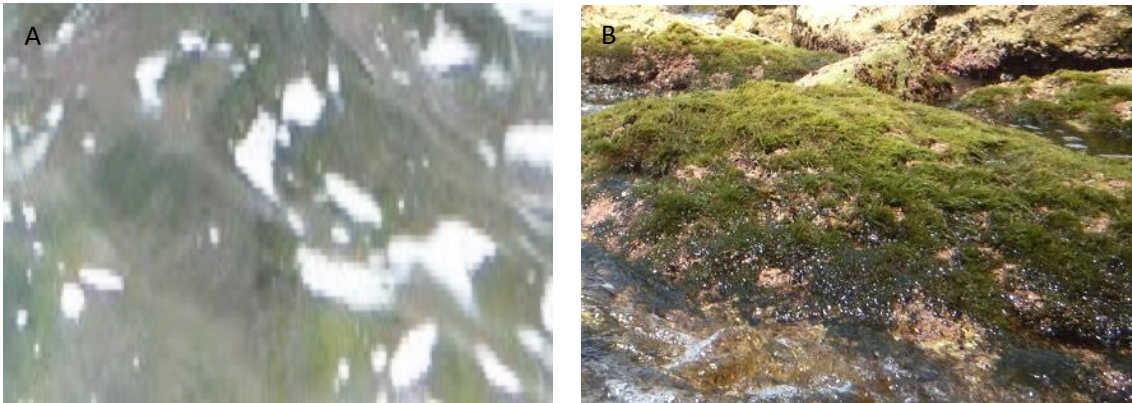


Figura 34. Fotografies de l'estatge mediolitoral a l'estació Sitges-Vallcarca a la ZEC Costes del Garraf al 2022. A) Cinturó d'*E. elongata*. B) Estatge dominat per algues tipus gesses, concretament per rodòfits no calcaris com *Ceramium ciliatum*.

Com mostra la Figura 32, la presència de *L. byssoides* és força representativa i en proporcions semblants, especialment a les cotes més altes de l'estatge. El percentatge de *L. byssoides* viu i blanquejat és molt semblant, amb valors del 35% i 39%, respectivament (Figura 35). Aquest es sol trobar limitat inferiorment per *E. elongata* i per roca per la part superior (Figura 36a). A més a més, es troba acompanyat de l'invertebrat *P. patella* en tota la seva extensió (Figura 36b).

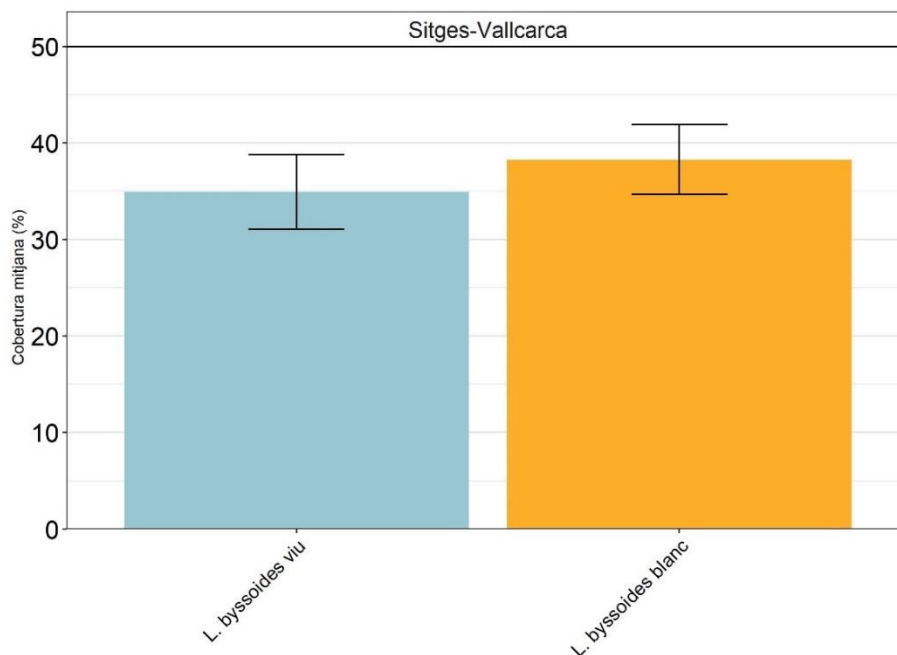


Figura 35. Gràfica de la cobertura mitjana de *L. byssoides* viu *L. byssoides* blanquejat a l'estació Sitges-Vallcarca, a la ZEC Costes del Garraf al 2022.

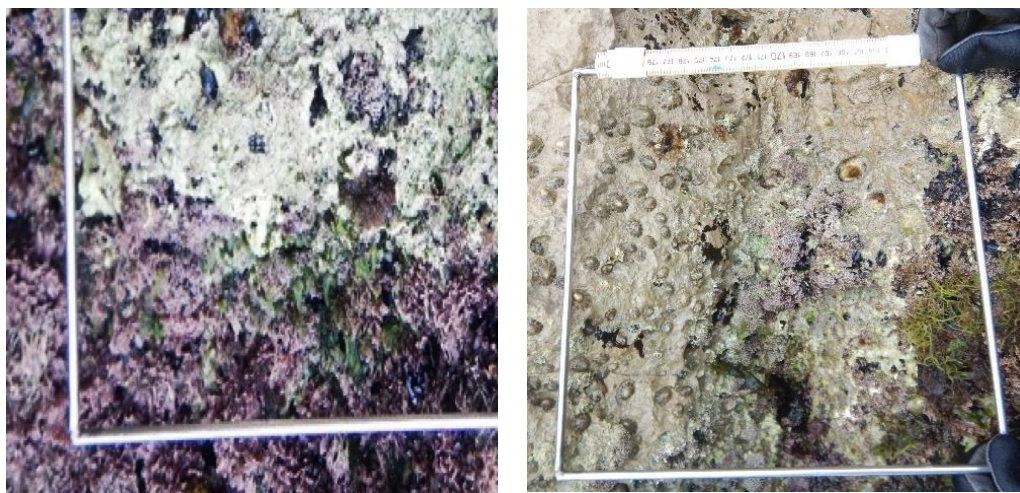


Figura 36. Fotografies del mostreig de l'estatge mediolitoral a l'estació Sitges-Vallcarca a la ZEC Costes del Garraf al 2022. A) Quadre de *L. byssoides* analitzat, amb cinturó d'*E. elongata* a l'inferior i roca a la part superior. B) Quadre analitzat amb molta presència de roca i *P. patella*.

Vilanova-Sitges

L'estació de Vilanova-Sitges es troba al sud d'aquest ZEC, entre les poblacions de Vilanova i Sitges. En aquesta zona s'han analitzat un total de 38 quadres aleatoris que representen tota la comunitat mediolitoral. Es tracta d'una àrea d'estudi petita i emplaçada dins d'una petita badia.

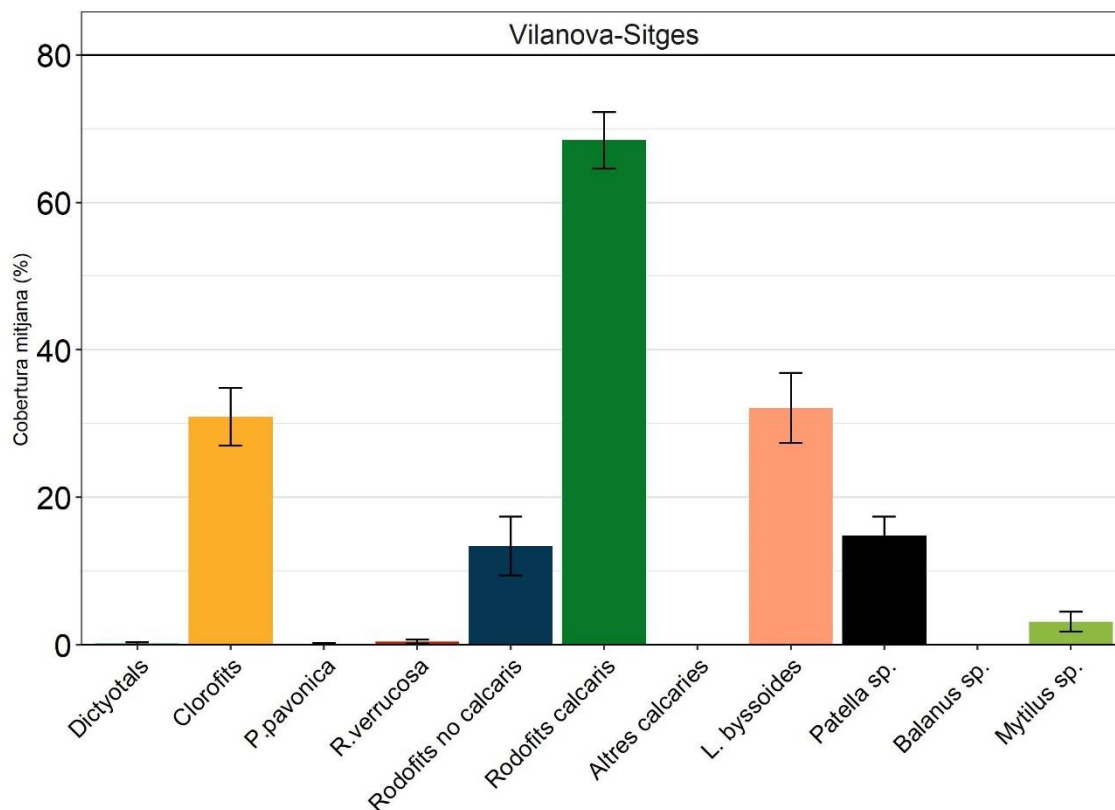


Figura 37. Gràfic del percentatge de cobertura mitjana de cada grup analitzat al 2022 a l'estació Vilanova-Sitges, a la ZEC Costes del Garraf.

Els resultats obtinguts de l'anàlisi d'aquesta estació mostren baixos percentatges de cobertura de la majoria de categories, tot i que en destaquen algunes: com són els rodòfits calcaris (69%), i seguidament destaquen el *L. byssoïdes* (32%) i els cloròfits (31%). Altres categories presents però amb menys cobertura són els rodòfits no calcaris (14%), *Patella sp.* (15%) i *Mytilus sp.* (4%). Aquesta estació és la que compta amb menys varietat de categories ja que no s'hi troben dictyotals, altres calcàries, *Balanus sp.* ni *P.pavonica* (Figura 37).

La Figura 38 mostra el percentatge de cobertura mitjana de cada tipus de comunitat. El patró obtingut és similar a les estacions anteriors: s'observa una major representació d'algues tipus gespes (71%). Les calcàries incrustants i la roca pelada tenen cobertures semblants, del 30% i 34%, respectivament. No s'ha trobat cap alga del gènere *Cystoseira sensu lato* i el percentatge d'altres erectes és del 2%.

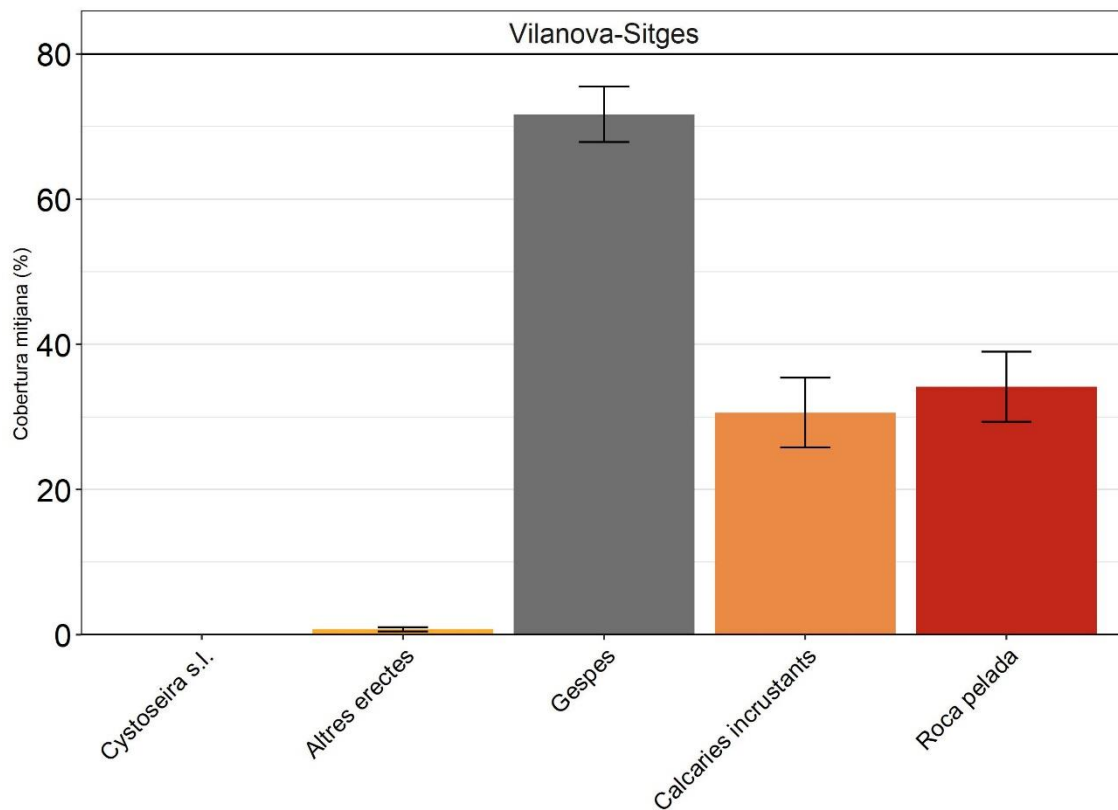


Figura 38. Percentatge de cobertura mitjana de cada tipus de comunitat al 2022 a l'estació Vilanova-Sitges a la ZEC Costes del Garraf.

Relacionant els resultats obtinguts amb les fotografies mostrejades, observem com, de la mateixa manera que a les estacions anteriors, en aquesta zona la franja d' *E. elongata* també es troba força avançada dins el límit inferior de l'estatge mediolitoral, formant un cinturó format just per sobre del nivell del mar en alguns punts. Paral·lelament, les algues verdes filamentoses són molt abundants en aquesta zona i sovint es troben rodejant *L. byssoïdes* o a l'estatge superior del mediolitoral (Figura 39).

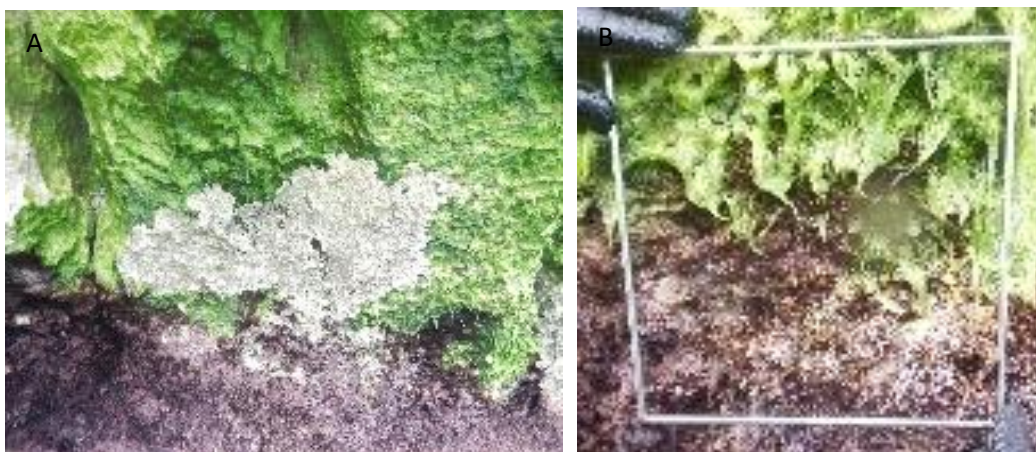


Figura 39. Fotografies del mostreig de l'estatge mediolitoral a l'estació Vilanova-Sitges a la ZEC Costes del Garraf al 2022. A) *L. byssoides* rodejat de *E. elongata* per ala part inferior i algues verdes a la part superior. B) Quadre analitzat amb presència d'*E. elongata* a la part inferior i d'algues verdes filamentosos a la part superior.

Com s'observa a la Figura 40, el *Lithophyllum byssoides* viu i blanquejat es troba representat en percentatges semblants, aquest cop rodejat de molta roca a l'estatge superior i acompanyat d'animals sèssils com *P. patella* i *Mytilus sp* (Figura 41).

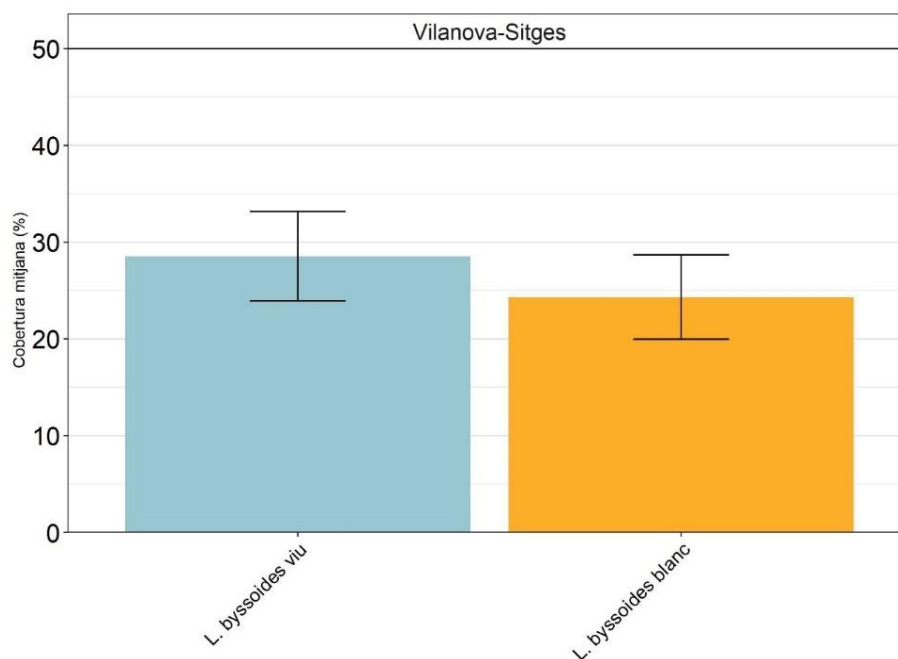


Figura 40. Gràfica de la cobertura mitjana de *L. byssoides* viu *L. byssoides* blanquejat a l'estació Vilanova-Sitges a la ZEC Costes del Garraf al 2022.

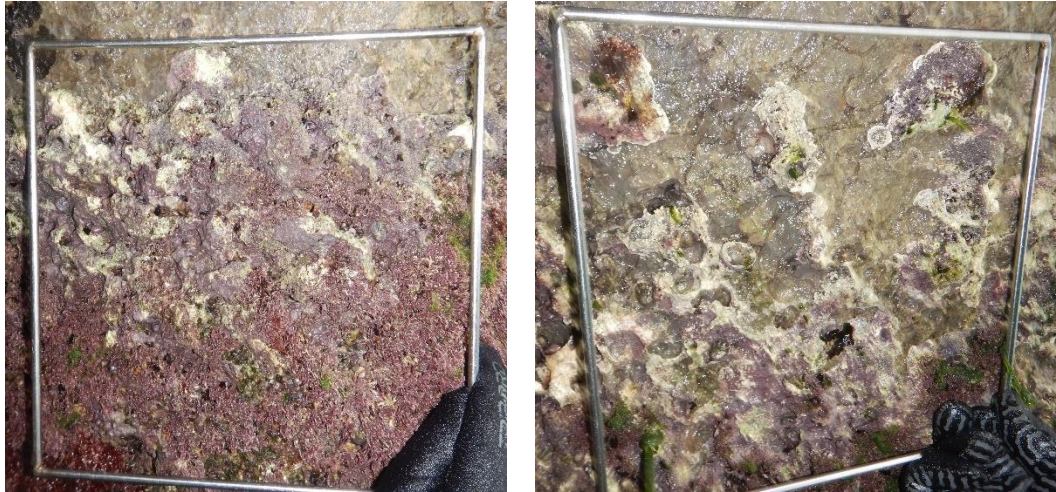


Figura 41. Fotografies del mostreig de l'estatge mediolitoral a l'estació Vilanova-Sitges a la ZEC Costes del Garraf al 2022. Quadres amb *L. byssoides* blanc, *L. byssoides* viu i roca a l'estatge superior.

Discussió

Les comunitats mediolitorals formen hàbitats situats entre el nivell més alt i més baix de les marees. L'amplada d'aquest hàbitat és variable però al Mediterrani és relativament estreta i és la franja litoral amb més alta productivitat del bentos, estant directament relacionada amb l'hidro dinamisme i les marees (Polo i Rodríguez, 1989).

Enguany s'ha dut a terme un anàlisi descriptiu de les principals espècies i comunitats mediolitorals a 3 punts de la ZEC Costes del Garraf. En aquest s'ha pogut constatar el percentatge de cobertura mitjana de cadascuna de les categories i comunitats establertes, tenint així una visió general de l'estat i composició algal d'aquestes estacions.

A les estacions analitzades s'observa un cert patró en comú, ja que, en general, hi ha categories que són predominants. Són especialment semblants les distribucions de cobertura de mitjana de les categories entre les estacions de Sitges-Vallcarca i Vallcarca-Garraff, mentre que l'estació Vilanova-Sitges presenta uns valors més baixos de diversitat i cobertura de grups. Aquestes semblances poden explicar-se per la proximitat de les estacions, ja que aquesta última (Vilanova-Sitges) es troba considerablement més al sud que la resta, mentre que Sitges-Vallcarca i Vallcarca-Garraff es troben més a prop l'una de l'altre. A més a més, com ja s'ha comentat anteriorment, l'estació de Vilanova-Sitges ocupa una petita franja de costa en forma de badia poc exposada i força protegida de l'hidro dinamisme. Aquests són factors rellevants que determinen la presència i abundància de les diferents espècies en les comunitats del mediolitoral (Cefali *et al.* 2016). Tant el tipus de substrat com la verticalitat d'aquest (important en la supervivència d'espècies com *L. byssoides*), però, és el mateix a tota la zona d'estudi.

L'hidro dinamisme juga un paper important en la dinàmica de les comunitats mediolitorals, ja que on aquest és elevat i la renovació d'aigües és constant s'hi troba una major disponibilitat de nutrients, fet que possibilita la supervivència d'una gran varietat d'espècies i comunitats (Polo i Rodríguez, 1989). El grau d'exposició, així com la verticalitat del substrat, modulen el patró vertical d'espècies en aquest estatge (Chappius *et al.* 2014), i això explica que a les estacions de Sitges-Vallcarca i Vallcarca-Garraff, més exposades, s'hi observi una major diversitat d'espècies. Pel què



fa a la cobertura mitjana dels grups estudiats, destaquen espècies com *L. byssoides*, els rodòfits calcaris (*E. elongata*), els cloròfits (*Cladophora sp.*, *Ulva sp.*) i *Patella sp.*

Aquesta distribució i zonació d'espècies reflecteix l'estat de la comunitat així com la qualitat de l'aigua, ja que l'eutrofització, contaminació o l'augment de temperatura d'aquesta poden provocar canvis en la composició d'espècies i estructura de les comunitats (Chappuis *et al.* 2014, Littler & Murray, 1975, Gorostiaga, 1996). A una comunitat mediolitoral en bon estat hi predominen espècies formadores d'hàbitat com *Lithophyllum byssoides* i algues del gènere *Cystoseira sensu lato*. En canvi, quan aquesta ha patit algun tipus d'afectació, aquests hàbitats solen ser substituïts per espècies de creixement ràpid i resistents davant factors ambientals d'estrès, com *Ellisolandia elongata*, musclos (*Mytilus galloprovincialis*) (Pinedo *et al.* 2013, Torras *et al.* 2015). Quan els nivells de contaminació i eutrofització són elevats es pot donar lloc un alt creixement algues verdes oportunistes (*Ulva sp.*, *Cladophora sp.* i *Enteromorpha sp.*) (Anton *et al.* 2018, Chappuis *et al.* 2014, Hereu *et al.* 2021, Torras *et al.* 2015, Pinedo *et al.* 2013).

Observem com a la ZEC Costes del Garraf és especialment elevada la cobertura d'algues verdes i d'*E. elongata*, que degut a l'augment del nivell del mar, està pujant el seu límit superior, competint per l'espai i desplaçant *L. byssoides*. L'abundància d'espècies tipus gespes i l'absència d'algues del gènere *Cystoseira sensu lato*, indiquen que la qualitat de l'aigua no es bona. Tot i així cal destacar la presència de *L. byssoides* en les tres localitats estudiades, que si que es una indicadora de bona qualitat, tot i que molt d'aquest es troba blanquejat. La cobertura de *L. byssoides* viu i blanquejat té valors semblants excepte a l'estació Vallcarca-Garra, on el valor de *L. byssoides* blanquejat és molt més elevat. El blanquejament de *L. byssoides* és preocupant, ja que les algues calcàries incrustants són espècies enginyeres que amb el seu creixement formen hàbitats allotjant així una gran diversitat d'espècies associades, com és el cas de les tenasses de *L. byssoides*. Com ja s'ha comentat anteriorment, sembla ser que el canvi climàtic, fenomen que no és possible gestionar a nivell local, és un important catalitzador del deteriorament d'aquesta comunitat.

Encara que no sigui possible evitar o intervenir en l'avanç del canvi climàtic, sí que és possible actuar en pertorbacions locals que poden actuar de forma sinèrgica, com el trepig o la contaminació (Hereu *et al.* 2018). Aquesta espècie i les tenasses tenen una certa resiliència, ja que aquesta alga té un creixement relativament elevat i una certa capacitat de recuperació, i de recolonització del substrat (Verlaque, 2010). Tot i així, si s'alteren les condicions ambientals a les que es troba exposada i a més a més, les pertorbacions són constants, aquesta espècie perd en certa mesura la seva capacitat de recuperació i es pot produir una degradació irrecuperable.

A part de les alteracions provocades per la contaminació de l'aigua i augment de temperatures, com que es tracta d'una comunitat situada a una franja costanera accessible als turistes, visitants i embarcacions, també són especialment vulnerables als impactes físics com el trepig (Hereu *et al.* 2018). Tot i que la pressió i explotació costanera en aquesta zona es considera baixa (ACA, 2018), és recomanable prendre especial atenció en evitar l'efecte erosiu sobre aquesta comunitat, disminuint sempre que sigui possible, la interacció de les persones o embarcacions en aquest hàbitat.

Relacionat amb la qualitat de l'aigua i l'impacte que té aquest paràmetre a les comunitats mediolitorals, cal posar en rellevància la contaminació provinent d'aqüífers subterranis (catalogats amb un estat general dolent) i avocacions en aquesta zona costanera (ACA, 2018, Generalitat de

Catalunya, 2013). De fet, certes espècies d'algues verdes com *Ulva spp.* i *Cladophora spp.* es troben relacionades amb les aportacions d'aigua dolça contaminada a les zones costaneres (Torràs *et al.* 2015). La bibliografia consultada (ACA, 2018), posa de manifest que l'estat general de les masses d'aigua costaneres de Sitges i Vilanova i la Geltrú és dolent, tant pel que fa al compliment dels indicadors biològics com al paràmetres fisicoquímics. La zona de Sitges es troba directament influenciada per les aportacions de les rieres del Garraf i dels aquífers càrstics, suposant un impacte important. Paral·lelament, la cosa de Vilanova i la Geltrú rep més influència de les aportacions d'aigües residual urbanes. En ambdós casos les aigües residuals tractades arriben a mar a través d'emissaris submarins, i degut al suau perfil batimètric d'aquesta franja costanera, aquestes es confinen fàcilment i el moviment i dilució d'aquestes masses d'aigua és limitat (ACA, 2018).

Hem constatat com una sèrie de factors biòtics i abiòtics influeixen en la dinàmica i conservació d'aquesta comunitat, determinant així la seva composició algal: la ZEC Costes del Garraf es caracteritza per comunitats mediolitorals amb una dominància d'algues tipus gesses i una menor abundància d'algues calcàries bioconstructores com *L. byssoïdes* i a més, trobant-se aquest en un mal estat de conservació, altament blanquejat. Destaca la cobertura de roca pelada sense cobertura algal, sent semblant a la d'algues calcàries. La cobertura d'algues de creixement ràpid com les algues verdes és elevada i també destaca *E. elongata*, competint pel substrat i formant llargs cinturons ben establerts a aquesta franja. Per últim, destacar l'absència de l'alga erecte *Ericaria mediterranea* o altres espècies del gènere *Cystoseira sensu lato* a l'estatge mediolitoral, un grup d'espècies amb un important paper estructural e indicadores de bona qualitat de l'aigua i absència de perturbacions importants (Torràs *et al.* 2015, Chappuis *et al.* 2014, Pinedo *et al.* 2013).

Conclusions

Les algues de tipus gesses dominen les comunitats mediolitorals a les estacions estudiades de la ZEC Costes del Garraf.

Les tenasses d'algues calcàries incrustants com *L. byssoïdes* són escasses però presents a les tres localitats, tot i que es troba molt blanquejat.

Destaca l'absència d'algues erectes formadores d'hàbitat del gènere *Cystoseira sensu lato* com *Ericaria mediterranea*.

L'espècie *E. elongata* i les algues verdes de creixement ràpid es troben molt desenvolupades a totes les estacions.

La composició algal d'aquesta comunitat a la zona d'estudi està determinada per la baixa qualitat de les seves aigües.



Comunitats algals i de les poblacions de garotes

- La ZEC Costes del Garraf no compta amb l'hàbitat idoni per a l'establiment i creixement de les poblacions de garotes i comunitats algals, tot i així, trobem zones amb substrat rocós potencialment adequades per a l'assentament d'aquests organismes.
- Tot i que no està permès el marisqueig de garotes en aquesta zona, la densitat d'*Arbacia lixula* i *Paracetrotus lividus* a la ZEC Costes del Garraf és molt baixa.
- És possible que l'efecte sinèrgic de la predació, la manca de substrat adient i la baixa biomassa d'algues fotòfiles en aquesta ZEC sigui la causa de la baixa densitat de garotes.
- La cobertura algal de la ZEC Costes del Garraf es troba dominada per algues de creixement ràpid tipus gespes.
- Aquesta és una comunitat força simplificada, amb una alta cobertura d'espècies estacionals com *Padina pavonica*, *Acetabularia acetabulum* i dictiotals.

Introducció

Les algues juguen un paper clau en l'estructura i el funcionament dels ecosistemes bentònics dels mars temperats. Aquests organismes són molt abundants al Mar Mediterrani, presents des de les zones més someres fins a més de 100 m de fondària, amb més de 1200 espècies descrites (Figuerola *et al.* 2014). En el cas dels fons infralitorals rocosos Mediterranis, les espècies amb un valor estructural més rellevant són les dels gèneres *Cystoseira* sensu lato i *Sargassum*, les quals tenen formes arborescents i configuren comunitats complexes, pròpies de les zones més ben conservades (Sala *et al.* 2012).

D'altra banda, les algues són productores primàries, i per tant, constitueixen la base de la xarxa tròfica, servint d'aliment pels herbívors del Mediterrani, com les garotes i les salpes (Sala *et al.* 1998). Donat el paper clau de les garotes com a principals herbívors del Mediterrani, l'augment de les seves poblacions degut a la desregulació de la xarxa tròfica, pot comportar un excés de pressió d'herbívora, fet que té repercussions negatives a nivell ecològic i paisatgístic, als ecosistemes bentònics litorals. Així, la composició de les comunitats algals i la densitat i estructura de les poblacions de garotes estaran directament relacionades. Per aquest motiu, per entendre la dinàmica dels hàbitats dominats per algues, és necessari estudiar també les poblacions de garotes, ja que són la principal causa de canvis d'aquests hàbitats.

Al present estudi s'han censat les poblacions de les garotes *Paracentrotus lividus* i *Arbacia lixula*, les dues espècies més freqüents en ambients fotòfils (Corcoll, 2012). La garota *Paracentrotus lividus* es una espècie que històricament han patit una major pressió per recol·lecció a la costa catalana, ja que es tracta d'una espècie comercial i el marisqueig de la qual es troba actualment regulada (Generalitat de Catalunya, 2020). En canvi, *A. lixula* és una espècie menys abundant en les nostres costes, però que al ser una espècie termòfila les seves poblacions podrien augmentar com a conseqüència del canvi climàtic i competir amb *P. lividus* (Wangensteen *et al.* 2013, Medrano *et al.* 2019, Medrano *et al.* 2020).

Malgrat el paper clau de les comunitats algals als mars temperats d'arreu, aquestes no estan exemptes dels impactes derivats de les activitats antròpiques, com la sobrepesca, la contaminació, la modificació del litoral, l'erosió causada per arts de pesca, o els efectes del canvi climàtic (Mineur *et al.* 2015). Els efectes del canvi climàtic, com l'augment de la temperatura de l'aigua, també poden afectar les comunitats algals. En altres mars temperats, s'han descrit mortalitats de macroalgues i canvis dràstics en les comunitats degut a l'augment de la temperatura (Wernberg *et al.* 2016). Aquest efecte, a més, es pot veure afavorit per la pressió d'herbivoria de les garotes, que podria arribar a actuar com un factor sinèrgic.

Per aquests motius, l'objectiu del present capítol és avaluar, a la ZEC Costes del Garraf, l'estat de les comunitats algals, així com les abundàncies de les poblacions de les principals espècies de garotes, *Paracentrotus lividus* i *Arbacia lixula*, i determinar així les possibles interaccions entre ambdues comunitats i les possibles perturbacions que estiguin afectant negativament aquests hàbitats. Tot i que la distribució d'aquestes comunitats en aquesta ZEC es molt reduïda, doncs hi ha molt poca extensió de hàbitats de roca dominats per comunitats d'algues fotòfiles, considerem que és important donar una informació de base que serveixi per futurs seguiments.



Material i mètodes

Disseny de mostreig

Per a l'estudi de les comunitats algals i garotes es van seleccionar els punts de la ZEC Costes del Garraf on aquesta comunitat es trobava més representada, i descendint de nord a sud per la costa són els següents: Sitges-Vallcarca, Vallcarca-Garraf i Vilanova-Sitges, cadascuna d'elles situada entre les dues localitats que li donen nom. Destacar que el tram de costa Vilanova-Sitges es troba fora de la ZEC, però donada la poca representativitat d'aquests tipus de fons en la ZEC es va considerar convenient mostrejar-la. Així es poden aportar dades fora de la ZEC que en un futur es podrien incloure dins de l'espai protegit, donada la baixa representativitat d'aquests hàbitats actualment.

El 16 de juny del 2022 es van dur els mostrejos d'aquest indicador a les tres estacions (Taula 10, Figura 42).

Taula 10. Estacions de mostreig de comunitats d'algues i garotes del 2022 a la ZEC de les Costes del Garraf.

| ZEC | Estació | Data mostreig |
|-------------------|------------------------|---------------|
| Costes del Garraf | Costa Sitges-Vallcarca | 2022-06-16 |
| | Costa Vallcarca-Garraf | 2022-06-16 |
| | Costa Vilanova-Sitges | 2022-06-16 |

Metodologia de mostreig

La zona d'estudi d'aquest indicador ha estat les Costes del Garraf, una zona marítima amb costes de naturalesa calcària (més d'un 10% de costa rocosa) (Torras et al. 2015) i fons sorrencs (Generalitat de Catalunya, 2022).

Un cop seleccionats els punts de mostreig amb hàbitats costaners rocosos a poca fondària, a cadascun d'ells es va dur a terme el mostreig dels següents indicadors:

- **Poblacions de garotes:** s'han realitzat 3 transectes de 50 metres de llarg i 1 metre d'ample a cada estació, comptant el nombre d'exemplars de garotes observades, així com l'espècie a la que pertanyien, la seva mida, fondària i hàbitat sobre el que es trobaven.
- **Comunitats algals:** ja que l'hàbitat i la comunitat es troba molt empobrida en aquesta ZEC no s'han pogut obtenir dades quantitatives. S'ha determinat la composició algal mitjançant prospeccions visuals a cadascuna de les zones de mostreig. Durant aquestes s'ha anotat les espècies observades i les característiques de la comunitat.

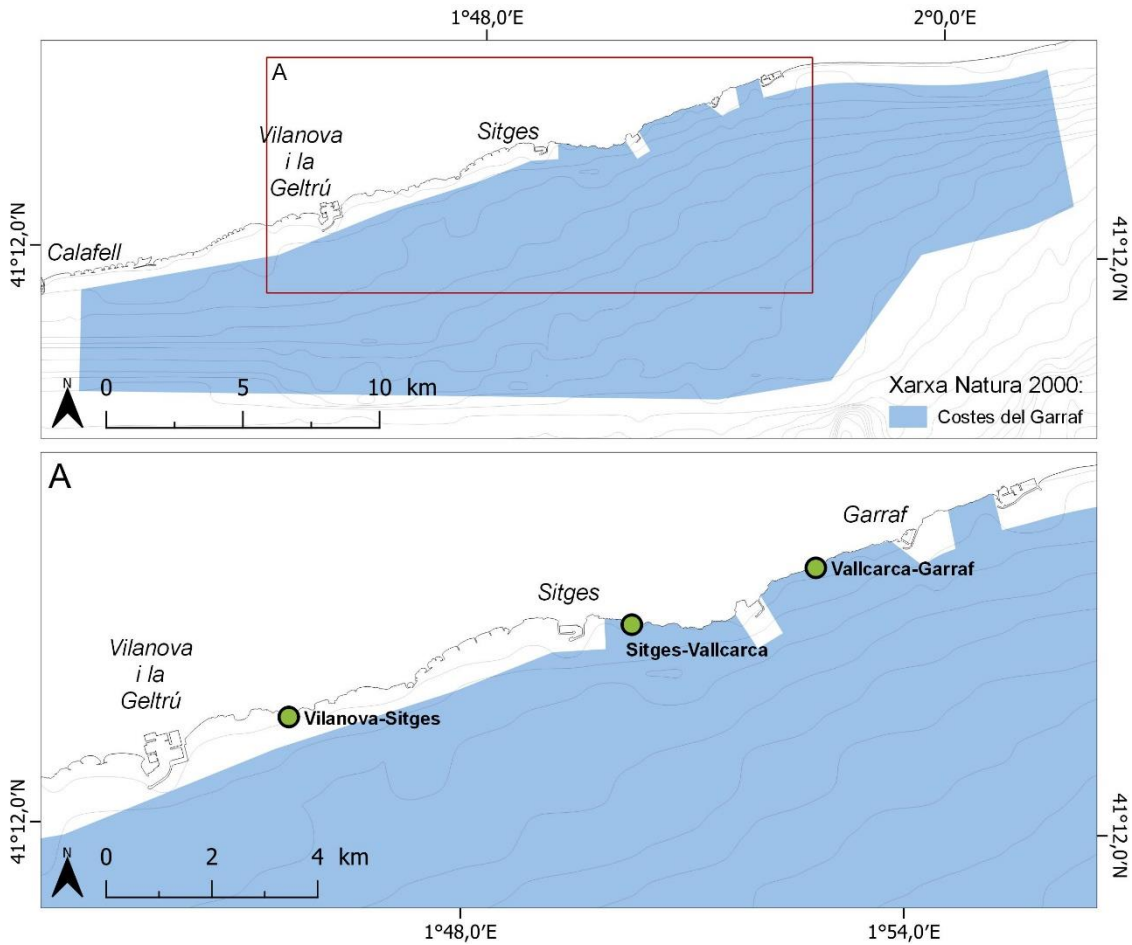


Figura 42. Mapa de les estacions de mostreig de comunitats d'algues i garotes de la ZEC de les Costes del Garraf l'any 2022.

Resultats

Poblacions de garotes

Vallcarca-Garraf

En aquesta estació no es va observar cap exemplar de garota de cap espècie durant el mostreig.

Vilanova-Sitges

En aquesta estació enguany no es va observar cap exemplar de garota de cap espècie durant el mostreig.

Sitges-Vallcarca

a) *Paracentrotus lividus*

A l'estació de Sitges-Vallcarca s'han observat un total de 13 individus de l'espècie *P. lividus*, que representarien una densitat de 0.086 ind/m². L'estructura de talles mostra individus de talles petites i mitjanes (entre 1 i 6 cm), sent els individus d'entre 4 i 5 cm els més abundants, amb 4 individus ambdues categories. Les classes de talles menys abundants són les 1 i 3 cm, amb 1 individu a cadascuna d'elles (Figura 43).

La fondària mitjana a la que s'han observat és de 3 m i el substrat és de roca base i blocs mitjans.

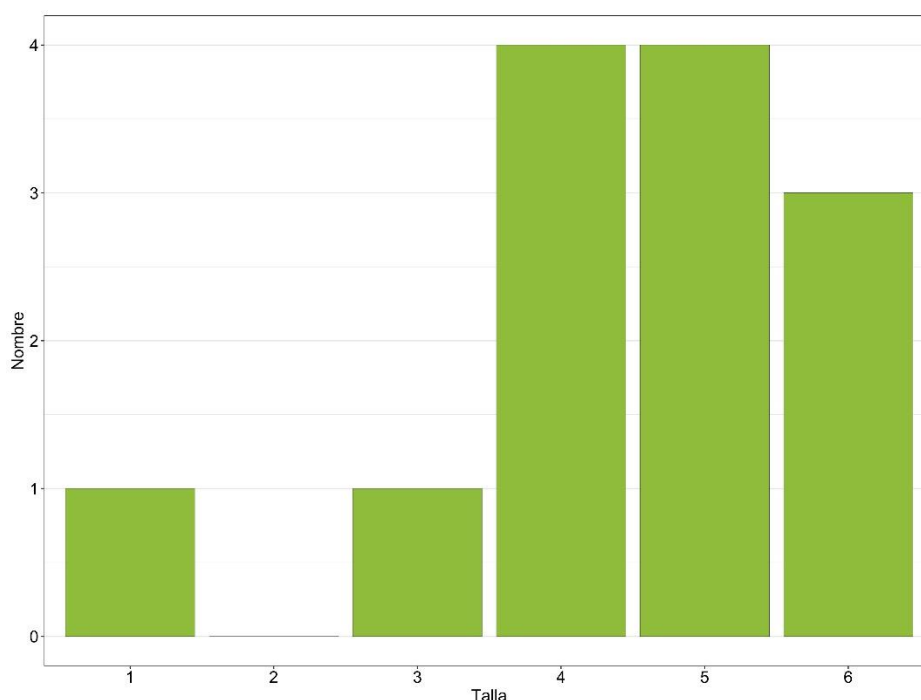


Figura 43. Histograma de l'estructura de talles dels exemplars de *Paracentrotus lividus* observats a l'estació de Sitges-Vallcarca a la ZEC de les Costes del Garraf l'any 2022. N= Nombre d'exemplars identificats.

b) *Arbacia lixula*

A l'estació de Sitges-Vallcarca s'han observat un total de 14 individus de l'espècie *A. lixula*, que representarien una densitat de 0,093 ind/m². Igual que hem observat amb *P. lividus*, l'estructura de talles mostra individus de talles petites i mitjanes (entre 1 i 5 cm), sent més abundant, amb diferència, la classe de talla de 4cm, amb 9 individus observats. De la classe de talla més gran (5cm), s'han identificat 2 individus i de la més petita (1 cm), 1 individu (Figura 44).

La fondària mitjana a la que s'han observat és de 3 m i el substrat és de roca base i blocs mitjans.

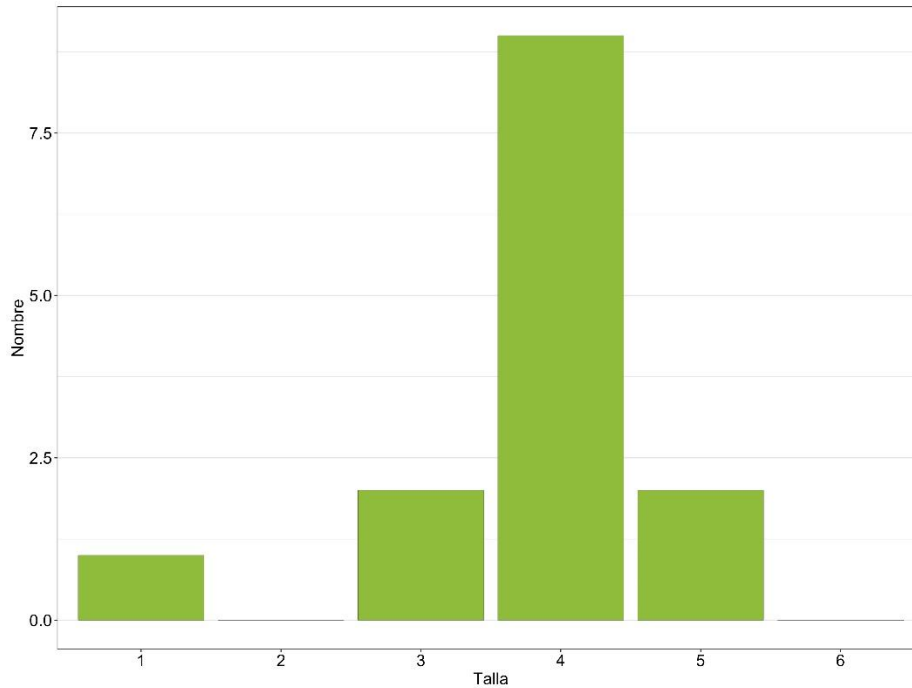


Figura 44. Histograma de l'estructura de talles dels exemplars d'*Arbacia lixula* observats a l'estació de Sitges-Vallcarca a la ZEC de les Costes del Garraf l'any 2022. N= Nombre d'exemplars identificats.

Comunitats algals

Sitges-Vallcarca

Durant la prospecció realitzada a l'estació Sitges-Vallcarca s'observen fons somers majoritàriament sorrencs, amb clapes poc denses de *Posidonia oceanica* i amb grans blocs discontinus i intercalats (Figura 45).



Figura 45. Fotografia de la prospecció realitzada durant el mostreig de comunitats algals a l'estació Sitges-Vallcarca l'any 2022, on s'observen els blocs de roca recoberts de gespes.

Examinant el recobriment algal d'aquests blocs rocosos, es pot observar una comunitat molt empobrida i simplificada, caracteritzada per algues de creixement ràpid tipus gespes (*turf* en

anglès). Paral·lelament, dominen les algues fotòfiles estacionals *Padina pavonica* i dictiotals, ambdues àmpliament esteses i en algunes ocasions formant catifes (Figura 46). Puntualment s'observen petits blocs recoberts d'*Acetabularia acetabulum*.

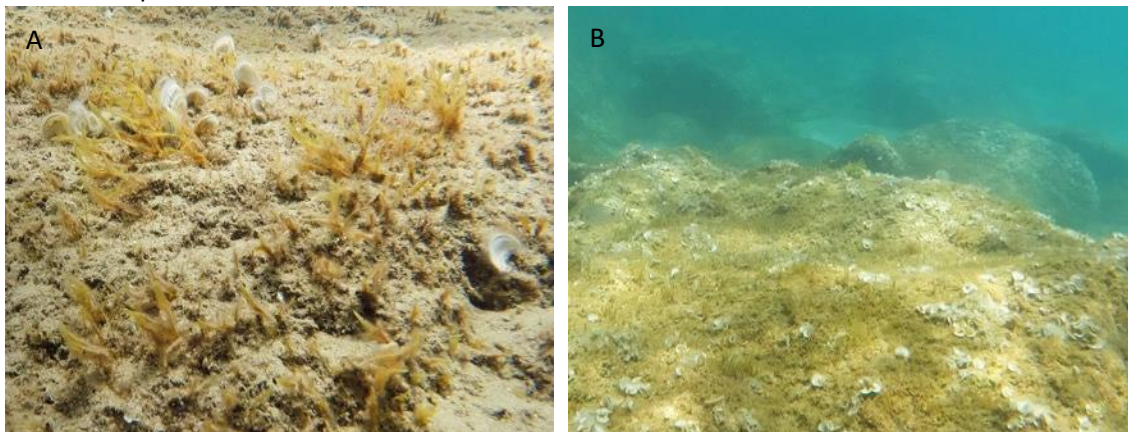


Figura 46. Fotografies de la prospecció realitzada durant el mostreig de comunitats algals a l'estació Sitges-Vallcarca l'any 2022, on s'observa amb detall la presència de *P. pavonica* i dictiotals.

Vallcarca-Garraf

Durant la prospecció realitzada a l'estació Sitges-Vallcarca s'observen fons somers majoritàriament sorrencs, amb clapes poc denses de *Posidonia oceanica*, amb grans blocs discontinus i intercalats, molt semblant al paisatge de l'estació Sitges-Vallcarca però en aquest cas amb més roca base (Figura 47).



Figura 47. Fotografia de la prospecció realitzada durant el mostreig de comunitats algals a l'estació Vallcarca-Garraf l'any 2022, on s'observa la roca base recoberta de gesses de creixement ràpid.

Examinant el recobriment algal d'aquests blocs rocósos, es pot observar una comunitat molt empobrida i simplificada, caracteritzada per algues de creixement ràpid tipus gesses. Paral·lelament, dominen les algues fotòfiles estacionals *P. pavonica*, *A. acetabulum* i dictiotals de grans dimensions (Figura 48a), totes elles àmpliament esteses. Puntualment s'ha observat el cloròfit *Codium vermilara* (Figura 48b).

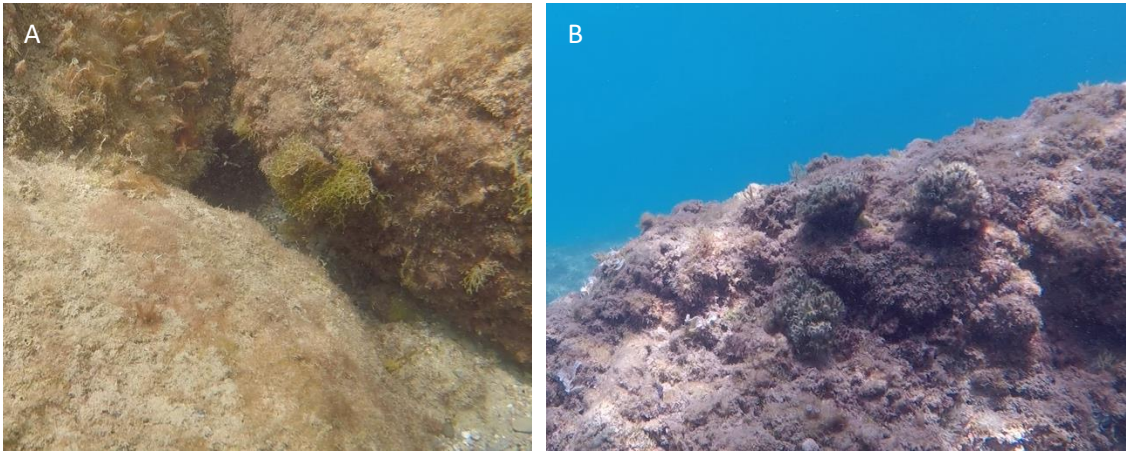


Figura 48. Fotografies de la prospecció realitzada durant el mostreig de comunitats algals a l'estació Vallcarca-Garraf l'any 2022. A) Blocs recoberts d'algues tipus gespes amb dictiotals. B) Fotografia de *C. vermilara*.

Vilanova-Sitges

En aquesta estació el substrat rocós era menys abundant que a Sitges-Vallcarca, ja que hi trobem més cobertura de *Posidonia oceanica*, fons sorrenc i amb còdols (Figura 49).

Tot i així, als trams de roca base identificats es trobaven recoberts de gespes i algues de creixement ràpid tipus gespes. Destaca la cobertura de dictiotals, *P. pavonica* i *A. acetabulum*, tot i que en menys proporció que a l'estació anterior. Puntualment trobem exemplars del rodòfit *Wrangelia penicillata*.



Figura 49. Fotografia on s'observa el paisatge del mostreig de comunitats algals a l'estació Vallcarca-Garraf l'any 2022, dominat per petits blocs i còdols.

Discussió

L'estat de conservació de les comunitats algals i les poblacions de garotes es troba estretament relacionada, ja que mantenen una relació tròfica (Sala *et al.* 1998). El present estudi ha avaluat aquests indicadors a la ZEC Costes del Garraf, formada per substrat de naturalesa calcària i fons sorrencs (Linares *et al.* 2022, Pone i Seoane-Camba, 1979).

Hem observat que la densitat de garotes a les estacions mostrejades és nul·la o molt baixa, amb una abundància similar entre *P. lividus* i *A. lixula*. És de destacar que, tot i que generalment és menys comú a la costa catalana i Mediterrània (Boudouresque, 2013, Sala i Zabala, 1996), en aquesta ZEC *A. lixula* presenta valors molts semblants a *P. lividus*. Aquestes dades coincideixen amb altra bibliografia que posa de manifest l'augment de la densitat d'aquesta espècie competidora, sobrepassant a *P. lividus* en alguns punts de la costa catalana (Generalitat de Catalunya, 2020, Linares *et al.* 2022).

Aquesta baixa densitat de garotes no és deguda al marisqueig i recollida d'aquestes espècies, ja que no s'han cedit permisos per a la pesca de garotes al Garraf. De fet, dades del 2006 ja mostraven la baixa densitat de *P. lividus* i *A. lixula* en aquesta zona, sent de les més baixes registrades a la costa catalana (Generalitat de Catalunya, 2020).

Les poblacions de garotes sovint són controlades per les poblacions de peixos depredadors, que limiten el seu sobrecreixement (Linares *et al.* 2022, Sala i Zabala, 1996, Medrano *et al.* 2019, 2020). Són depredadors de garotes les espècies *Coris julis*, *Diplodus vulgaris* i *Diplodus sargus*, entre altres (Sala i Zabala, 1996).

Observant els resultats de l'estructura de la comunitat de peixos de la ZEC Costes de del Garraf publicats a aquest mateix estudi (Capítol "Seguiment de les comunitats de peixos a la ZEC de les Costes del Garraf"), podem entendre les relacions tròfiques d'aquesta comunitat. A les tres estacions mostrejades *D. sargus* és una les espècies piscívores que presenta valors de densitat més elevats. Així, doncs, és possible que la població de garotes estigui controlada per aquesta espècie de depredador.

Aquest fet podria explicar en certa manera la baixa densitat de garotes, tot i que també cal tenir en compte l'adequació de l'habitat: les poblacions de garotes solen desenvolupar-se en fons somers (de fins a 10-20m de fondària) i rocosos o, en menor mesura, sobre fons de *P. oceanica* (Boudouresque, 2013). Hem observat doncs, que a les Costes del Garraf hi ha certs punts on s'hi troben fons rocosos, tot i que aquests compten amb blocs molt fragmentats i dispersos, així com roca base que no afavoreix la disponibilitat de petits forats i racons amagats que proveeixin de refugi, especialment per als juvenils de garotes (Chiantore *et al.* 2008).

Per últim, les garotes són espècies herbívores, per lo que necessiten un substrat bentònic algal ben desenvolupat per a sobreviure. Fixant-nos en els resultats obtinguts en l'estudi de les comunitats algals observem un estrat molt escàs, simplificat i empobrit i per tant també podríem estar influenciats per la manca de recursos i refugis.

Així doncs, tenint en compte que no hi ha marisqueig de garotes en aquesta zona, és possible que l'efecte sinèrgic de la predació, la manca de substrat adient i la baixa biomassa d'algues fotòfiles en aquesta ZEC siguin la causa de la baixa densitat de garotes registrada.

Pel que fa als resultats obtinguts de l'estudi de les comunitats algals, observem una baixa biomassa i diversitat d'algues a totes les estacions. Dominen les espècies de creixement ràpid tipus gesses, destacant una elevada cobertura de les algues fotòfiles *P. pavonica*, *A. acetabularia* i dictiotals. No hem registrat presència d'algues erectes del gènere *Cystoseira* sensu lato, que són formadores d'hàbitat gracies a la seva estructura tridimensional i generen una gran diversitat de fauna associada (Medrano *et al.* 2020).

Hem constatat que aquesta baixa densitat i diversitat d'algues no és degut a la pressió d'herbivoria que poden causar les garotes, ja que aquestes no es troben en prou quantitat. Així doncs, les característiques i dinàmica d'aquesta comunitat algal poden estar condicionades pel tipus de substrat, com ja hem dit, amb poca superfície rocosa en la què es puguin dispersar les espècies. Un escàs hidrodinamisme també pot afectar a la supervivència de les algues fotòfiles, ja que pot limitar l'aportació i renovació de nutrients (Templado *et al.* 2012).

Cal destacar també el el paper que té la qualitat de l'aigua en el desenvolupament de les comunitats costaneres. Cal posar en rellevància la contaminació provinent d'aqüífers subterranis (catalogats amb un estat general dolent) i abocaments en aquesta zona costanera (ACA, 2018, Generalitat de Catalunya, 2013). La bibliografia consultada (ACA, 2018), posa de manifest que l'estat general de les masses d'aigua costaneres de Sitges i Vilanova i la Geltrú és dolent, tant pel que fa al compliment dels indicadors biològics com al paràmetres fisicoquímics. La zona de Sitges es troba directament influenciada per les aportacions de les rieres del Garraf i dels aqüífers càrstics, suposant un impacte important. Paral·lelament, la costa de Vilanova i la Geltrú rep més influència de les aportacions d'aigües residual urbanes. En ambdós casos les aigües residuals tractades arriben a mar a través d'emissaris submarins, i degut al suau perfil batimètric d'aquesta franja costanera, aquestes es confinen fàcilment i el moviment i dilució d'aquestes masses d'aigua és limitat (ACA, 2018). Finalment els efectes del canvi climàtic, com l'augment de la temperatura de l'aigua, o l'acidificació, també poden afectar les comunitats algals. En altres mars temperats, s'han descrit mortalitats de macroalgues i canvis dràstics en les comunitats degut a l'augment de la temperatura (Wernberg *et al.* 2016). A la Mediterrània, tot i que no s'han detectat efectes sobre les macroalgues erectes, sí que s'han pogut observar mortalitats d'algues calcàries incrustants, detectades al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter (Hereu i Kersting, 2016, Hereu *et al.* 2016). Aquesta mortalitat pot provocar una pèrdua dels hàbitats formats per aquestes algues, a més de una pèrdua de gran part de la cobertura algal en els fons fotòfils (Linares *et al.* 2022).



Conclusions

La ZEC Costes del Garraf no compta amb l'hàbitat idoni per a l'establiment i creixement de les poblacions de garotes i comunitats algals, tot i així, trobem zones amb substrat rocós potencialment adequades per a l'assentament d'aquests organismes.

Tot i que no està permès el marisqueig de garotes en aquesta zona, la densitat d'*Arbacia lixula* i *Paracetrotus lividus* a la ZEC Costes del Garraf és molt escassa.

És possible que l'efecte sinèrgic de la predació, la manca de substrat adient i la baixa biomassa d'algues fotòfiles en aquesta ZEC sigui la causa de la baixa densitat de garotes registrada.

La cobertura algal de la ZEC Costes del Garraf es troba dominada per algues de creixement ràpid tipus gesses.

Tot i la simplificació d'aquesta comunitat, trobem una alta cobertura de *Padina pavonica*, *Acetabularia acetabulum* i dictiotals.

Aquest empobriment de les comunitats algals podria estar causada per diversos factors que actuen sinèrgicament, tot i que d'aquests podrien destacar la dolenta qualitat de les aigües en aquesta ZEC com reflecteixen els informes de l'ACA.

Paisatge

- S'han realitzat 4 transectes batimètics cobrint, cada un, uns 2.400 m².
 - Predominen principalment dos hàbitats, sorres fines o gruixudes infralitorals i fanerògames marines, en concret *Posidonia oceanica* i, en menor mesura, *Cymodocea nodosa*.
 - L'estructura de les praderies canvia a mesura que augmenta la profunditat, incrementa el nombre de clapes de sorra i disminueix la cobertura vegetal.
 - El límit profund de la praderia de Sitges és menor al de la praderia de Vilanova.
- Aquestes variacions del límit i de l'estructura provenen, molt probablement, d'impactes històrics que ara s'han mitigat.
 - L'estructura de la praderia de Sitges és molt fragmentada amb taques de posidònia entre petites (<1 m²) i mitjanes (1-5 m²) i mata morta, mentre que les praderies de Vilanova i Cubelles en general són més contínues.
 - Cal destacar la contaminació per brossa detectada sobretot a Sitges però també a Cubelles.

Introducció

El terme paisatge, utilitzat en diversos camps del coneixement com ara la geografia, la planificació del territori o l'ecologia, s'ha definit de moltes maneres. Totes elles tenen en comú la percepció d'unitats, estructurals o funcionals, a escala superior a la de l'hàbitat (comunitat, ecosistema). L'ecologia del paisatge va incorporar-se al pensament ecològic des de finals del s. XIX, de la mà de l'escola d'edafòlegs russos, i s'ha mantingut present, amb diferents aproximacions, al llarg del S. XX. A finals dels anys 80 del segle passat, els conceptes associats a l'ecologia del paisatge (metacomunitat, metaecosistema, connectivitat...) s'arrelen fortament en el pensament ecològic (Levin, 1992).

L'aproximació al paisatge de l'ecologia consisteix en veure'l com una jerarquia d'elements (paisatge, taca, hàbitat...) encaixats a diferents escales (Pittman *et al.*, 2004) (Figura 50). Cada nivell d'aquesta jerarquia es caracteritza per una escala espacial, de vegades associada a una escala temporal (dimensió temporal característica dels processos que hi tenen lloc). Cal remarcar que l'estudi del paisatge inclou un aspecte estructural (distribució en l'espai de les unitats, extensió, mida i forma de les taques, etc.) i un aspecte funcional (relacions ecològiques i interaccions que s'estableixen entre els elements del paisatge o els organismes que els habiten). Ambdós aspectes poden estudiar-se separatament, si bé està clar que estructura i funció, en el paisatge, estan estretament vinculats.

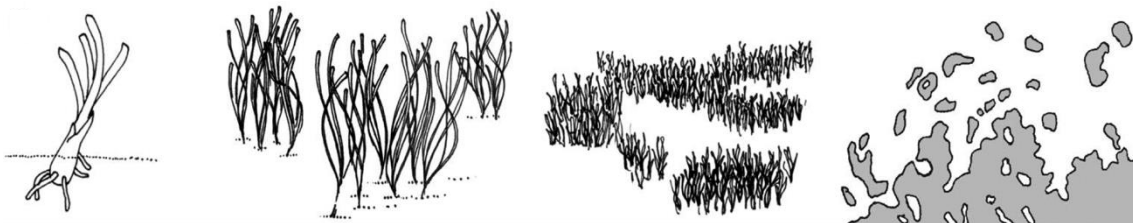


Figura 50. Representació de l'estructura jeràrquica d'un hàbitat de fanerògames marines al paisatge marí costaner, modificada a partir de Boström *et al.* 2011. D'esquerra a dreta, plantes marines vistes a escales creixents de centímetres a quilòmetres.

L'estudi de la natura a escales espacials grans, i en particular l'estudi del paisatge, ens permet detectar certes regularitats que no necessàriament es perceben a escales més reduïdes. Un exemple molt clar el trobem en l'estudi de certes activitats humanes sobre els ecosistemes. Imaginem una comunitat dominada per vegetals (un bosc, o un prat de fanerògames marines), que a causa d'algun impacte es va fragmentant. Un estudi estrictament local (és a dir, l'estudi d'un tros d'un d'aquests hàbitats) ens podria donar com a resultat que l'hàbitat es troba bé. No obstant això, la fragmentació estaria impedit el moviment d'espècies, els fluxos gènics i altres processos, amb conseqüències negatives a mitjà termini. Si bé la nostra capacitat de mostreig es veu molts cops limitada a escales locals, s'ha de fer un esforç per abastar aquestes escales més grans, de manera que l'extrapolació dels resultats no es vegi seriosament limitada (Schneider, 2001).

En l'àmbit de la gestió i conservació del patrimoni natural, els estudis a escala de paisatge dels espais protegits són crucials per, per una banda, identificar la varietat d'hàbitats que hi són presents, la seva estructura, la seva distribució i la seva articulació, i, per altra banda, per detectar

canvis al llarg del temps a escales espacials grans. A la ZEC dels les Costes del Garraf trobem principalment dos hàbitats que predominen, sorres fines o gruixudes infralitorals i fanerògames marines, en concret *Posidonia oceanica* i, en menor mesura, *Cymodocea nodosa*. D'altra banda, tot i que amb molta menys representació, també hi podem trobar fons infralitorals rocosos amb diferents comunitats algals (*Ellisolandia elongata* o *Halopteris scoparia* i *Cladostephus spongiosus*), i amb comunitats de *Mytilus galloprovincialis* (vegeu el primer informe de les ZECS, Linares *et al.* 2022 i capítol “Algues i garotes”).

Els valors patrimonials associats a les praderies de fanerògames marines, així com els serveis o beneficis que se'n deriven per la societat, combinat amb el seu declivi global (Waycott *et al.* 2009, però vegeu de los Santos *et al.* 2019), fan que la seva conservació, especialment en l'àmbit d'espais marins protegits, sigui de gran importància. Per això, juntament per l'elevada representació que té aquest hàbitat en aquesta ZEC, centrarem l'estudi de paisatge en les praderies de fanerògames concretament en *P. oceanica*. L'escala espacial en les fanerògames marines, com a plantes clonals, pren rellevància per la forta jerarquia que presenten. De manera general, consisteixen en una estructura niuada de clons cada un constituït per un conjunt de feixos, que es troben formant praderies contínues o bé un mosaic de taques discretes. Aquesta estructuració en diferents nivells jeràrquics fomenta que les praderies de fanerògames marines siguin ecosistemes altament dinàmics regulats per la combinació d'un gran nombre de processos que operen a diferents escales (Duarte *et al.* 2006).

En general, l'anàlisi del paisatge, com ja hem dit, es pot fer amb un enfoc funcional o estructural. En el cas de la ZEC de les Costes del Garraf, i pels objectius (estat de conservació) i mitjans (dies de mostreig) d'aquest treball, està clar que cal primer l'aproximació estructural. Concretament ens fixarem en les propietats espacials de la praderia (per exemple, la continuïtat de la praderia, presència de clapes de sorra, límits profunds). Per tant, l'objectiu d'aquest treball és obtenir informació a una escala espacial gran (de centenars de metres) sobre les praderies de *P. oceanica*, com a complement del treball d'avaluació i seguiment fet amb una aproximació més local (mostrejos puntuals). L'estructura de l'hàbitat, tal com l'hem definit, és sensible a canvis ambientals, tant abruptes com progressius i a llarg termini i, per tant, la informació obtinguda serà de gran valor pel seguiment i gestió d'aquesta ZEC.

Material i mètodes

Estacions de mostreig

S'han realitzat 4 transectes batimètrics, l'inici dels quals se situa en les estacions de mostreig de *P. oceanica*, o molt a prop (vegeu capítol “Seguiment de les praderies de fanerògames marines”), a excepció de Vilanova, on es va dividir en transecte en dos recorreguts, un a prop de límit superficial i l'altre a prop del límit profund. La superfície explorada en cada estació de mostreig ha estat d'uns 2.400 m² aproximadament. Els mostrejos es van dur a terme en dos dies de campanya, concretament el 13 i 14 de juny del 2022, amb un equip de 5 persones, quatre bussejadors i un barquer. En total es van dur a terme un total de 5 immersions d'uns 20-40 min cada una.

Taula 11. Estacions on s'ha realitzat les anàlisis de paisatge en la ZEC de les Costes del Garraf. **Fond:** rang de fondària en metres prospect al llarg dels transectes.

| Estació | Data mostreig | Fond |
|---------------|---------------|------|
| Sitges | 14/06/2022 | 16,6 |
| Vilanova sup | 13/06/2022 | 13 |
| Vilanova prof | 13/06/2022 | 17 |
| Cubelles | 13/06/2022 | 15,3 |

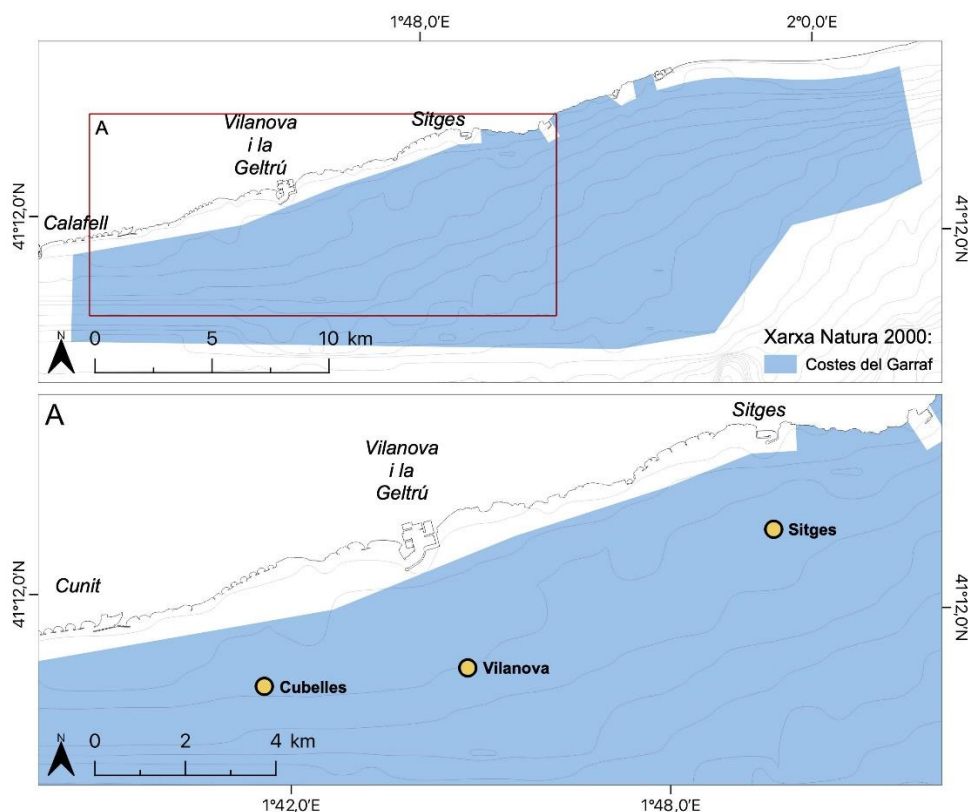


Figura 51. Mapa de les estacions des d'on s'inicien els transectes de paisatges en la ZEC de les Costes del Garraf. El punt de Vilanova se situa just al mig dels dos transectes realitzats (superficial i profund).

Metodologia de mostreig

A cada estació, un equip de dos bussejadors va recórrer un transecte batimètric amb propulsors mecànics des del punt de mostreig fins a uns 200-300 m en direcció al límit profund de la praderia, amb l'excepció del transecte de límit superior de la praderia de Vilanova, que es va iniciar en un punt més superficial. Al llarg dels transectes es van anotar aspectes sobretot relacionats amb la macroestructura de la praderia (continuitat de la praderia, presència i mida de les clapetes de sorra), tipus de substrat, així com possibles signes d'impactes o perturbacions, com ara l'enterrament o desenterrament dels feixos, la presència de feixos arrencats, presència d'espècies introduïdes, presència de deixalles, etc. A més, es va obtenir un registre fotogràfic com a referència o per possibles anàlisis futurs.

Resultats

Sitges

Aquest recorregut s'inicia a prop de l'estació de mostreig de Sitges, a una profunditat de 15,7 m. A l'inici del recorregut s'observa una estructura de la praderia molt fragmentada amb taques petites (<1 m²) i mitjanes (1-5 m²) de *P. oceanica* sobre un sediment constituït per sorres fines i mata morta. A mesura que augmenta la profunditat, a uns 16,7 m, la cobertura de vegetació disminueix (Figura 3c) fins arribar a una profunditat de 18 m on sembla trobar-se el límit profund configurat a taques. Com observació anecdòtica, afegir que al llarg de la immersió s'ha observat un tresmall col·locat enmig de la praderia en direcció perpendicular a la nostra direcció (SE) i (Figura 3b). A més, també s'han vist abundants deixalles com una sabata, una ampolla de plàstic o una compresa (Figura 3d).

Vilanova

En aquesta zona es fan dos transsectes batimètrics cobrint diferents rangs de profunditat. El més superficial s'inicia a 13 m de profunditat. En els primers metres en direcció al fons, només s'observa sorra i a mesura que avancem van apareixent alguns feixos solts i un petit esglaó de mata fins arribar als 15 m (Figura 4e). No s'arriba a trobar la praderia de *P. oceanica* contínua.

El segon transsecte s'inicia a 17 m, en una praderia contínua i algunes clapas de sorra mitjanes (1-5 m²) sobre un sediment sorrenc (Figura 3g,h). A mesura que s'avança cap al fons, la praderia es va esclarissant i van augmentant en nombre i mida de les clapas de sorra fins arribar a un paisatge dominat per sorra amb taques de vegetació, fins arribar a 19,6 m on sembla estar el límit profund de la praderia cofigurat a taques.

Cubelles

Aquest recorregut s'inicia a prop de l'estació de mostreig de Cubelles, a una profunditat de 15,5 m. en una zona amb una praderia contínua i algunes clapas de sorra mitjanes (1-5 m²) sobre un sediment sorrenc (Figura 3i,l),. A mesura que avancem cap al fons, el nombre i mida les clapas de sorra va augmenten fins arribar a 16,6 m sense arribar al límit profund de la praderia. Al llarg del recorregut s'han observat, agregades gran qualitat d'holotúries (*Holothuria* spp.) en una gran clapa de sorra (Figura 52k), així com algunes deixalles com petits plàstic.



Figura 52. Imatges del recorreguts de paisatge de la ZEC de les Costes del Garraf. a-d) Sitges, e-f) Vilanova superficial, g-h) Vilanova profund, i-l) Cubelles.

Discussió

L'objectiu final d'aquest estudi era obtenir informació a una escala espacial més gran, que pugui complementar el seguiment de les praderies de *P. oceanica* de la ZEC de les Costes del Garraf, i poder descriure l'estructura de l'hàbitat de *P. oceanica*, d'aquesta manera establir un estat "zero" per valorar, en el futur, possibles canvis al llarg del temps.

En conjunt, la realització de les campanyes i les dades obtingudes mostren que el disseny emprat per a la descripció del paisatge d'aquesta ZEC és adequat, tot i que presenta algunes limitacions. Per una banda, i a causa de la naturalesa de la ZEC, amb pocs hàbitats dominants, ens hem vist forçats a centrar l'estudi en descriure l'estructura de les praderies de *P. oceanica*. Per altra banda, en el mostreig d'enguany no queden ben representades les zones de transició d'hàbitats (en aquest cas, sorres fines o gruixudes infralitorals i *P. oceanica*), i que trobem en els límits superficials i profunds de les praderies (exceptuant l'estació Vilanova).

Els resultats dels transectes realitzats mostren un canvi en l'estructura de les praderies a mesura que augmenta la profunditat, incrementant el nombre de clapes de sorra i disminuint la cobertura vegetal, fenomen normal ja que les fanerògames marines estan fortament limitades per la llum (Ralph *et al.* 2007, Mayol *et al.* 2022). Això es veu ben exemplificat en els resultats obtinguts en el seguiment de les praderies de *P. oceanica* en els Parcs Naturals del Cap de Creus i Montgrí, Medes i Baix Ter (Sanmartí *et al.* 2022), on les estacions superficials (5 m), en general, presenten valors de densitat i cobertura més elevats que els valors obtinguts en praderies de major profunditat (15 m).

Pel que fa als límits profunds visitats (Sitges i Vilanova), on es troba la transició d'hàbitats entre *P. oceanica* i sorra, podem constatar que en els dos casos són del tipus 'a taques'. En cap cas no disposem de prou informació per poder dir si són estables, regressius o progressius. El que sí hem comprovat és que la profunditat a les que es troben aquest límits és diferent en les dues praderies, a Sitges es troba a uns 18 m, mentre que a Vilanova arriba a 19,6 m. Tenint en compte que el fons marí en aquests costes és molt pla i s'han de recórrer molts metres per augmentar la profunditat, aquesta diferència és considera força gran. Aquesta variació, molt probablement està relacionada amb la degradació històrica que ha patit la praderia de Sitges, combinat amb una molt lenta capacitat de recuperació d'aquesta (vegeu capítol 'Seguiment de les praderies de fanerògames marines'). L'estudi del límit profund de les praderies de fanerògames marines, és una aproximació molt bona per obtenir informació sobre la seva tipologia (rectilini, ondulat, retallat, a taques) i sobre la seva evolució temporal, és a dir, les variacions en l'extensió de les praderies en el seu límit de distribució probablement més sensible. Aquesta aproximació és especialment efectiva en espècies de creixent lent i amb una dinàmica més estable, com pot ser *P. oceanica*, i en la qual ja fa molts anys que s'estudia la cinètica dels límits profunds a les nostres costes (Romero *et al.* 2020).

Per últim, l'estudi del paisatge ens ha permès veure la variabilitat estructural que hi ha entre les praderies visitades. Mentre que Sitges es troba altament fragmentada amb taques de posidònia entre petites (<1 m²) i mitjanes (1-5 m²) i sobre un sediment constituït per sorres fines (que es resuspenen fàcilment amb el corrent), i mata morta, les praderies de Vilanova i Cubelles en general són més contínues i sobre un sediment sorrenc (vegeu capítol 'Seguiment de les praderies de



fanerògames marines'). Les causes d'aquesta variació serien les mateixes que les causants de la variabilitat del límit profund, ja comentades anteriorment.

En resum, constatem que els impactes històrics que ha patit la praderia de Sitges, molt probablement, han condicionat la seva distribució, concretament del límit profund, i estructura. Malgrat això, també s'ha vist que l'evolució de les variables de densitat i cobertura és positiva i han incrementat considerablement des del 2005. Caldrà fer un seguiment per veure com aquesta evolució es veu reflectida a nivell de paisatge. Finalment destacar la presència de diversos tipus de brossa, sobretot a la praderia de Sitges i en menor mesura en la de Cubelles, posant de manifest el problema de la contaminació en aquestes zones.

Conclusions

En aquesta ZEC, predominen principalment dos hàbitats, sorres fines o gruixudes infralitorals i fanerògames marines, en concret *Posidonia oceanica* i, en menor mesura, *Cymodocea nodosa*.

L'estructura de les praderies canvia a mesura que augmenta la profunditat, incrementa el nombre de clapes de sorra i disminueix la cobertura vegetal.

El límit profund de la praderia de Sitges és menor al de la praderia de Vilanova.

L'estructura de la praderia de Sitges és molt fragmentada amb taques de posidònia entre petites (<1 m²) i mitjanes (1-5 m²) i mata morta, mentre que les praderies de Vilanova i Cubelles en general són més contínues.

Aquestes variacions del límit i de l'estructura provenen, molt probablement, d'impactes històrics que ara s'han mitigat.

Destaquem la contaminació per brossa detectada sobretot a Sitges però també a Cubelles.

Prospeccions

- Les prospeccions de la ZEC Costes del Garraf mostren una dominància de fons de sorra amb una presència molt limitada de fons rocosos i que s'estenen a pocs metres entre la superfície i 4 metres de fondària.

- En aquests fons rocosos, les comunitats del mediolitoral i infralitoral de la costa d'aquesta ZEC es troben constituïdes principalment per algues de creixement ràpid tipus gesses.
- La prospecció de la zona de la praderia de *C. nodosa* confirma la distribució molt dispersa d'aquesta espècie en aquesta ZEC.

Introducció

Conèixer l'estructura i funcionalitat dels ecosistemes és imprescindible per a la gestió i conservació del medi natural. Les espècies i els hàbitats responen de forma diferent a les perturbacions, així que tot impacte o ús que l'home exerceix sobre el medi ha de ser analitzat tenint en compte les particularitats de cada sistema natural. En aquest sentit, l'estudi de la distribució d'hàbitats i espècies singulars o d'interès i la detecció d'impactes són una eina essencial per a obtenir informació sobre la qual definir les mesures de gestió i conservació del patrimoni natural.

Les zones costaneres es troben entre les més productives i diverses del nostre planeta, proveint una gran quantitat de bens i serveis per a la humanitat, com el reciclatge de nutrients, provisió d'hàbitats i refugi per altres espècies, provisió d'aliment i matèria primera, o aspectes recreatius i culturals (Costanza *et al.* 1997). Aquests hàbitats, no obstant, es troben greument amenaçats per l'elevat nombre d'activitats humanes que es concentren en aquestes zones (Harley *et al.* 2006, Airoldi i Beck, 2007). La contaminació, la sobrepesca, la urbanització, la sobre-freqüentació o la introducció d'espècies invasores són els principals agents de la seva degradació (Crain *et al.* 2008, Coll *et al.* 2010). A més, a totes aquestes perturbacions s'hi han afegit els efectes derivats del canvi climàtic, com és el cas de l'augment de les temperatures, la pujada del nivell del mar o l'increment en la freqüència d'esdeveniments climàtics extrems (Micheli *et al.* 2013). Aquest fet posa en perill l'estat de conservació de les nostres costes, evidenciant la necessitat de monitoritzar-les i gestionar-les adequadament.

Tot i ser molt àmplia en comparació amb altres mars del món, la major part dels coneixements sobre els fons marins mediterranis és fragmentaria i, tot sovint, poc rigorosa. Aquest és el cas de la Zona d'Especial Conservació de les Costes del Garraf. Es tracta d'una zona marina costanera situada a la comarca del Garraf, incloent els municipis del Garraf, Sitges, i Vilanova i la Geltrú, entre altres. Ubicada al centre latitudinal de la costa catalana, és un massís de naturalesa calcària on els penya-segats arriben al fons marí verticalment. El substrat submarí és principalment sorrenc, detrític i fangós, que presenta diferents tipus d'hàbitat, principalment praderies de *Posidonia oceanica* i alguna dominada per *Cymodocea nodosa*. Aquestes es combinen amb certes zones rocoses de blocs i roca base que donen lloc a l'establiment de certes comunitats bentòniques i pelàgiques de molt poca fondària (Generalitat de Catalunya, 2013).

Aquesta ZEC inclou dins la seva àrea dos Hàbitats d'Interès Comunitari: els Alguers de *Posidonia* (1120) i els Fons marins rocosos i concrecions biogèniques sublitorals (1170) (Generalitat de Catalunya, 2014), ambdós estudiats enguany.

No obstant això, no n'hi ha prou amb conèixer el patrimoni natural i la seva distribució a l'espai, també cal dur a terme mesures de control i monitorització regulars amb l'objectiu de detectar possibles canvis o per avaluar l'efecte de les mesures de gestió aplicades. Aquests estudis serveixen per a establir característiques ecològiques de referència per a espècies i hàbitats, a partir de les quals poder detectar canvis en l'estructura dels ecosistemes i en la dinàmica de les poblacions, ja siguin derivats de perturbacions naturals o degudes als diferents usos o accions de gestió i restauració del medi.

Enguany s’han realitzat prospeccions a la ZEC Costes del Garraf amb l’objectiu de descriure el paisatge bentònic d’alguns punts d’aquesta zona per a conèixer i descriure l’estat de les comunitats reconegudes, així com els seus possibles impactes.

Material i mètodes

Aquest 2022 s’han realitzat 3 prospeccions a la ZEC Costes del Garraf. A cada estació, un equip de dos bussejadors va dur a terme un recorregut amb propulsors mecànics (Taula 12, Figura 53).

Taula 12. Estacions de mostreig de prospeccions del fons marí a la ZEC Costes del Garraf l’any 2021.

| ZEC | Estació | Data | Fondària (m) |
|-------------------|-------------------------|------------|--------------|
| Costes del Garraf | <i>Cymodocea nodosa</i> | 14/06/2022 | 12.8 |
| | Costa Vallcarca-Garraf | 16/06/2022 | 3 |
| | Costa Sitges | 16/06/2022 | 3 |

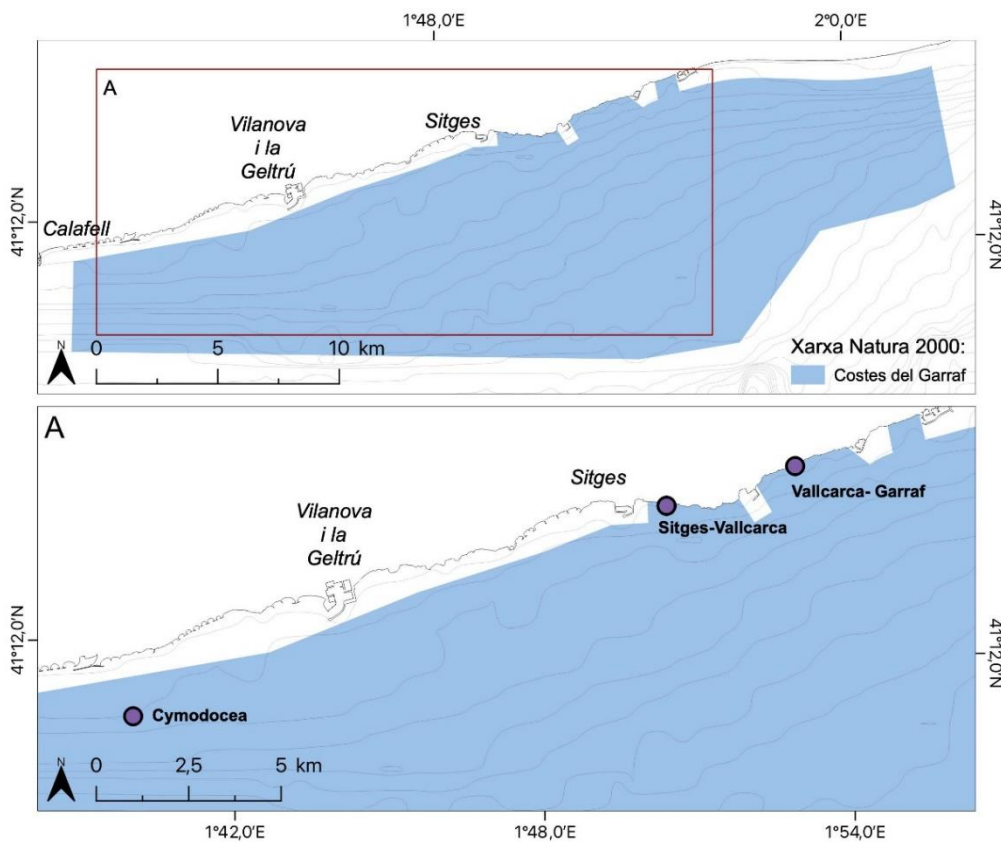


Figura 53. Mapa d’estacions de les prospeccions del fons marí a la ZEC Costes del Garraf l’any 2022.

A l'estació de *C. nodosa* es va anar des del punt de mostreig fins a uns 200-300 m en direcció al límit profund de la praderia. Durant els recorreguts es van anotar, en el cas de trobar praderia, aspectes sobretot relacionats amb la macroestructura de la praderia, tipus de substrat així com possibles signes d'impactes o pertorbacions, com ara l'enterrament o desenterrament dels feixos, la presència de feixos arrencats, l'observació d'impactes mecànics (zones mortes), presència d'espècies introduïdes, presència de deixalles, etc.

A les estacions costaneres de Vallcarca-Garraf i Sitges, el recorregut es va fer des de superfície, ja que es tractava d'una zona molt somera (Figura 54). Es van anotar les diferents comunitats identificades i les espècies predominants a cadascuna d'elles.

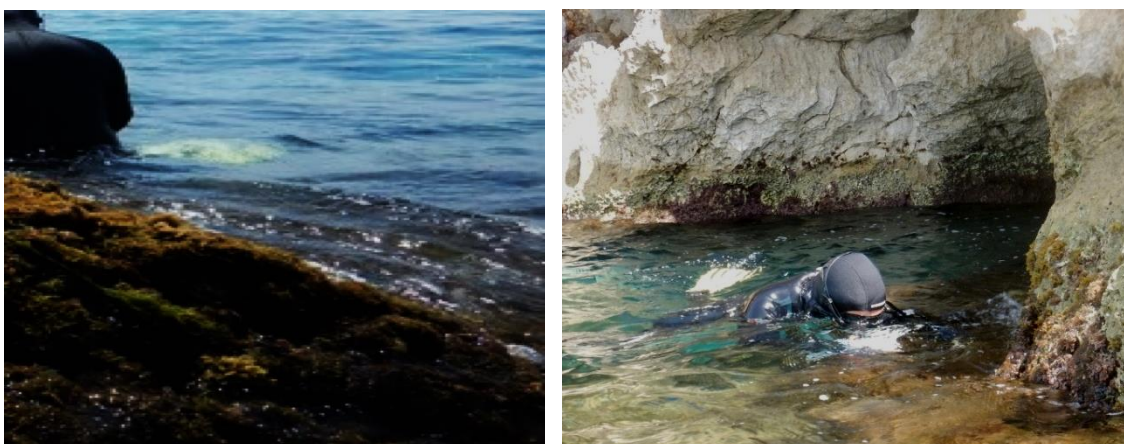


Figura 54. Fotografies del mostreig de prospeccions a la ZEC Costes del Garraf a l'any 2022.

Resultats

Cymodocea nodosa

Aquest recorregut es va iniciar a uns 11 m de profunditat, a una zona situada a un centenar de metres de la praderia de *C. nodosa* de l'estació de mostreig. En aquest punt inicial es va observar només sorra, i a mesura que s'avança cap al fons, el paisatge es va mantenir fins arribar a la praderia poc densa de *C. nodosa* a 12,8 m (Figura 55).



Figura 55. Fotografies de la prospecció de *C. nodosa* a la ZEC Costes del Garraf l'any 2022.

Vallcarca-Garraf

Aquesta prospecció s'inicia a la franja mediolitoral i posteriorment es va prospectar el fons marí del punt de mostreig (Figura 56a). En aquest punt la comunitat mediolitoral esta formada principalment per algues verdes (Figura 4b), coral·linals (*Ellisolandia elongata*) (Figura 56c) i *Padina pavonica*, donant lloc a una cobertura de *Litophyllum byssoides* molt escassa i limitada a les zones ombrívoles i amagades.

Dirigint-nos al perfil batimètric, molt somer, a 1 o 2m de fondària hi trobem sobretot substrat sorrenc amb alguns petits trams de còdols (Figura 56d) o roca base recobertes d'algues de creixement ràpid tipus gespes (Figura 56e).

Pel que fa a les espècies pelàgiques, s'identifiquen majoritàriament oblades (*Oblada melanura*), sargs (*Diplodus sargus*) i variades (*Diplodus vulgaris*).

No s'observa cap exemplar de *Paracentrotus lividus* ni *Arbacia lixula*.



Figura 56. Fotografies de la prospecció a Vallcarca-Garraf a la ZEC Costes del Garraf l'any 2022. A) Imatge general del punt de mostreig. B) Algues verdes mediolitorals. C) Cinturó d'*E. elongata*. D) Fons de còdols amb *P. pavonica* E) Fons sorrenc amb blocs coberts de gespes.

Costa Sitges

Aquesta prospecció s'inicia a la franja mediolitoral i posteriorment es va prospectar el fons marí del punt de mostreig (Figura 57a). En aquest punt la comunitat mediolitoral està formada principalment per *Ellisolandia elongata* (Figura 57b), donant lloc a una cobertura de *Litophyllum byssoides* molt escassa i limitada a la franja superior d'aquest estrat costaner. La cobertura d'algues verdes tipus ulvals i cladophorals (Figura 57c), i l'alga bruna *Padina pavonica* també és molt àmplia a tot el cinturó. Paral·lelament, els blocs que sobresurten a la superfície estan coberts de musclos (*Mytilus galloprovincialis*) i altres animals sèssils com *Patella patella* (Figura 57d).

Ja dirigint-nos al perfil batimètric, a 1 o 2m de fondària hi trobem substrat sorrenc amb blocs de roca dispersos i còdols (Figura 57e). Pel que fa a les espècies pelàgiques, s'identifica un banc de 4 exemplars de llobarros (*Dicentrarchus labrax*) d'uns 20cm.

A partir dels 3m de fondària trobem blocs recoberts d'algues de creixement ràpid tipus gesses, dictiotals i *P. pavonica*. No s'observa cap exemplar de *Paracentrotus lividus* ni *Arbacia lixula*. En aquesta franja s'observen petits bancs de sargs (*Diplodus sargus*), variades (*Diplodus vulgaris*) i llises (*Mugil cephalus*).

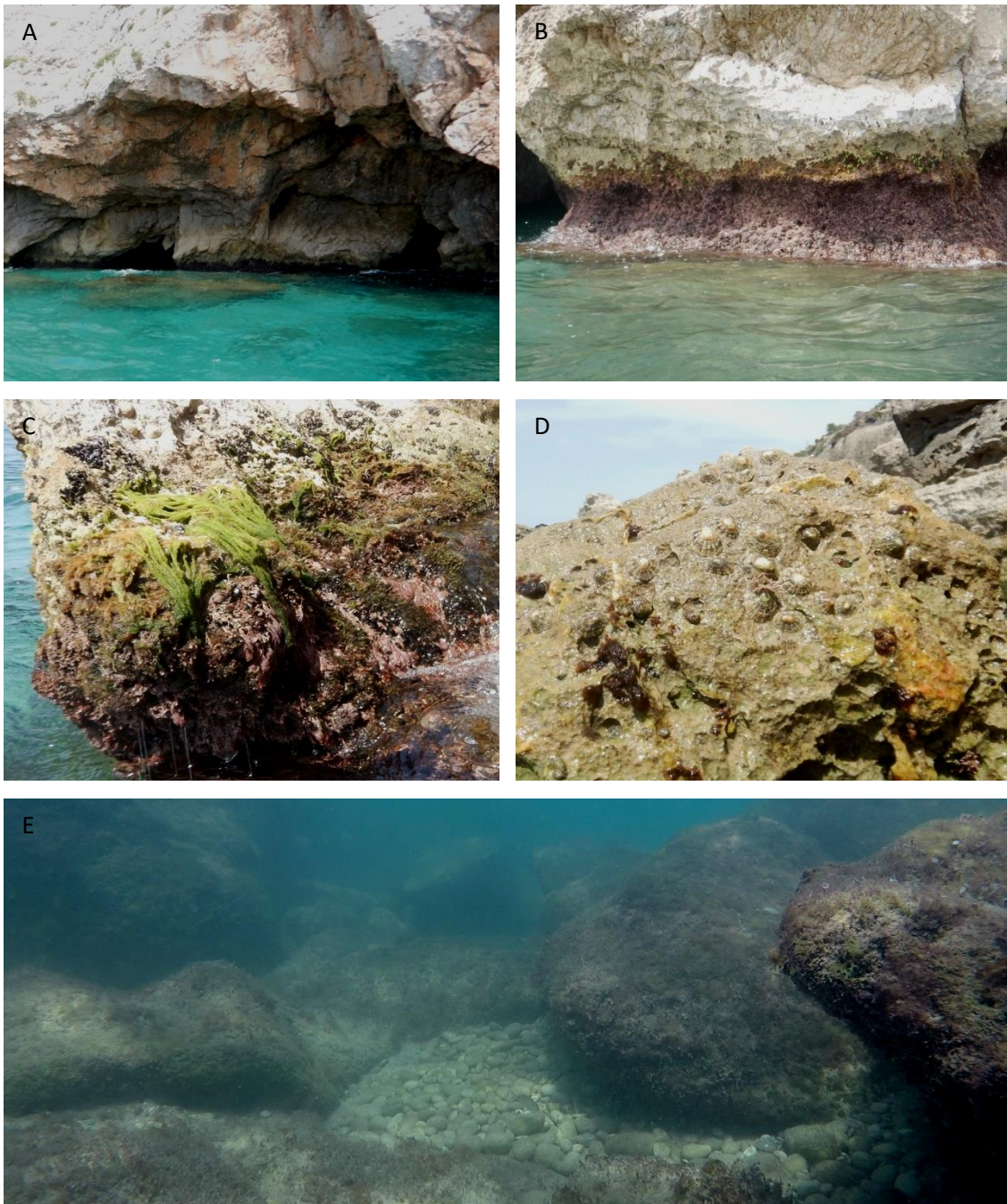


Figura 57. Fotografies de la prospecció de la costa de Sitges a la ZEC Costes del Garraf l'any 2022. A) Imatge general del punt de mostreig. B) Cinturó d'*E. elongata*. C) Ulvals mediotitorals D) Roca amb *P. patella*. E) substrat sorrenc amb blocs i còdols.



Discussió

Les prospeccions que es duen a terme al llarg del seguiment de la biodiversitat marina ens proporcionen un major coneixement dels fons que estudiem. D'aquesta manera es recopila major informació dels seus hàbitats i comunitats, les espècies que hi habiten i els impactes que reben aquestes. Així doncs, és una eina que permet tenir una visió general del seu estat de conservació i ens proporciona un conjunt d'informació que no ens podria indicar només amb un sol indicador.

Enguany s'han dut a terme 3 prospeccions a la ZEC Costes del Garraf, inclosa a la Xarxa Natura 2000: una d'elles per a determinar les característiques d'una pradera de *C. nodosa* i dues altres a la costa, entre les poblacions de Sitges i Garraf.

La prospecció de la zona de la praderia de *C. nodosa*, ens confirma la distribució dispersa d'aquesta espècie en la ZEC de les Costes del Garraf (Ballesteros i Fernández, 2004, J. Romero, com.pers.). Val a dir que, abans de començar el recorregut, l'equip va estar una bona estona buscant *C. nodosa* des de la barca amb un equip de video remolcat que permetia veure el tipus de fons i en la majoria de zones mostrava la presència de molts pocs feixos de *C. nodosa* on dominaven els fons de sorra.

D'altra banda, les prospeccions costaneres ens mostren, en general, penya-segats rocallosos que arriben verticalment al fons marí, a excepció d'alguns trams de costa on hi trobem blocs i còdols a fondàries d'entre 1 i 3m, fondària a partir de la qual comença el substrat sorrenc.

Hem observat comunitats mediolitorals predominades per algues verdes i *E. elongata*, que degut a l'augment del nivell del mar, està pujant el seu límit superior, competint per l'espai i desplaçant *L. byssoides*.

A nivell infralitoral trobem una escassa diversitat d'algues fotòfiles, ja que tenen poc substrat sobre el què sobreviure degut a la naturalesa sorrenca dels fons marins d'aquesta ZEC.

Tot i la poca diversitat identificada, tota la informació obtinguda mitjançant les prospeccions ens ajuda a obtenir un major coneixement d'aquestes zones, així com la seva distribució d'hàbitats, comunitats i espècies i detectar impactes associats per a una futura millor gestió d'aquesta ZEC.

Conclusions

Les prospeccions de la ZEC Costes del Garraf mostren una dominància de fons de sorra amb una presència molt limitada de fons rocosos i que s'estenen a pocs metres entre la superfície i 4 metres de fondària

En aquests fons rocoses, les comunitats del mediolitoral i infralitoral de la costa d'aquesta ZEC es troben constituïdes principalment per algues de creixement ràpid tipus gespes.

La prospecció de la zona de la praderia de *C. nodosa* confirma la distribució molt dispersa d'aquesta espècie en aquesta ZEC.

Conclusions generals de la ZEC de les Costes del Garraf

La ZEC de les Costes del Garraf cobreix una àmplia zona costanera al sud del Barcelonès, entre Castelldefels i Cunit, arribant a una fondària de 20 metres. Tal com s'ha comentat a la introducció general, no es proposen tants punts de mostreig com els indicats pel PLEC, sobretot en el mediolitoral per la distribució restringida d'aquest hàbitat i en el paisatge, doncs hem considerat que la monotonia del paisatge amb dominància de sorres i praderies fa que la informació obtinguda podria ser redundant .

Estat actual de les principals espècies i hàbitats en la ZEC

Les praderies de *P. oceanica* de les estacions Vilanova i Cubelles estan en un estat de conservació satisfactori a diferència de l'estació de Sitges, sobretot pel seu grau de fragmentació. Tot i així cal destacar també la contaminació observada a la praderia de Sitges però també a la de Cubelles.

Malgrat l'estat de conservació no satisfactori de l'estació de Sitges, cal destacar que les variables estructurals de densitat i cobertura, presenten una tendència generalitzada a incrementar, mostrant així, símptomes de recuperació, tot i que aquesta és lenta com és esperable en una espècie longeva com la *P. oceanica*.

Es fa difícil donar un diagnòstic clar de l'estat de conservació de la praderia de *C. nodosa* a causa dels resultats ambigus i la falta de dades espacials i temporals. Tot i la seva escassa abundància, no s'observa cap signe clar de degradació.

La ZEC de les Costes del Garraf no compta amb l'hàbitat idoni per a l'establiment i creixement de les poblacions de garotes i comunitats algals doncs té una cobertura molt limitada del substrat adient per aquestes espècies i comunitats, i una part de la costa rocosa susceptible està fora de la ZEC (Sitges, Calafell).

La cobertura algal de la ZEC de les Costes del Garraf tant dels fons infralitorals com les comunitats mediolitorals es troba dominada per algues de creixement ràpid tipus gesses, causada per diferents factors, però principalment per la qualitat de les seves aigües, que no permet que es desenvolupin espècies, ecològicament rellevants, com les del gènere *Cystoseira* sensu lato.

Les tenasses d'algues calcàries incrustants com *L. byssoides* són escasses, però presents a les tres localitats estudiades, tot i que es troba molt blanquejat.

Tot i que no està permès el marisqueig de garotes en aquesta zona, la densitat d'*Arbacia lixula* i *Paracetrotus lividus* a la ZEC de les Costes del Garraf és molt escassa, probablement degut a una combinació de diversos factors com la predació, la manca de substrat adient i la baixa biomassa d'algues fotòfiles en aquesta ZEC



S'ha observat un patró d'espècies de peixos semblant a totes les estacions de la ZEC de les Costes del Garraf mostrejades, on els espàrids, són les espècies dominants com *D. vulgaris*, *D. annularis* o *B. boops* i altres famílies menys predominants són Labridae, Mullidae, Engraulidae i Atherinidae

Les biomasses i densitats de peixos més elevades es troben a les estacions de costa de Sitges-Vallcarca i Vilanova-Sitges. Però aquesta última, situada fora de la zona delimitada pel ZEC, és la que presenta una menor diversitat d'espècies.

A les estacions amb *P. oceanica* s'han comptabilitzat espècies referenciades anteriorment a aquest tipus hàbitat, però en general una biomassa menor que a les estacions de fons rocós com era esperable. Destacar que la praderia de Vilanova mostra una densitat i biomassa major que la de Sitges, que s'explicaria pel seu millor estat de conservació.

Les prospeccions i els transectes de paisatge de la ZEC de les Costes del Garraf mostren una dominància de fons de sorra amb una presència molt limitada de fons rocós i que s'estenen a pocs metres entre la superfície i 4 metres de fondària, constituïdes principalment per algues de creixement ràpid tipus gespes. Destacant la dominància d'hàbitats de sorres fines o gruixudes infralitorals i fanerògames marines, en concret *Posidonia oceanica* i amb una distribució molt dispersa de *Cymodocea nodosa* en aquesta ZEC.

Els transectes de paisatge mostren que l'estructura de les praderies canvia a mesura que augmenta la profunditat, incrementant el nombre de clapes de sorra i disminuint la cobertura vegetal.

L'estructura de la praderia de Sitges és molt fragmentada amb taques de posidònia entre petites i mitjanes i mata morta, mentre que les praderies de Vilanova i Cubelles en general són més contínues. El límit profund de Sitges és menor al de Vilanova.

Destaquem la contaminació per brossa detectada sobretot a Sitges però també a Cubelles.

Recomanacions pel futur seguiment i gestió

En aquesta ZEC, es recomana mantenir les metodologies emprades i les mateixes localitats de mostreig, sobretot pel que fa a les praderies de *Posidonia oceanica*. El disseny aplicat, en funció dels recursos disponibles, sembla ser òptim però amb possibles ajustaments de cara a propers exercicis.

És molt important que la metodologia del seguiment quedi fixada, i que, independentment de qui executi la feina, se segueixin escrupolosament els protocols per tal que les dades siguin comparables d'un exercici a l'altre, i per tant serveixin realment com a eina de vigilància en el temps d'aquest important patrimoni submergit. La dimensió temporal és imprescindible per identificar i implementar possibles mesures de gestió als espais protegits, i per avaluar la seva eficàcia, així com per detectar canvis amb la promptitud més gran possible. Pels mateixos motius, cal que les mesures i observacions es facin sempre en els mateixos punts.

En conjunt, la realització de les campanyes i les dades obtingudes mostren que el disseny emprat per a la descripció del paisatge i de les prospeccions d'aquesta ZEC és adequat, tot i que presenta

algunes limitacions que es comenten en les altres dos ZECs dels Aiguamolls de l'Empordà. Per una banda, i a causa dels pocs hàbitats dominants, el paisatge es centra en l'estructura de les praderies de *P. oceanica*, però que al ser tan extens, no queden ben representades les zones de transició d'hàbitats que seria l'objectiu principal d'aquest indicador. En aquests casos, seria bo poder pressupostar el ús d'altres tècniques com AUVs o petits ROVs per tal d'avaluar, de manera més acurada, els canvis en el paisatge dins del ZEC.

El ZEC de les Costes del Garraf mantenen uns hàbitats amb un estat de conservació òptim com les praderies de Vilanova i Cubelles, però altres com la praderia de Sitges que es manté encara molt fragmentada i les comunitats de mediolitoral o les comunitats infralitorals d'algues fotòfiles que presenten comunitats molt simplificades amb la dominància d'espècies de creixement ràpid i baix port estructural. Cal afegir també l'observació de deixalles sobretot a Sitges i Cubelles. Per tant, s'hauria d'adreçar el principal problema d'aquesta ZEC que és el dolent estat general de les masses d'aigua costaneres de Sitges i Vilanova i la Geltrú.

Per tant, per recuperar els hàbitats que es troben empobrits, s'hauria de millorar la gestió i qualitat de les aigües que venen o bé de les aportacions de les rieres del Garraf i dels aqüífers càrstics, o bé de les aigües residuals urbanes que s'aboquen través d'emissaris submarins.

A nivell dels límits actuals de la ZEC, seria bo plantejar-se l'ampliació d'aquesta cobrint la part de fons rocosos que actualment estan fora dels límits actuals (com la costa de Sitges mostrejada en aquest estudi) així com l'ampliació en fondària més enllà de les praderies de fanerògames cobrint els restringits fons de coral·ligen, sempre que confirmi la seva presència en la nova cartografia dels hàbitats litorals que estarà finalitzada en breu.

Bibliografia general de la ZEC de les Costes del Garraf

- ACA, 2018. Estat de les masses d'aigua a Catalunya. <<http://aca-web.gencat.cat/WDMA/>>
- ACA. (2018). Estat de les masses d'aigua a Catalunya. <<http://aca-web.gencat.cat/WDMA/>>
- ACA. (2018). Estat de les masses d'aigua a Catalunya. <<http://aca-web.gencat.cat/WDMA/>>
- Airoldi, L., Balata D., Beck, M. W. (2008). The Gray Zone: Relationships between habitat loss and marine diversity and their applications in conservation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 366:8–15.
- Airoldi, L., Beck, M.W. (2007). Loss, status and trends for coastal marine habitats of Europe. *Oceanography and Marine Biology*, 45:345–405.
- Airoldi, L., Beck, M.W. (2007). Loss, status and trends for coastal marine habitats of Europe. *Oceanography and Marine Biology*, 45:345–405.
- Anton, I. A., Panaitescu, M., Panaitescu, F., Ghiță, S. (2018). Impact of coastal protection systems on marine ecosystems. *E3S Web of Conferences* 85, 07011 (2019). EENVIRO 2018.



- Ballesteros E., Torras, X., Pinedo, S. García, M., Mangialajo, L., de Torres, M. (2007). A new methodology based on littoral community cartography dominated by macroalgae for the implementation of the European Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 172–180.
- Ballesteros, E. (1992). Els vegetals i la zonació litoral: espècies, comunitats i factors que influeixen la seva distribució. Institut d'estudis catalans.
- Ballesteros, E. i Fernandez, N., 2004. Avaluació de l'estat de les comunitats bentòniques de la zona del Garraf en vistes a la possibilitat d'establir-hi una reserva marina. Centre d'Estudis Avançats de Blanes- CSIC i Fundació Natura.
- Ballesteros, E., Fernández, N. (2004). Avaluació de l'estat de les comunitats bentòniques de la zona del Garraf en vistes a la possibilitat d'establir-hi una reserva marina. Informe tècnic per a la Fundació Natura
- Ballesteros, E., Fernández, N. (2004). Avaluació de l'estat de les comunitats bentòniques de la zona del Garraf en vistes a la possibilitat d'establir-hi una reserva marina. Informe tècnic per a la Fundació Natura
- Ballesteros, E., Mariani, S., Cefali, M^a E., Terradas, M., Chappuis, E. (2014). Manual d'hàbitats
- Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L. (2006). Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. RAMOGE pub. : 1-202
- Boudouresque, F. C, Verlaque, M. (2013). Chapter 21- *Paracentrotus lividus*. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, Elsevier, Volume 38, 2013, Pages 297-327.
- Boutahar, L., Espinosa, F., Bazairi, H. (2022). Reconstruction of *Cymodocea nodosa*'s dynamics as a tool to examine the conservation status of a Mediterranean declared marine protected area. *Mediterranean Marine Science*, 23(4), 754-765
- Carella, F., Aceto, S., Pollaro, F. *et al.* 2019. A mycobacterial disease is associated with the silent mass mortality of the pen shell *Pinna nobilis* along the Tyrrhenian coastline of Italy. *Scientific Reports*, 9, 2725
- Catanese G, Grau, A., Valencia JM, Garcia-March JR, Vázquez-Luis M, Alvarez E, Deudero S, Darriba S, Carballal MJ, Villalba A. (2018). Haplosporidium pinnae sp. nov., a haplosporidan parasite associated with mass mortalities of the fan mussel, *Pinna nobilis*, in the Western Mediterranean Sea. *Journal of Invertebrate Pathology*, 157: 9-24
- Cefali, M.E., Cebrian, E., Chappuis, E., Pinedo, S., Terradas, M., Mariani, S., Ballesteros, E. (2016). Life on the boundary: environmental factors as drivers of habitat distribution in the littoral zone. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, doi: 10.1016/j.ecss.2016.01.043
- Chappuis, E., Terradas, M., Cefali, M. E., Mariani, S., Ballesteros, E., 2014. Vertical zonation is the main Distribution pattern of littoral assemblages on rocky shores at a regional scale. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 147 (2014) 113-122.
- Chiantore, M., Vilemini, I., Privitera, D., Mangialajo, I., Cattaneo-Vietti, R. (2011). Habitat effects on the population structure of *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula*.

- Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Lasram, F.B.R., Aguzzi, J., Ballesteros, B., Bianchi, C.N., Corbera, J., Dailianis, T., Danovaro, R., Estrada, M., Froglià, C., Galil, B.S., Gasol, J.M., Gertwagen, R., Gil, J., Guilhaumon, F., Kesner-Reyes, K., Kitsos, M.S., Koukouras, A., Lampadariou, N., Laxamana, E., de la Cuadra, C.M.L.F., Lotze, H.K., Martin, D., Mouillot, D., Oro, D., Raicevich, S., Rius-Barile, J., Saiz-Salinas, J.I., Vicente, C.S., Somot, S., Templado, J., Turon, X., Vafidis, D., Villanueva, R., Voultsiadou, E. (2010). The biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, patterns, and threats. *PLoS ONE*, 5:e11842.
- Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Lasram, F.B.R., Aguzzi, J., Ballesteros, B., Bianchi, C.N., Corbera, J., Dailianis, T., Danovaro, R., Estrada, M., Froglià, C., Galil, B.S., Gasol, J.M., Gertwagen, R., Gil, J., Guilhaumon, F., Kesner-Reyes, K., Kitsos, M.S., Koukouras, A., Lampadariou, N., Laxamana, E., de la Cuadra, C.M.L.F., Lotze, H.K., Martin, D., Mouillot, D., Oro, D., Raicevich, S., Rius-Barile, J., Saiz-Salinas, J.I., Vicente, C.S., Somot, S., Templado, J., Turon, X., Vafidis, D., Villanueva, R., Voultsiadou, E. (2010). The biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, patterns, and threats. *PLoS ONE*, 5:e11842.
- Corcoll, A. (2012). Per aquest motiu, si hom vol entendre la dinàmica dels hàbitats dominats per algues, és necessari estudiar també les poblacions de garotes, ja que són la principal causa de canvis d'aquests hàbitats. Tesi doctoral, Universitat de Barcelona.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387:253–260.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387:253–260
- Crain, C., Kroeker, K., Halpern, B. (2008). Interactive and cumulative effects of multiple human stressors in marine systems. *Ecology Letters*, 11:1304–1315.
- Crain, C., Kroeker, K., Halpern, B. (2008). Interactive and cumulative effects of multiple human stressors in marine systems. *Ecology Letters*, 11:1304–1315.
- Cramer, W., Guiot, J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, J. P., Iglesias, A., Lange, M.A., Lionello, P., Llasat, M.C., Paz, S., Peñuelas, J., Snoussi, M., Toreti, A., Tsimplis, M.N., Xoplaki, E. (2018). Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Climate Change*, 8(11), 972-980.
- de Los Santos, C. B., Krause-Jensen, D., Alcoverro, T., Marbà, N., Duarte, C. M., Van Katwijk, M. M., Pérez, M., Romero, J., Sánchez-Lizaso, J.L., Roca, G., Jankowska, E., Pérez-Lloréns, J.L., Fournier, J., Montrifalcone, M., Pergent, G., Ruiz, J.M., Cabaço, S., Cook, K., Wilkes, R.J., Moy, F.E., Muñoz-Ramos, G., Seglar, X., de Jong, D.J., Fernández-Torquemada, Y., Auby, I., Vergara, J.J., Santos, R., (2019). Recent trend reversal for declining European seagrass meadows. *Nature communications*, 10(1), 3356
- Delgado, O., Grau, A., Pou, S., Riera, F., Massuti, M., Zabala, M., Ballesteros, E. (1997). Seagrass regression caused by fish cultures in Fornells Bay (Menorca, Western Mediterranean). *Oceanologica Acta*, 20 (3): 557-563



- den Hartog, C. (1970). *The Seagrasses of the World*. North Holland Publishing Company, Amsterdam London
- Domingo, F. (2022) *Marine Ecosystem Restoring by High Complexity Artificial Reefs (HCAR)*.
- Duarte, C.M., Fourqurean, J.W., Krause-Jensen, D., Olesen, B. (2006). Dynamics of seagrass stability and change. In: Larkum, A.W.D., Orth, R.J., Duarte, C.M. (Eds.) *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Springer: Berlin. pp 271–294
- Ecoprogres. (2006). *Avaluació i cartografia de les poblacions d'ericons amb interès comercial a Catalunya*. Generalitat de Catalunya, Direcció General de Pesca i Afers Marítims.
- ETC/BD (2014). *Article 17 Reporting –Assessments of conservation status at the EU biogeographical level-Public consultation*. ETC/BD Technical paper3/2014, Paris
- Figueroa, F. L., Flores-Moya, A., Vergara, J. J., Korbee, N., Hernández, I. (2014). Autochthonous Seaweeds. Pàgines 123–135 a S. Goffredo i Z. Dubinsky, editors. *The Mediterranean Sea: Its history and present challenges*. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Francour, P., Ganteaume, A., M. Poulain, (1999). Effects of boat anchoring in *Posidonia oceanica* seagrass beds in the Port-Cros national park (north-western Mediterranean sea). *Aquat. Conserv.*, 9: 391–400
- Galil, B.S., Marchini, A., Occhipinti-Ambrogi, A. (2018) East is east and west is west? Management of marine bioinvasions in the Mediterranean Sea. *Estuar Coast Mar Sci* 201:7–16.
- García-González, F., Pagès, J.F., Marco-Méndez, C., Sanmartí, N., Alemany, A., Pons, S., Rodríguez-Arias, L., Minguito, M., García, M. (2022). Seguiment de l'indicador FANERÒGAMES MARINES, *Cymodocea nodosa*, de la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/CE) a les badies del Delta de l'Ebre
- Garrabou, J., Gómez-Gras, D., Medrano, A., Cerrano, C., Ponti, M., Schlegel, R., Bensoussan, N., Turicchia, E., Sini, M., Gerovasileiou, V., Teixidó, N., Mirasole, A., Tamburello, L., Cebrian, E., Rilov, G., Ledoux, JB., Ben Souissi, J., Khamassi, F., Ghanem, R., Benabdi, M., Grimes, S., Ocaña, O., Bazairi, H., Hereu, B., Linares, C., Kersting, DK., Rovira, G., Ortega, J., Casals, D., Pagès-Escolà, M., Margarit, N., Capdevila, P., Verdura, J., Ramos, A., Izquierdo, A., Barbera, C., Rubio-ortillo, E., Anton, I., López-Sendino, P., Díaz, D., Vázquez-Luiz, M., Duarte, C., Marbá, N., Aspillaga, E., Espinosa, F., Grech, D., Guala, I., Azzurro, E., Farina, S., Gambi, MC., Mantas, TP., Frascchetti, S., Ceccherelli, G., Kipson, S., Bakran-Petricioli, T., Petricioli, D., Jiménez, C., Katsanevakis, S., Kizilkaya, IT., Kizilkaya, Z., Sartoretto, S., Elodie, R., Ruitton, S., Comeau, S., Gatusso, JP., Harmelin, J. G. (2022). Marine heatwaves drive recurrent mass mortalities in the Mediterranean Sea. *Global change biology*, 28(19), 5708-5725.
- Generalitat de Catalunya, 2013. *Impactes i vulnerabilitat natural a les Costes del Garraf*. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals. http://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/senp_catalunya/espais_sistema/barcelona/cga/impactes/
- Generalitat de Catalunya, 2013. *Impactes i vulnerabilitat natural a les Costes del Garraf*. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Sostenibilitat. Direcció General de

Polítiques Ambientals.
http://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/senp_catalunya/espais_sistema/barcelona/cga/impactes/

Generalitat de Catalunya, 2015. Annex 6. Instrument de gestió de les Zones Especials de Conservació declarades a la regió mediterrània. Departament de Medi Ambient i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals.
https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/senp_catalunya/xarxa_natura_2000/documents/Mapes-formularis-oficials-i-fitxes/tarragona/

Generalitat de Catalunya, 2017. Correspondència entre la classificació EUNIS, els hàbitats CORINE de Catalunya i els tipus d'hàbitats d'interès comunitari.
https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/sistemes_dinformacio/habitats/habitats_terrestres/habitats-de-catalunya/correspondencies_entre_habitats/

Generalitat de Catalunya, 2019. Cartografia d'hàbitats marins EUNIS 2019.
<http://agricultura.gencat.cat/ca/serveis/cartografia-sig/bases-cartografiques/pesca-maritima-proteccio-litoral/habits-marins/>

Generalitat de Catalunya, 2021. Herbassars o praderies de fanerògames marines.
<http://agricultura.gencat.cat/ca/serveis/cartografia-sig/bases-cartografiques/pesca-maritima-proteccio-litoral/herbassars-praderies-fanerogames-marines/>

Generalitat de Catalunya. (2013). Impactes i vulnerabilitat natural, Costes del Garraf.
[<https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/senp_catalunya/espais_sistema/barcelona/cga/impactes/>](https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/senp_catalunya/espais_sistema/barcelona/cga/impactes/)

Generalitat de Catalunya. (2013). Impactes i vulnerabilitat natural, Costes del Garraf.
[<https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/senp_catalunya/espais_sistema/barcelona/cga/impactes/>](https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/senp_catalunya/espais_sistema/barcelona/cga/impactes/)

Generalitat de Catalunya. (2013). Impactes i vulnerabilitat natural a les Costes del Garraf. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals.
http://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/senp_catalunya/espais_sistema/barcelona/cga/impactes/

Generalitat de Catalunya. (2014). Fitxes de les Zones Especials de Conservació de la regió mediterrània derivades de l'Instrument de gestió aprovat en l'Acord de Govern 150/2014, de 4 de novembre. Costes del Garraf.ES5110020

Generalitat de Catalunya. (2020). Pla de gestió del marisqueig de garotes al litoral català. Projecte de normativa. Modificació de l'ordre i pla de gestió del marisqueig de garotes (PGMG). Departament de ramaderia, pesca agricultura i alimentació.

Generalitat de Catalunya. (2022). Costes del Garraf.
[<https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/senp_catalunya/espais_sistema/barcelona/cga/biodiv/>](https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/senp_catalunya/espais_sistema/barcelona/cga/biodiv/)



- Generalitat de Catalunya. (2022). Costes del Garraf. <https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/senp_catalunya/espais_sistema/barcelona/cga/biodiv/>
- Guidetti, P., Bussotti, S., Conti, M. (1998). Fish fauna of the Genoa-Quinto *Posidonia oceanica* bed. Ligurian Sea, North-Western Mediterranean).
- Halpern, B. S., Gaines, S. D., Warner, R. R. (2004). Confounding effects of the export of production and the displacement of fishing effort from marine reserves. *Ecological Applications*, 14(4), 1248-1256.
- Harley, C.D.G., Hughes, A.R., Hultgren, K.M., Miner, B.G., Sorte, C.J.B., Thornber, C.S., Rodriguez, L.F. Tomanek, L., Williams, S.L. (2006). The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecology Letters*, 9:228–241.
- Harley, C.D.G., Hughes, A.R., Hultgren, K.M., Miner, B.G., Sorte, C.J.B., Thornber, C.S., Rodriguez, L.F. Tomanek, L., Williams, S.L. (2006). The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecology Letters*, 9:228–241.
- Harmelin-Vivien, M. L., Harmelin, J. G., Chauvet, C., Duval, C., Galzin, R., Lejeune, P., Bernabé, G., Blanc, F., Chevalier, R., Duclerc, J., Lasserre, G. (1985). The underwater observation of fish communities and fish populations. Methods and problems. *Revue d'Ecologie (France)*.
- Hereu, B., Aspillaga, E., Atienza, I., Burgués, I., Capdevila, P., Díaz, D., García-Rubies, A., Linares, C., Mariani, S., Martínez-Ricart, A., Matamalas, N., Medrano, A., Pagès, M., Pérez, M., Romero, J., Rovira, G., Sanmartí, N., Zabala, M. (2016). Seguiment del medi marí al Parc Natural de Cap de Creus i al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter Memòria 2016 (Volum I).
- Hereu, B., Aspillaga, E., Capdevila, C., Pagès, M., Rovira, G., Sánchez, S., Linares, C. (2018). Seguiment de les comunitats mediolitorals al Parc Natural de Cap de Creus i al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Seguiment del medi marí al Parc Natural de Cap de Creus i al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Memòria tècnica 2017. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural
- Hereu, B., Kersting D. (2016). Diseases of coralline algae in the Mediterranean Sea. *Coral Reefs*, 35(2), 713 - 713.
- ICATMAR. 2020. Diagnosi de la pesca marítima recreativa a Catalunya (2019). Direcció General de Pesca i Afers Marítims, Generalitat de Catalunya. 24 pp. Treball tècnic (1).
- IDESCAT, 2022. Pesca marítima. Por lonjas. Comarcas y provincias 2021.
- Kalogirou, M. Corsini-Foka, A. Sioulas, H. Wennhage, L. Pihl. (2010). Diversity, structure and function of fish assemblages associated with *Posidonia oceanica* beds in an area of the eastern Mediterranean Sea and the role of non-indigenous species. *Fish Biology*, Volume 77, Issue 10.
- Levin, S. A. (1992). The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology* 73: 1943–1967
- Linares, C., Ortega, J., Rovira, G., Margarit, N., Sanmartí, N., Romero, J., Pérez, M., Gori, A., Hereu, B. (2022). Seguiment de la biodiversitat marina als espais protegits de Catalunya: Zones

- d'Espècial Conservació. Memòria 2021. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. 110 pp.
- Linares, C., Ortega, J., Rovira, G., Margarit, N., Sanmartí, N., Romero, J., Pérez, M., Gori, A., Hereu, B. (2022). Seguiment de la biodiversitat marina als espais protegits de Catalunya: Zones d'Espècial Conservació. Memòria 2021. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambie
- Linares, C., Ortega, J., Rovira, G., Margarit, N., Vilanova, M., Zentner, Y., Casals, D., Sala, A., Hereu, C. (2022). Seguiment de la biodiversitat marina als espais protegits de Catalunya: Parc Natural del Cap de Creus i Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Memòria 2021. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. 175 pp.
- Litter, M.M i Murray, S.N. (1975). Impact of sewage on the distribution, abundance and community structure of rocky intertidal macro-organisms. *Marine Biology* volume 30, pages 277–291.
- Lu, Y., Yuan, J., Lu, X., Su, C., Zhang, Y., Wang, C., Cao, X., Li, Q., Su, J., Ittekkot, V., Garbutt, R.A., Bush, S., Fletcher, S., Wagey, T., Kachur, A., Sweijid, N. (2018). Major threats of pollution and climate change to global coastal ecosystems and enhanced management for sustainability. *Environmental Pollution*, 239, 670-680.
- Mascaró, O., Romero, J., Pérez, M. (2014). Seasonal uncoupling of demographic processes in a marine clonal plant. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 142, 23-31
- Maxwell, P. S., Eklöf, J. S., van Katwijk, M. M., O'Brien, K. R., de la Torre-Castro, M., Boström, C., Bouma, T.J., Krause-Jensen, D., K. F. Unsworth, R., van Tussenbroek, B.I., van der Heide, T. 2017. The fundamental role of ecological feedback mechanisms for the adaptive management of seagrass ecosystems—a review. *Biological Reviews*, 92(3), 1521-1538
- Mayol, E., Boada, J., Pérez, M., Sanmartí, N., Minguito-Frutos, M., Arthur, R., Alcoverro, T., Alonso, D., Romero, J. (2022). Understanding the depth limit of the seagrass *Cymodocea nodosa* as a critical transition: Field and modeling evidence. *Marine Environmental Research*, 182, 105765
- Mayol, E., Boada, J., Pérez, M., Sanmartí, N., Minguito-Frutos, M., Arthur, R., Alcoverro, T., Alonso, D., Romero, J. (2022). Understanding the depth limit of the seagrass *Cymodocea nodosa* as a critical transition: Field and modeling evidence. *Marine Environmental Research*, 182, 105765.
- Medrano, A., Hereu, B., Cleminson, M., Pagès-Escolà, M., Rovira, G., Solà, J., **Linares, C.** (2020). From marine deserts to algal beds: *Treptacantha elegans* revegetation to reverse stable degraded ecosystems inside and outside a No-Take marine reserve. *Restoration Ecology*, DOI: 10.1111/rec.13123.
- Medrano, A., Linares, C., Aspillaga, E., Capdevila, P., Montero-Serra, I., Pagès-Escolà, M., Hereu, B. (2019). No-take marine reserves control the recovery of sea urchin populations after mass mortality events. *Marine Environmental Research* 145, 147-154.
- Micheli, F., Halpern, B.S., Walbridge, S., Ciriaco, S., Ferretti, F., Fraschetti, S., Lewison, R., Nykjaer, L., Rosenberg, A.A. (2013) Cumulative human impacts on Mediterranean and Black



- Sea marine ecosystems: assessing current pressures and opportunities. *PLoS ONE* 8(12):e79889.
- Micheli, F., Halpern, B.S., Walbridge, S., Ciriaco, S., Ferretti, F., Frascchetti, S., Lewison, R., Nykjaer, L., Rosenberg, A.A. (2013). Cumulative human impacts on Mediterranean and Black Sea marine ecosystems: Assessing current pressures and opportunities. *PLoS ONE*, 8:e79889.
- Micheli, F., Halpern, B.S., Walbridge, S., Ciriaco, S., Ferretti, F., Frascchetti, S., Lewison, R., Nykjaer, L., Rosenberg, A.A. (2013). Cumulative human impacts on Mediterranean and Black Sea marine ecosystems: Assessing current pressures and opportunities. *PLoS ONE*, 8:e79889.
- Milazzo, M., Mirto, S., Domenici, P., Gristina, M. (2013). Climate change exacerbates interspecific interactions in sympatric coastal fishes. *Journal of Animal Ecology*, 82(2), 468-477.
- Mineur, F., Arenas, F., Assis, J., Davies, A. J., Engelen, A. H., Fernandes, F., Jan Malta, E., Thibaut, T., Van Nguyen, T., Vaz-Pinto, F., Vranken, S., Serrão, E. A., De Clerck, O. (2015). European seaweeds under pressure: Consequences for communities i ecosystem functioning. *Journal of Sea Research*, 98, 91-108.
- Navarro Maestro, P. i Navarro Fernández, D., 2019. Assessment of SGD in karstic coastal massif: Aiguadolç beach (Garraf). Treball de Fi de Grau. Universitat Autònoma de Catalunya. <https://ddd.uab.cat/record/203832>
- Perez, M., Duarte, C. M., Romero, J., Sand-Jensen, K., Alcoverro, T. (1994). Growth plasticity in *Cymodocea nodosa* stands: the importance of nutrient supply. *Aquatic Botany*, 47(3-4), 249-264
- Pergent G., Pergent-Martini C., C.F. Boudouresque. (1995). Utilisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée: Etat des connaissances. *Mésogée* 54: 3-27
- Pinedo, S., Zabala, M., Ballesteros, E. (2013). Long-term changes in sublittoral macroalgal assemblages related to water quality improvement. *Botanica Marina*.
- Pittman, S.J., McAlpine, C., Pittman, K. (2004). Linking fish and prawns to their environment: a hierarchical landscape approach. *Mar Ecol Prog Ser* 283:233-254
- Polo Albeti, L. I Seoane-Camba, J. (1979). Poblaciones y comunidades de algas bentónicas en la costa catalana. *Acta Botánica Malacitana*, 5: 51-66
- Polo, Ll., i Rodriguez, C. (1989). Comunitats d'algues bentòniques al litoral català. La vida al medi marí.
- Pons, C. (2007). Estudio del estado de conservación de la fanerógama marina *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson en Menorca. Máster en Gestión Sostenible de Sistemas Costeros y Marinos. Proyecto final. International University Study Center – Universidad de Cádiz
- R Development Core Team. (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <URL <http://www.R-project.org>>
- Ralph, P. J., Durako, M. J., Enriquez, S., Collier, C. J., Doblin, M. A. (2007). Impact of light limitation on seagrasses. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 350(1-2), 176-193

- Renom, P., Romero, J. (2002). Xarxa de vigilància dels herbassars de fanerògames marines. Període 1998-2001. Memòria tècnica 2002. Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca. Alimentació i Medi Natural de la Generalitat de Catalunya
- Roberts, K.E., Valkan, R.S., Cook, C.N. (2018). Measuring progress in marine protection: A new set of metrics to evaluate the strength of marine protected area networks. *Biological Conservation*, 219: 20–27.
- Roca Carceller, G., Alcoverro i Pedrola, T., Krause-Jensen, D., Balsby, T. J. S., van Katwijk, M. M., Marbà, N., Santos, R., Arthur, R., Mascaró, O., Fernández-Torquemada, Y., Pérez, M., Duarte, C., Romero, J. R. M. (2016). Response of seagrass indicators to shifts in environmental stressors: A global review and management synthesis. *Ecological Indicators*, 2016, vol. 63, p. 310-323.
- Romero, J. (1986). Une méthode d'échantillonnage stratifié pour évaluer la densité des herbiers de *Posidonia oceanica* Rapp. Com. Int. Mer Médit 30:2
- Romero, J., 2004. Posidònia: els prats del fons del mar: la mirada del biòleg a un ecosistema mediterrani. Col·lecció Norai, 9. Ajuntament de Badalona.
- Romero, J., Martínez-Crego, B., Alcoverro T., Pérez, M. (2007). A multivariate index based on the seagrass *Posidonia oceanica* (POMI) to assess ecological status of coastal waters under the water framework directive (WFD). *Marine Pollution Bulletin* 55: 196-204
- Romero, J., Pérez, M., Alcoverro, T., Farina, S., Roca, G. (2010). Control d'una xarxa de vigilància dels herbeis de *Posidonia oceanica* a Catalunya, com a indicadors de la qualitat de les aigües litorals (CV07000395). Agència Catalana de l'Aigua, Generalitat de Catalunya
- Romero, J., Pérez, M., Boada, J., Sanmartí, N., Rovira, G. (2020). Seguiment de les praderies de posidònia i de les poblacions de nacres Seguiment del medi marí al Parc Natural del Cap de Creus i al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Memòria tècnica 2020. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. pp. 105–184
- Romero, J., Pérez, M., Boada, J., Sanmartí, N., Rovira, G. (2020). Seguiment de les praderies de posidònia i de les poblacions de nacres Seguiment del medi marí al Parc Natural del Cap de Creus i al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Memòria tècnica 2020. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. pp. 105–184
- Romero, J., Pérez, M., Sanmartí, N., Llagostera, I., Dalmau, A. (2012). Estat ecològic de les praderies de *Cymodocea nodosa* a la badia de Pala. Memòria tècnica 2012. Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca. Alimentació i Medi Natural de la Generalitat de Catalunya
- Sala, E., Ballesteros, E., Dendrinós, P., Di Franco, A., Ferretti, F., Foley, D., Fraschetti, S., Friedlander, A., Garrabou, J., Güçlüsoy, H., Guidetti, P., Halpern, B. S., Hereu, B., Karamanlidis, A. A., Kizilkaya, Z., Macpherson, E., Mangialajo, L., Mariani, S., Micheli, F., Pais, A., Riser, K., Rosenberg, A. A., Sales, M., Selkoe, K. A., Starr, R., Tomas, F., Zabala, M. (2012). The



- structure of mediterranean rocky reef ecosystems across environmental and human gradients, and conservation implications. *PLoS ONE*. 7(2), e32742
- Sala, E., Boudouresque, C. F., Harmelin-Vivien, M. (1998). Fishing, Trophic Cascades, i the Structure of Algal Assemblages: Evaluation of an Old but Untested Paradigm. *Oikos*, 82, 425–439.
- Sala, E., i Zabala, M. (1996). Fish predation and the structure of the sea urchin *Paracentrotus lividus* populations in the NW Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 140.
- Sanmartí, N., Ontoria, Y., Ricart, A. M., Arthur, R., Alcoverro, T., Pérez, M., Romero, J. (2022). Exploring coexistence mechanisms in a three-species assemblage. *Marine Environmental Research*, 178, 105647
- Sanmartí, N., Romero, J., Pérez, M., Rovira, G. (2022). Seguiment de les praderies de posidònia i de les poblacions de nacres Seguiment del medi marí al Parc Natural del Cap de Creus i al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Memòria tècnica 2022. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. pp. 105–184
- Schneider, D.C. (2001). The Rise of the concept of scale in ecology. *Bioscience* 51 (7): 545-554
- Short, F., Coles, RG (eds). (2001). Global seagrass Research methods. *Elsevier Science B.V.*, Amsterdam
- Templado, J. Ballesteros, E., Galpsarsoro, I., Borja, A., Serrano, A., Martín L i Brito, A. (2012). Inventario español de hábitats y especies marinos. Gobierno de España.
- Terrados, J., Grau-Castella, M., Piñol-Santiñà, D., Riera-Fernández, P. (2006). Biomass and primary production of a 8–11 m depth meadow versus < 3 m depth meadows of the seagrass *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson. *Aquatic Botany*, 84(4), 324-332.
- Torras, X., Pinedo, S., Garcia, M., Weitzmann, B, Ballesteros, E. (2015). Environmental Quality of Catalan Coastal Waters Based on Macroalgae: The Interannual Variability of CARLIT Index and Its Ability to Detect Changes in Anthropogenic Pressures over Time. A. Munné *et al.* (eds.), Experiences from Ground, Coastal and Transitional Water Quality Monitoring: The EU Water Framework Directive Implementation in the Catalan River Basin District (Part II), Hdb Env Chem (2016).
- Torras, X., Pinedo, S., Garcia, M., Weitzmann, B, Ballesteros, E. (2015). Environmental Quality of Catalan Coastal Waters Based on Macroalgae: The Interannual Variability of CARLIT Index and Its Ability to Detect Changes in Anthropogenic Pressures over Time. A. Munne' *et al.* (eds.), Experiences from Ground, Coastal and Transitional Water Quality Monitoring: The EU Water Framework Directive Implementation in the Catalan River Basin District (Part II), Hdb Env Chem (2016).
- Turner, S. J., Thrush, S. F., Hewitt, J. E., Cummings, V. J., Funnell, G. (1999). Fishing impacts and the degradation or loss of habitat *structure*. *Fisheries Management and Ecology*, 6(5), 401-420.
- Tuya, F., Martín, Y.A., Luque, A. (2002). Impact of a marina construction on a seagrass bed at Lanzarote (Canary Islands). *Journal of Coastal Conservation*, 8: 157- 162

- Tuya, F., Ribeiro-Leite, L., Arto-Cuesta, N., Coca, J., Haroun, R., Espino, F. (2014). Decadal changes in the structure of *Cymodocea nodosa* seagrass meadows: Natural vs. human influences. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 137, 41-49.
- Wangensteen, O. S., Turon, X., Pérez-Portela, R., Palacín, C. (2012). Natural or Naturalized? Phylogeography Suggests That the Abundant Sea Urchin *Arbacia lixula* Is a Recent Colonizer of the Mediterranean. *PLoS ONE*, 7(9), e45067.
- Waycott M., Duarte C.M., Carruthers T.J.B., Orth R.J., Dennison W.C., Olyarink, S., Calladine, A., Fourqurean, J.W., Heck, K.L., Hughes, A.R., Kendrick, G.A., Kenworthy, W.J., Short, F.T., Williams, S.L. (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106: 12377-12381
- Wernberg, T., Bennett, S., Babcock, R., De Bettignies, T., Cure, K., Depczynski, M., Harvey, E. (2016). Climate-driven regime shift of a temperate marine ecosystem. *Science*, 353(6295), 169-172.
- Xatrac Associació Mediambiental. (2009). Seguiment de la praderia de *Cymodocea nodosa* localitzada davant la platja de la Pineda, Vilaseca (Tarragona) per al projecte de prolongació del dic trencaones de l'autoritat portuària de Tarragona. Entorn SA
- Zabala, M., Garcia-Rubies, A., Louisy, P., Sala, E. (1997a). Spawning behaviour of the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces: Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Scientia Marina*, 61: 65–77.
- Zabala, M., Louisy, P., Garcia-Rubies, A., Gracia, V. (1997b). Socio-behavioural context of reproduction in the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces: Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Scientia Marina*, 61: 79–89.
- Zubak, I., Kruschel, C., Schultz, S. (2017). Predators structure fish communities in *Posidonia oceanica* meadows: meta-analysis of available data across the Mediterranean basin. *Marine ecology progress series*. Vol. 566: 145–157.



ZONA D'ESPECIAL CONSERVACIÓ DEL DELTA DE L'EBRE

Introducció general de la ZEC del Delta de l'Ebre

Codi ZEC: ES0000020

Superfície marina de la regió: 35647,11 ha

Superfície ZEC: 48.385,1 ha

Superfície ZEPA: 48.385,1 ha

El Delta de l'Ebre se situa al sud de Catalunya, a les comarques del Baix Ebre i el Montsià, que queden dividides pel propi riu. És la formació deltaica més important del mediterrani occidental, ja que s'hi pot trobar una gran diversitat d'hàbitats, on destaquen les praderies de *Cymodocea nodosa*. Aquesta gran biodiversitat contrasta amb la gran presència humana que engloba aquest paratge, sent un sistema dinàmic fruit d'un seguit de processos estructurals i molt transformat antropològicament en els darrers anys (Generalitat de Catalunya, 2015). L'aprovació de la creació del Parc Natural del Delta de l'Ebre es va dur a terme l'any 1983 amb la finalitat d'unir els espais naturals que acull aquest indret amb la seva explotació per part de la població (Generalitat de Catalunya, 2015).

La zona del ZEC del delta de l'Ebre (Figura 1) que presenta especial interès pel que fa a la biodiversitat submergida és la plataforma de sorra que envolta la banya de la badia dels Alfacs per la part interna, des de l'obertura de la badia fins a l'inici de la barra del Trabucador. A la part nord del delta de l'Ebre hi trobem la punta del Fangar, una península sorrenca de 7 km de llargada i 3 km d'ample que s'endinsa al mar. És al llarg d'aquesta zona, exceptuant la barra del Trabucador, on es troben unes grans extensions de praderies de *C. nodosa* entre 0,3 i 2 m (Pérez i Ricart, 2016). Aquestes praderies presenten una gran variabilitat espacial (Pérez i Mascaró 2005, Pérez i Ricart, 2016) i poden ser tant contínues com discontinües i tant monoespecífiques com mixtes (principalment amb l'alga verda *Caulerpa prolifera*). És també en aquesta zona on s'observen més garotes *Paracentrotus lividus* associades sobretot a les restes de nacres mortes, i on es concentren les poques poblacions de nacres vives que es troben al nostre litoral (Prado *et al.* 2021). Una de les característiques que més determina la biodiversitat de la badia dels Alfacs és el seu funcionament hidrològic. Aquest està condicionat per la regulació artificial dels fluxos dels canals d'aigua dolça amb aportacions de nutrients procedents, en gran part, dels canals de desguàs dels camps de cultiu d'arròs situats a la plana deltaica. Aquest fet crea un gradient de salinitat (en les capes superficials) i de disponibilitat de nutrients entre la zona nord de la badia i la zona sud (Pérez *et al.* 1994, Pérez *et al.* 2001) que promou diferències morfològiques i en la dinàmica entre les poblacions de *Cymodocea nodosa* de les dues zones. També podem veure diferències en la presència de nacres, essent més abundants on les condicions de salinitat són més estables (32-35 psu) (Prado *et al.* 2021). Gran part de la zona d'aquesta ZEC no es troba

directament influenciada per les aportacions d'aigua dolça i de nutrients, a excepció de la zona de l'inici de la barra del Trabucador, al nord de la badia.

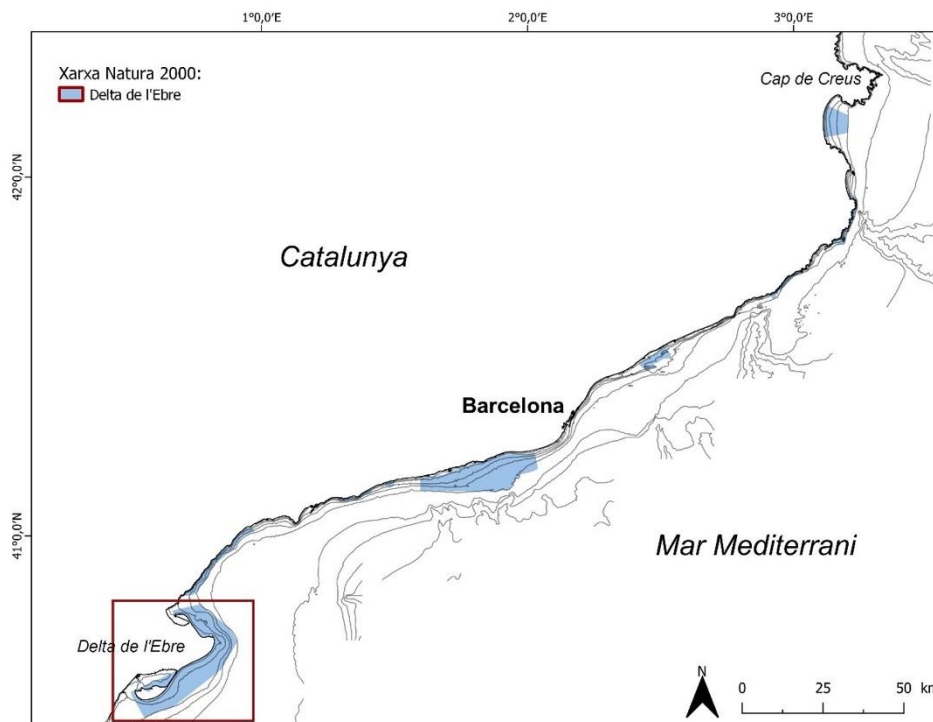


Figura 1. Mapa de les ZECs de Catalunya amb el Delta de l'Ebre destacat.

A l'informe de l'any 2021, es van proposar els següents punts de mostreig (Taula 1, Figura 2), que inclouen tots els descriptors i estacions que apareixien en el PLEC. Tot i que es va centrar el mostreig en la badia dels Alfacs, es presenten resultats de praderies de *C. nodosa* a dues localitats de la badia del Fangar.

Taula 1. Punts proposats per al mostreig dels indicadors per a l'avaluació de l'estat de la ZEC del Delta de l'Ebre.

| Indicador | Llegenda | Nº immersions PLEC | Punts de mostreig proposats |
|----------------------|----------|--------------------|---|
| Fanerògames i nacres | | 4 | Marí Galatxo 1 Salines 1 Tancada |
| Peixos | | 4 | Trabucador Salines 2 Canal 2 Galatxo 2 |
| Paisatge | | 4 | Marí Veler Canal 1 Salines 1 |
| Prospeccions | | 1 | Canal 1 |

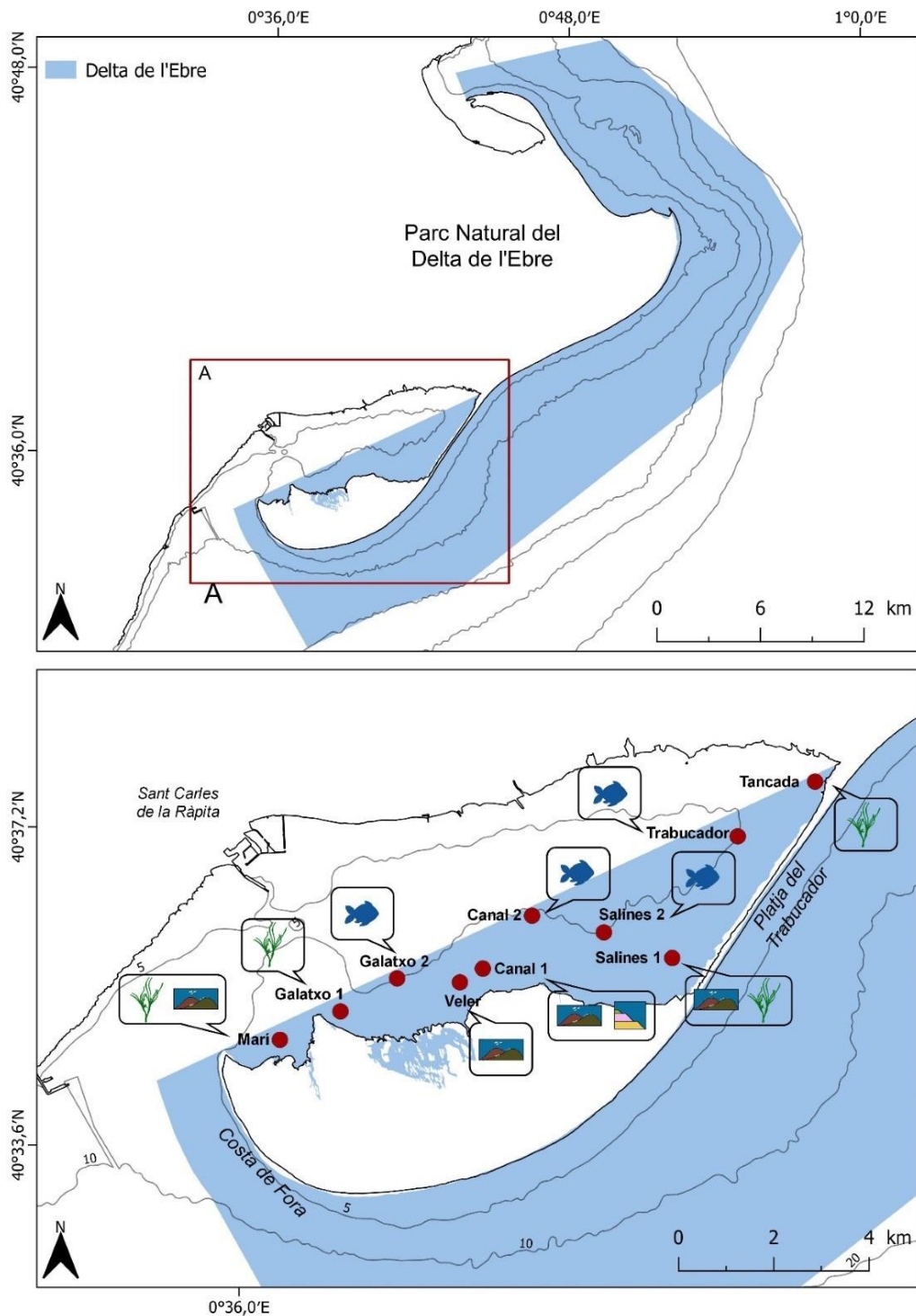


Figura 2. Mapa de les estacions proposades per als mostrejos amb els indicadors de la ZEC del Delta de l'Ebre.

Finalment, a més de les que es van proposar a l'informe de l'any passat (Linares *et al.* 2022) s'han afegit dos prospeccions de més que no estaven al PLEC.

A continuació es presenten els indicadors utilitzats en aquesta ZEC amb una breu introducció per cada un d'ells, la metodologia emprada, els resultats obtinguts i una discussió d'aquests.



Fanerògames i nacres

- Les praderies de *Cymodocea nodosa*, majoritàriament, estan en un estat de conservació satisfactori, llevat de dos casos (Trabucador, Alfacs i Lo Goleró, Fangar).
- La praderia del Trabucador es troba molt fragmentada, resultat de l'acumulació de diferents pertorbacions naturals, com temporals.
- La praderia de Lo Goleró (Fangar) presenta les fulles molt epifitades i símptomes d'anòxia al sediment, resultat de la influència de les aigües de desguàs dels canals provinents de la plana deltaica.

- Les poblacions de garotes es troben presents a les estacions de Marí i Galatxo i sempre associades a les nacres mortes, principalment agregades a la seva base.
- S'ha confirmat la presència d'una població de nacres amb individus vius a l'estació Salines, tot i que la majoria d'ells mostraven una vitalitat reduïda.

Introducció

Les fanerògames marines

Les fanerògames o angiospermes marines formen un grup de plantes singular, relativament petit (unes 70 espècies a tot el món), que van colonitzar els ambients marins costaners fa uns 100 milions d'anys (den Hartog, 1970). Des d'un punt de vista taxonòmic, són plantes amb fulles, tija, arrels, flors i amb llavors embolcallades per un fruit, semblants a moltes plantes herbàcies terrestres com les gramínies. Les arrels són les que els hi han permès colonitzar els fons de sediment, molt més extensos que els fons rocosos, de manera que les seves praderies poden arribar a ocupar grans superfícies. Presenten una arquitectura clonal, és a dir, creixen vegetativament per l'addició de mòduls morfològica i genèticament idèntics. La reproducció vegetativa és el mecanisme dominant, tot i que també presenten reproducció sexual, amb flors o inflorescències generalment poc vistoses que produeixen fruits i llavors.

Les fanerògames marines, i les praderies que constitueixen, duen a terme funcions ecològiques crucials en les aigües costaneres, algunes de les quals tenen repercussions regionals o fins i tot globals. Destaquem: i) el seu paper com a constructores d'hàbitat, ja que formen un suport físicobiològic que dona protecció o proveeix de substrat a una enorme varietat d'espècies vegetals i animals, ii) la seva funció com reservoris de biodiversitat, funció que es deriva del seu paper de constructores d'hàbitat, però també de la seva producció d'aliment, que nodreix les xarxes tròfiques, iii) els serveis ecològics dels quals són responsables, com ara producció d'oxigen, protecció de platges, filtre natural o embornal de carboni, entre d'altres.

Les praderies de fanerògames marines són molt sensibles a l'acció humana, de manera que hi ha una certa preocupació d'abast mundial pel seu declivi (Waycott *et al.* 2009), així com una demanda de mesures de protecció que la societat comença a fer seva. Alguns estudis recents semblen mostrar que aquestes mesures comencen a tenir efecte (de los Santos *et al.* 2019). En general, els mecanismes bàsics pels quals els diferents impactes originats per les activitats humanes poden afectar aquestes praderies es classifiquen en:

- a) Modificacions directes dels recursos o factors primaris que controlen la producció i el creixement, com ara la reducció de la llum incident, l'augment de temperatura (en particular, el derivat de l'escalfament global) o l'augment de la disponibilitat de nutrients (eutrofització).
- b) Modificacions indirectes de la disponibilitat de recursos a través de l'alteració d'altres factors del medi, de les característiques de l'hàbitat o de les interaccions biòtiques (per exemple: augment d'epífits, major incidència d'herbívors i mortalitat d'arrels per manca d'oxigen al sediment, entre d'altres).
- c) Mortalitat per efectes directes sobre les plantes, principalment per impactes mecànics, com ara certs tipus de pesca, ancoratge, obres costaneres...
- d) Bioacumulació i efectes tòxics de contaminants (metalls, detergents, hidrocarburs, etc.) sobre el metabolisme i el creixement de la planta o dels organismes que viuen a la praderia.

Els valors patrimonials associats a les praderies de fanerògames marines, així com els serveis o beneficis que se'n deriven per la societat, fan que el seu seguiment en general i, especialment, en l'àmbit d'espais marins protegits, sigui de gran importància. D'una banda, és cert que als espais marins protegits moltes de les activitats humanes amb impacte negatiu sobre les praderies estan excloses o regulades. Ara bé, això no vol dir que no hi hagi pressions, com poden ser la pressió exercida per la nàutica d'esbarjo (fondejos), i els possibles efectes de l'escalfament global (aspecte no susceptible de regulació, però amb què cal estar atent). Per l'òrgan gestor dels espais protegits és essencial disposar d'informació fiable sobre l'estat d'aquests ecosistemes, tant per determinar i avaluar mesures i actuacions, com per saber l'evolució del patrimoni submarí que tenen sota la seva custòdia.

De les cinc espècies de fanerògames marines existents a la Mediterrània (excloses les pertanyents al gènere *Ruppia*), a Catalunya es coneix la presència de tres: *Posidonia oceanica*, coneguda popularment com a alga de vidriers, *Cymodocea nodosa*, de nom popular algueró o alga de les nimfes, i *Zostera noltii*. Una quarta espècie, *Zostera marina*, havia estat vista, almenys a Portlligat, cala Jonquet (badia de Guillola) i a la badia dels Alfacs (delta de l'Ebre), si bé és pràcticament segur que ja no es trobi a les costes catalanes. Més concretament, a la ZEC del Delta de l'Ebre trobem principalment *C. nodosa*, i en menor mesura *Z. noltii*.

Les praderies de *Cymodocea nodosa*

Cymodocea nodosa és una fanerògama marina d'afinitat tropical que viu a la Mediterrània i a les costes Atlàntiques properes (de Mauritània fins al sud de Portugal), i és relativament freqüent a tot el litoral català (Figura 3). És una espècie de creixement ràpid, amb una àmplia tolerància a diferents condicions ambientals i dotada d'una elevada plasticitat morfològica i fisiològica. Aquests atributs fan que sigui una espècie amb una elevada resistència i capacitat de colonització (o recolonització després d'una pertorbació), fins i tot adaptant-se a possibles alteracions ambientals (Pérez *et al.* 1994, Sanmartí *et al.* 2022). *C. nodosa* presenta una forta estacionalitat amb un màxim de creixement al mes de juny i un mínim al gener (Mascaró *et al.* 2014). Es tracta d'una planta dioica que fa flors femenines clarament diferenciades de les masculines. La floració comença a finals de primavera coincidint amb l'augment de la temperatura de l'aigua i l'augment del fotoperíode.



Figura 3. Praderia de *Cymodocea nodosa* de la ZEC del Delta de l'Ebre

A la costa catalana es troba tant a mar obert, ocupant una franja entre els 8-10 i, com a molt, fins els 20 metres, com en ambients confinats o semiconfinats molt somers (badies del delta de l'Ebre, per exemple), i llavors pot arribar fins a molt a prop de la superfície.

Les praderies de *Cymodocea nodosa* del delta de l'Ebre

Les praderies de *C. nodosa* del delta de l'Ebre s'estenen al llarg de les plataformes de sorra de l'interior de les dues badies entre 0,5 i 2 (excepcionalment fins a 4 m) de profunditat. Aquestes praderies estan sotmeses a un gradient molt acusat d'eutrofització (concentracions de nutrients i aportacions de matèria orgànica), a causa règim hidrològic fortament modificat per l'agricultura de l'arròs de la plana deltaica. Efectivament, els canals de desguàs dels camps d'arròs aporten un aigua rica en nutrients i matèria orgànica a les badies, però no ho fan de manera uniforme, creant, per tant, condicions heterogènies per les praderies (Romero *et al.* 2008). El gradient és especialment acusat a la badia dels Alfacs, on les praderies de *C. nodosa* que es troben incloses dins la ZEC del Delta de l'Ebre (Figura 4), es distribueixen per la vora sud de la badia, entre l'inici de la barra del Trabucador i la punta de la Banya, lluny de la influència directa dels canals de desguàs de la plana deltaica, i per tant el seu grau d'eutrofització es lleu. Al respecte, cal tenir present que les badies del delta de l'Ebre han estat declarades masses d'aigua fortament modificades (Directiva Marc de l'Aigua), fet que d'alguna manera reconeix que l'alteració per les aigües que s'aboquen a la badia han provocat una modificació secular de les seves condicions.

Les praderies del delta de l'Ebre són més o menys extenses i contínues o fragmentades, monoespecífiques i mixtes amb l'alga *Caulerpa prolifera*. Actualment, aquestes praderies són un refugi per algunes de les últimes poblacions de la nacra *Pinna nobilis*. Cal recordar que aquest mol·lusc va experimentar una mortalitat massiva al Mediterrani a finals del 2016 i en l'actualitat es troba ha desaparegut de la major part de les seves àrees de distribució habitual. La causa d'aquest declivi va ser la infecció per un protozou paràsit (*Haplosporidium pinnae*) (Catanese *et al.* 2018, Carella *et al.* 2019). L'interès d'aquesta espècie emblemàtica i protegida, la seva vulnerabilitat i la seva associació a les praderies de fanerògames marines, fa que aquestes poblacions residuals tinguin un elevat interès. Al delta de l'Ebre, el primer episodi de mortalitat massiva de nacres no va arribar fins al 2018, seguit d'un segon episodi després del temporal Glòria, el 2020 (Prado *et al.* 2021), amb afectacions molt greus a les poblacions de la zona. Encara ara, queden restes de nacres mortes dins les praderies i proporcionen un substrat dur per a l'assentament d'una gran varietat d'organismes entre ells, la garota *Paracentrotus lividus*, que a les praderies viu principalment associada a la nacra o les restes de nacres trencades (Sanmartí *et al.* 2022).

Altres espècies de macròfits marins del delta de l'Ebre

Zostera noltii és una fanerògama marina de distribució atlàntica i mediterrània. Viu en fons sorrencs i fangosos a una profunditat d'entre 0 i 5 m, principalment en badies i llacunes. És una planta oportunista i molt resistent a canvis ambientals com la temperatura o la salinitat. En les badies del delta de l'Ebre es troba, bé formant praderies monoespecífiques o mixtes amb *C. nodosa*. També és habitual que *C. nodosa* formi praderies mixtes amb *Caulerpa prolifera*, una alga verda oportunista nativa del Mediterrani, on està àmpliament distribuïda. És una espècie de creixement

ràpid que viu principalment en fons sorrencs o fangosos en aigües riques en nutrients i matèria orgànica, i a una profunditat que pot arribar als 5-6 m.

L'objectiu del present treball, és fer una aproximació a l'estat de conservació de les praderies de *C. nodosa* i nacres de la ZEC del Delta de l'Ebre (Figura 4), i aportar informació contrastada que permeti seguir l'evolució d'aquest ecosistema en els propers anys.

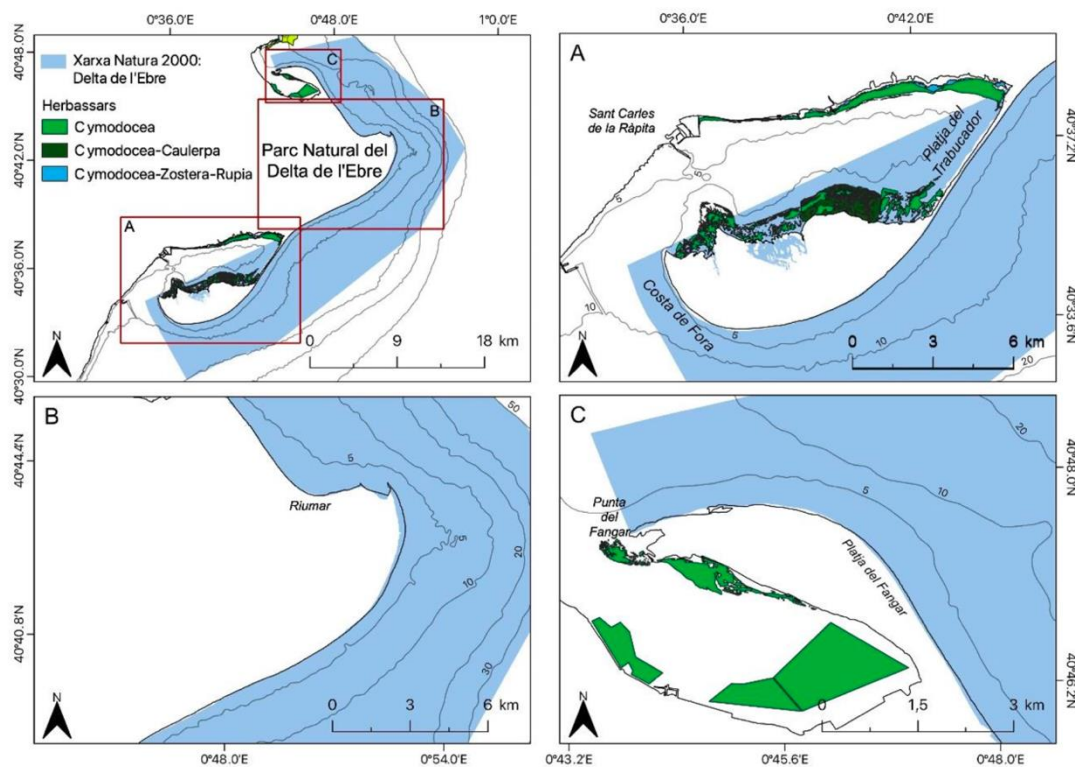


Figura 4. Mapa de la distribució de les praderies de *Cymodocea nodosa* de la ZEC del Delta de l'Ebre (Generalitat de Catalunya, 2018).

Material i mètodes

Estacions de mostreig

A la badia dels Alfacs, s'han seleccionat un total de 4 estacions, tres d'elles distribuïdes al llarg de la plataforma de sorra de la seva vora interna (Marí, Galatxo i Salines), i l'altra a la vora nord-est, a l'inici de la barra del Trabucador (Trabucador) (Figura 5). Aquestes estacions s'han seleccionat seguint la disponibilitat de dades històriques d'altres estudis realitzats anteriorment en aquestes mateixes estacions (Romero *et al.* 2010). Totes les estacions mostrejades són molt somes (al voltant del 0,6 m). En tots els casos, s'evita mostrejar als límits de la praderia per evitar l'anomenat "efecte marge", el qual podria afectar les dades obtingudes.

Adicionalment, i per complementar la informació que resulti del mostreig de les quatre estacions dels Alfacs, s'han analitzat les dades (qualitatives i de densitat) de dues praderies de la badia del Fangar (Lo Goleró i Far) (Figura 5). Aquestes dades addicionals han estat facilitades per l'equip

del seguiment de l'indicador *C. nodosa*, de la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/CE) (García-González *et al.* 2022), en el que també hi participa un membre del nostre equip. El mostreig es va realitzar en dos dies de campanya, concretament els dies 20 i 21 de juny del 2022 (Taula 2), amb un equip de 5 persones, quatre mostrejadors i un barquer.

Taula 2. Estacions mostrejades en el seguiment la praderia de *C. nodosa*. Fondària: fondària en metres. Amb asterisc (*) dades que s'han obtingut de l'equip del seguiment de l'indicador *C. nodosa*, de la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/CE) (García-González *et al.* 2022).

| Zona | Estació | Data mostreig | Fondària |
|--------|------------|---------------|----------|
| Alfacs | Marí | 20/06/2022 | 0,6 |
| | Galatxo | 20/06/2022 | 0,6 |
| | Salines | 20/06/2022 | 0,6 |
| | Trabucador | 21/06/2022 | 0,5 |
| Fangar | Goleró* | 21/07/2022 | 0,7 |
| | Far* | 22/07/2022 | 0,6 |

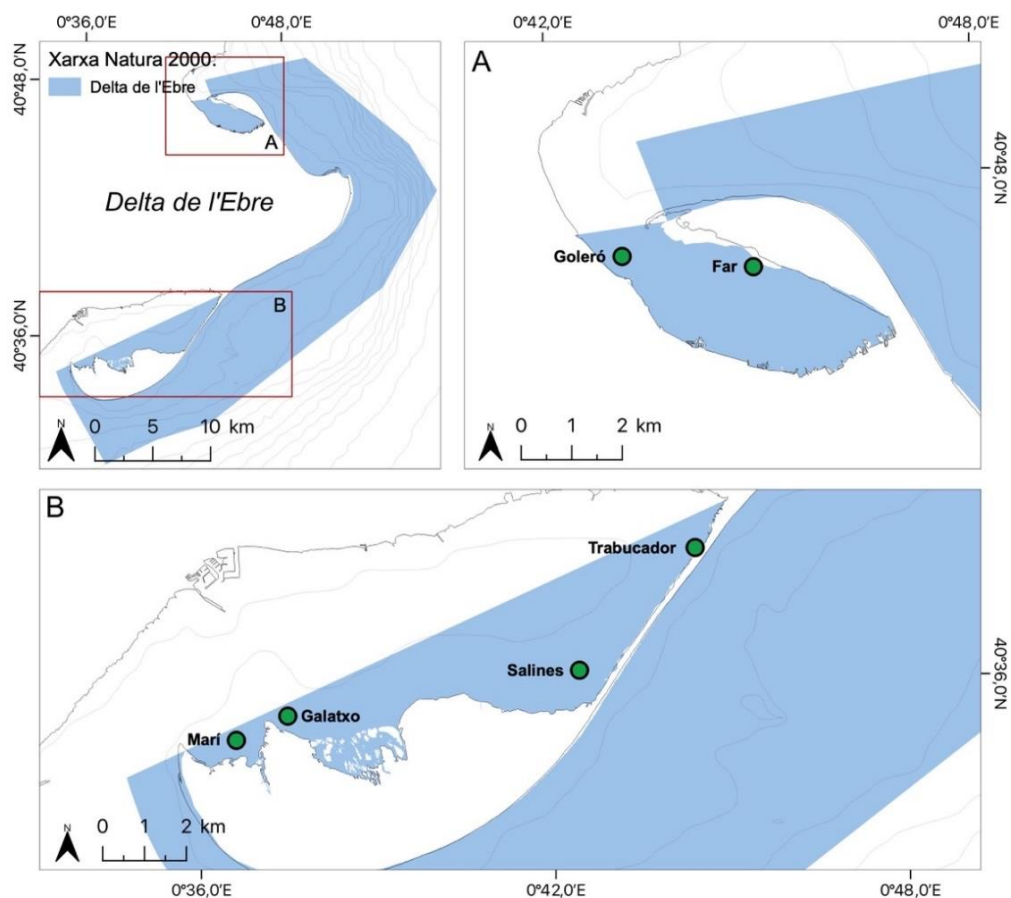


Figura 5. Mapa de la part marina del ZEC Delta de l'Ebre, i detall de les dues badies amb les estacions de mostreig.



Metodologia de mostreig

El treball s'ha dut a terme en dues fases: presa de dades al camp i elaboració de la informació obtinguda. El mostreig i la presa de dades s'han realitzat mitjançant dues aproximacions complementàries, una de qualitativa i l'altra quantitativa. En la primera, s'anoten diferents observacions relacionades amb l'aspecte general de la praderia, de la seva comunitat o relacionades amb possibles perturbacions. La segona consisteix en l'adquisició de dades quantitatives sistemàtiques, en el nostre cas sobre densitat, cobertura i alçada de la volta foliar. Pel seguiment de les praderies de *C. nodosa*, s'ha utilitzat una adaptació de diferents metodologies de mostreig emprades anteriorment per l'equip en herbeis d'aquesta espècie (Romero *et al.* 2010, Sanmartí *et al.* 2022). Cal recordar que *C. nodosa* és un BQE (element biològic de qualitat) dins dels programes de seguiment de l'estat de les masses d'aigua a Catalunya, i que per tant existeix una dilatada experiència sobre valoracions del seu estat ecològic (García-González *et al.* 2022).

Aproximació qualitativa

Es fa una descripció general de la praderia d'una zona al voltant de l'estació de mostreig d'uns 500 m². S'anoten diferents observacions relacionades amb l'aspecte general de la praderia, com ara la continuïtat de la vegetació, la presència i mida de clapes de sorra o la floració. També s'anoten observacions relacionades amb la comunitat de la praderia com poden ser la presència de macroalgues, epífits, o de la macrofauna sèssil o flotant més conspícua que podem trobar a les praderies de *C. nodosa*. En aquest sentit, destaquen els equinoderms, que, com a herbívors (la garota comuna, *Paracentrotus lividus*) o com a detritívors (les holotúries, *Holothuria* spp.), hi tenen papers ecològics importants. Finalment, es realitzen anotacions relacionades amb possibles perturbacions, com ara l'enterrament o desenterrament dels feixos (mesura entre la superfície del sediment i la inserció dels feixos al rizoma), la presència de feixos arrencats, l'observació d'impactes mecànics (zones mortes), presència de deixalles, etc.

Aproximació quantitativa

Densitat

La densitat és el nombre de feixos per unitat de superfície. Els feixos de *C. nodosa* són agrupacions individualitzades de fulles (de 2 a 5 fulles per feix) que s'uneixen per la base, producte de la ramificació de les tiges (anomenades rizomes en estar parcialment o totalment enterrades). La densitat és una variable bàsica, generalment associada a la vitalitat de la praderia, així com una primera aproximació a altres variables quantitatives ecològicament rellevants (producció, biomassa, etc.). La densitat s'estima a partir del recompte del nombre de feixos que trobem a l'interior d'un cilindre o testificador (*core*) de 15 cm de diàmetre, el que equival a una superfície de 177 cm². La mostra obtinguda amb el *core* es neteja de sediment i es col·loca en una safata on es realitza el recompte de feixos. La superfície de recompte s'ha determinat basant-se en

l'experiència de l'equip mostrejant en aquestes praderies (Romero *et al.* 2010) i tenint en compte que la densitat de *C. nodosa* en zones molt somes sol ser força elevada.

A cada estació de mostreig es fan 10 mesures de densitat, anotant els feixos presents a cada *core*. Els 10 punts on es fan les mesures es distribueixen sobre la superfície que constitueix l'estació de mostreig, és a dir, uns 500 m² al voltant del punt marcat per les coordenades i sempre sobre zones amb planta, i per tant amb cobertura no nul·la (Romero, 1986). La distribució dels *cores* és a l'atzar, i per aconseguir-la es neda o camina un cert nombre de cops d'aleta o de passes en direccions aleatòries. Pel càlcul de la densitat, es considera que cada *core* és una rèplica, i per tant el nombre de rèpliques és de 10 per estació de mostreig. La densitat s'expressa en feixos m⁻².

Alçada de la volta foliar

L'alçada de la volta foliar és una variable que pot estar relacionada amb la vitalitat de la planta i ens pot donar informació sobre l'estat de degradació de les praderies (Delgado *et al.* 1997, Tuya *et al.* 2002). Aquesta variable s'ha de prendre amb precaució, ja que s'ha vist que l'aportació de nivells moderats de nutrients poden desencadenar una resposta de la planta a incrementar l'alçada de la volta foliar i la biomassa foliar. La seva estimació es fa col·locant un regle perpendicular al substrat, i anotant la distància que va des del sediment fins a l'alçada màxima de les fulles, un cop descartades (aproximadament) el 20% de les fulles que sobresurten més.

Es realitzen 20 mesures a l'atzar en una zona 500 m² al voltant del punt marcat per les coordenades, i per tant tenim 20 rèpliques per aquesta variable. L'alçada de la volta foliar s'expressa en cm.

Les poblacions de Pinna nobilis

L'estima de l'abundància de les nacres i el seu estat (viva o morta) es fa mitjançant transectes de 50x2 metres. El transecte es marca amb una cinta mètrica i dos mostrejadors neden a banda i banda inspeccionant la superfície compresa entre el transecte i un metre de distància, cadascú per la seva banda. La superfície total inspeccionada per transecte és de 100 m², amb 3 rèpliques per estació. Cada cop que es troba un individu de *P. nobilis* s'anota: l'estat (viva o morta), la mida (petita, <10 cm, mitjana, entre 10 i 20 cm, gran, >20 cm d'alçada del sediment a la part més alta de les valves), i la posició (tombada o erecta). El nombre de nacres s'expressa en nombre d'individus per 100 m⁻².

Macrofauna associada

Entre la macrofauna més conspícua que podem trobar a les praderies de *C. nodosa* destaquen sobretot els equinoderms amb papers ecològics importants. Per a l'estimació de l'abundància de *P. lividus* es fan servir els mateixos transectes de 50x2 metres utilitzats per l'estima de les nacres. La major part de les garotes de les badies del delta de l'Ebre es troben associades a les nacres, generalment agregades a la base, tot i que també, esporàdicament, poden observar-se damunt de les valves (Sanmartí *et al.* 2022). Cada cop que es troba una nacra amb garotes s'anota el nombre de garotes presents i el diàmetre (mesurat amb un peu de rei) de cada una. Al llarg d'aquests



transsectes també s'anota de manera semiquantitativa (nul·la, escassa, normal, abundant o molt abundant) la presència d'holotúries i d'altres espècies com el gasteròpode *Hexaplex* spp., molt comú en aquestes praderies.

Anàlisi de dades

S'ha analitzat la significació de les diferències de les variables de densitat i alçada de la volta foliar entre les estacions de mostreig amb una anàlisi de la variància considerant 'estació' com a variable independent i 'densitat' o 'alçada volta foliar' com a dependent. En cas que els resultats de les anàlisis resultin significatius, s'aplica un test *post-hoc* per esbrinar entre quines estacions apareixen les diferències.

Per totes les variables s'ha testat la seva normalitat i homoscedasticitat mitjançant inspecció visual dels residus (representacions dels residus amb els valors ajustats i complets). El llindar de significació de tots els tests estadístics s'ha establert a $p=0,05$. Tots els càlculs estadístics han estat fets amb el programari lliure "R" (R Core Team, 2022). La presentació dels resultats estadístics s'ha reduït al mínim en la redacció d'aquest informe per facilitar-ne la lectura.

Resultats

Aproximació qualitativa

Les quatre estacions dels Alfacs estan, com ja s'ha dit, allunyades de l'efecte de les aigües dels canal de desguàs dels arrossars. Com també s'ha dit, poden ser contínues o discontinues (a taques), i poden ser monoespecífiques i o aparèixer barrejades amb l'alga *C. prolifera* i esporàdicament amb *Zostera noltii*.

La praderia de l'estació Marí és la més propera a l'obertura a mar de la badia dels Alfacs, i per tant la més influenciada per les aigües marines. És una praderia força contínua, tot i que no gaire homogènia, alternant zones molt denses amb zones poc denses i amb clarianes de sorra mitjanes (1-5 m) i grans (> 5 m). Els feixos es troben poc enterrats en un sediment sorrenc, i presenten pocs epífits a les seves fulles i abundants marques de mossegades de peixos. En aquesta praderia s'observa puntualment la fanerògama *Z. noltii* i l'alga *C. prolifera*. Pel que fa a la macrofauna, trobem abundants garotes associades a la base de les nacres mortes (Figura 6b), la majoria trencades i colonitzades per altres espècies d'algues i briozous. En aquesta praderia també trobem altres espècies com holotúries (*Holothuria* spp.), el gasteròpode *Hexaplex* spp i vàries postes de caragol lluna (*Naticarius hebraeus*).

A la cara interior de la Punta del Galatxo de la badia dels Alfacs se situa l'estació Galatxo amb una praderia contínua, densa i mixta (amb *C. prolifera*), sobre un sediment fi. Aquesta praderia presenta zones extenses (> 5 m) només amb la presència de *C. prolifera* i a prop del límit profund (>1 m) apareixen grans clapes de sorra. Les fulles són força llargues, i cobertes d'abundants epífits (Figura 6c). Pel que fa a la presència d'altres espècies, com ja s'ha comentat, destaquem l'abundància de *C. prolifera* i d'acumulacions importants d'algues filamentoses, possiblement *Chaetomorpha* spp i acumulacions en forma de bola d'uns 30-40 cm d'algues dictiotals. A més, igual que al Marí, també trobem abundants garotes associades a la base de les nacres mortes,

trencades i colonitzades per altres espècies d'algues i briozous. Finalment, també trobem força gasteròpodes *Hexaplex* spp., poques holotúries (*Holothuria* spp.) i abundants nudibranquis de l'espècie *Oxynoe olivacea* associats a *C. prolifera*.

L'estació Salines es troba a l'inici de l'extrem sud de la barra del Trabucador. La praderia d'aquesta estació és discontinua, amb clapes grans (>5 m) formant un mosaic de sorra i planta. És una praderia densa i mixta amb *C. prolifera* (Figura 6e, f), amb els feixos recoberts d'abundants epífits i amb moltes marques de mossegades de peixos. Pel que fa a les espècies associades, a part de *C. prolifera*, s'ha vist esporàdicament *Z. noltii* i acumulacions d'algues filamentoses. Respecte a la macrofauna, s'observen algunes holotúries (*Holothuria* spp.), briozous al mig de la praderia i associats a les valves de les nacres mortes, abundants anèmones sobre les fulles de *C. nodosa*, postes de *Hexaplex* spp. i alguns musclos, també associats a les valves de les nacres mortes. Cal destacar la presència d'alguns individus de nacra vius (veure apartat 'Poblacions de nacres i garotes' de resultats)

La praderia de l'estació Trabucador se situa a la part més interna de la badia dels Alfacs, a tocar l'extrem nord de la barra del Trabucador. Aquesta praderia és discontinua i poc homogènia, alternant zones mixtes amb *C. prolifera* més o menys densa, amb zones monoespecífiques també més o menys denses, i amb zones de sorra sense vegetació. A les zones menys denses es veuen clarament els rizomes horitzontals de creixement (*runners*) colonitzant espai sense planta i amb les fulles dels feixos amb abundants marques de mossegades de peixos. La praderia és força densa i els feixos estan recoberts d'epífits, d'abundants anèmones i, en alguns casos, ascidis i esponges a la base dels feixos. Al límit profund de la praderia (1 m) trobem molts rizomes, encara amb els feixos vius, amb una part desenterrada i flotant, i molt epifitats (Figura 6h). Pel que fa a la presència d'altres espècies, a part de *C. prolifera*, també trobem puntualment l'alga verda *Ulva* spp.. S'han trobat varies espècies de fauna associades a la praderia, com algunes holotúries (*Holothuria* spp.), gasteròpodes *Hexaplex* spp. i postes de nudibranquis.

A la badia del Fangar se situa l'estació Lo Goleró, a la part costanera molt a prop de l'entrada de la badia, i l'estació Far a la meitat de la vora interna de la península del Fangar. A l'estació Lo Goleró trobem una praderia monoespecífica, contínua i amb fulles força llargues i recobertes d'abundants epífits (Figura 6j), sobre un sediment fi, amb símptomes d'anòxia (color negre) i que fàcilment es resuspèn amb petits impactes mecànics. La praderia de l'estació del Far també és monoespecífica, contínua i amb fulles força llargues amb abundants epífits (Figura 6k, l) i sobre un sediment sorrenc. En cap estació s'han observat espècies rellevants per a la praderia (holotúries, garotes, nacres).

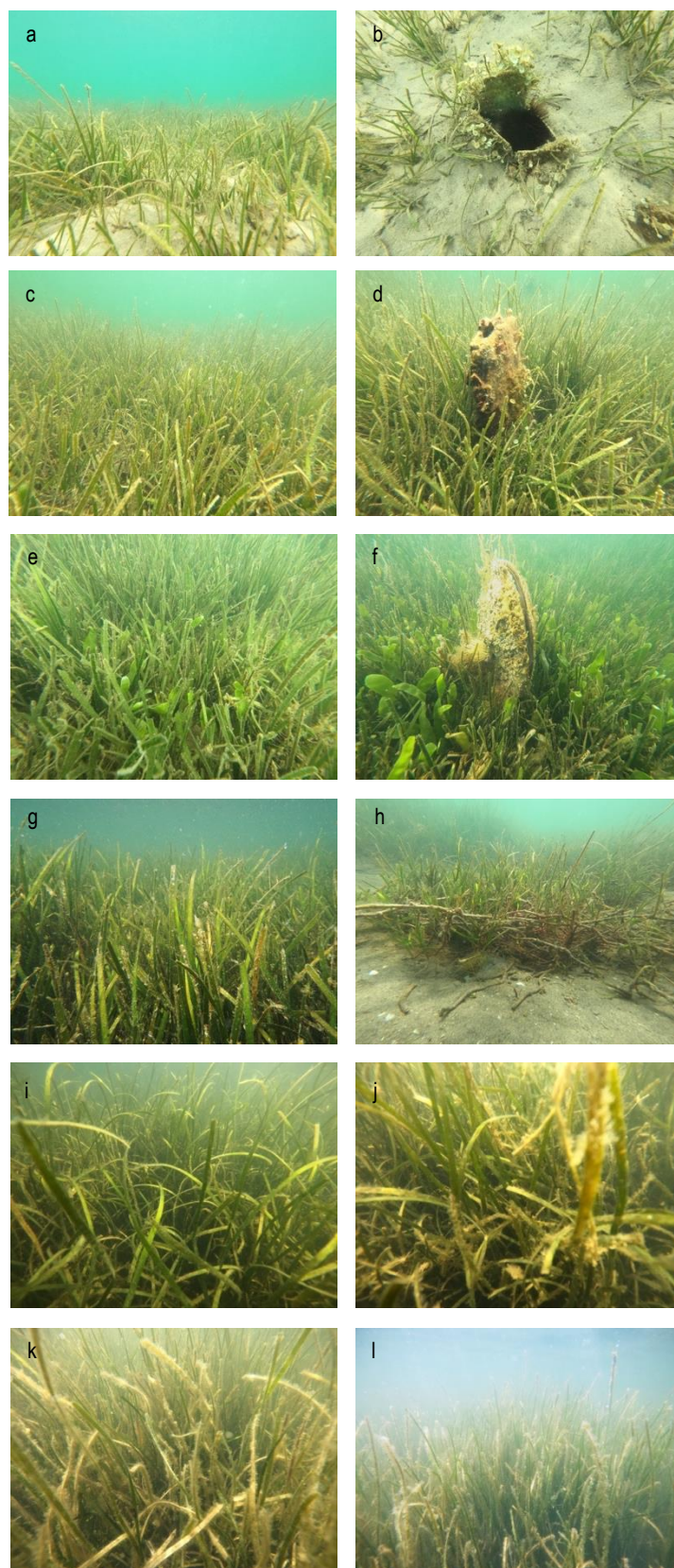


Figura 6. Imatges de la praderia de *C. nodosa* en les diferents estacions de mostreig de la ZEC del Delta de l'Ebre a la badia dels Alfacs, a-b) Mari, c-d) Galatxo , e-f) Salines, g-h) Trabucador, i i-j) Lo Goleró i k-f) Far a la badia del Fangar

Aproximació quantitativa

Densitat

La mitjana dels valors de densitats obtinguts en les 6 estacions analitzades és de 3411 ± 295 feixos m^{-2} . El valor més gran es troba a l'estació del Galatxo (4188 ± 356 feixos m^{-2}), mentre que el més petit correspon a l'estació del Far (2169 ± 105 feixos m^{-2}) (Figura 7, Taula 3). No s'observen diferències significatives entre les estacions dins de cada badia, però sí entre badies. La densitat del Far és significativament més baixa que la densitat del Galatxo i del Trabucador (p-valor < 0,05, Taula A1).

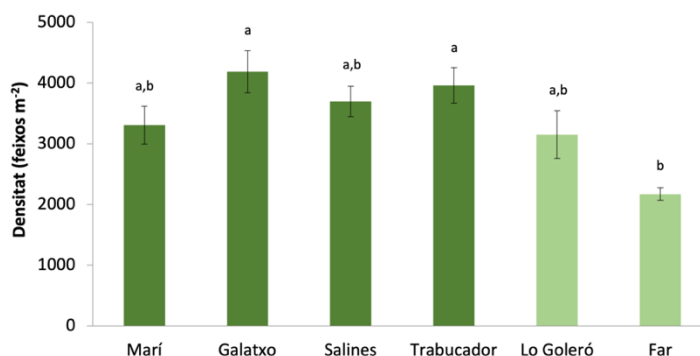


Figura 7. Densitat (en feixos m^{-2}) de les estacions mostrejades de la ZEC del Delta de l'Ebre. Les barres indiquen l'error estàndard. Les barres de color verd fosc corresponen a les estacions de la badia dels Alfacs, mentre que les de color verd clar al Fangar. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa en la seva densitat.

Alçada de la volta foliar

Els valors de la volta foliar obtinguts en les praderies de la badia dels Alfacs oscil·len entre 10 i 30 cm. La mitjana de les 4 estacions mostrejades és de $21,7 \pm 1$ cm. El valor més petit es troba a l'estació del Marí ($15 \pm 0,6$ cm) i difereix significativament de la resta d'estacions (p-valor < 0,05, taula A1), les quals presenten valors molt semblants ($23-24 \pm 1$ cm) (Figura 8, Taula 3). No presentem dades de les estacions de la badia del Fangar ja que no disposem d'aquestes.

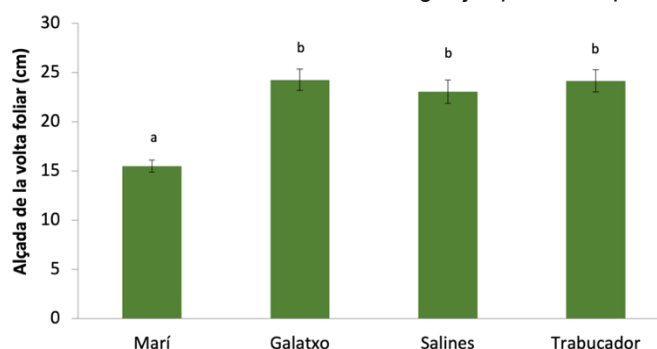


Figura 8. Alçada de la volta foliar (en cm) de les estacions mostrejades de la ZEC del Delta de l'Ebre. Les barres indiquen l'error estàndard. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa en l'alçada de la volta foliar.

Taula 3. Valors de les principals variables estudiades a les 4 estacions de les praderies de la ZEC del Delta de l'Ebre. Es presenten la mitjana (\bar{y}) i l'error estàndard (ES).

| Subestació | Densitat (feixos/ m ²) | | Alçada volta foliar (cm) | |
|------------|------------------------------------|-------|--------------------------|-----|
| | \bar{y} | ES | \bar{y} | ES |
| Marí | 3305 | 311,8 | 15 | 0,6 |
| Galatxo | 4188 | 346,4 | 24 | 1,1 |
| Salines | 3695 | 251,6 | 23 | 1,2 |
| Trabucador | 3961 | 292,0 | 24 | 1,1 |
| Lo Goleró | 3150 | 393,9 | - | - |
| Far | 2169 | 105,0 | - | - |

Nacres i garotes

En el conjunt de transectes realitzats només s'han trobat 5 individus de nacres vius, tots ells a l'estació de Salines, i amb una mida entre mitjana (10-20 cm) i gran (>20 cm) (Figura 9). Cal destacar que alguns d'aquests individus vius, davant un lleuger contacte amb les valves, mostraven una resposta més lenta de l'habitual. Un comportament semblant ja es va observar en anteriors mostrejos del nostre grup durant l'any 2018, quan les nacres del delta ja estaven patint els inicis de la infecció. Serà important fer un seguiment de com evolucionen aquestes nacres vives.

Pel que fa a les poblacions de garotes, com hem comentat anteriorment en aquesta memòria, es troben principalment associades a les restes de nacres mortes. L'estació del Trabucador és l'única que no presenta ni nacres mortes ni garotes, mentre que les estacions de Marí i Galatxo presenten uns $15 \pm 1,6$ i $14 \pm 9,2$ individus morts 100 m⁻² respectivament. A l'estació de Salines trobem nacres mortes sense garotes (6 ± 2 individus morts 100 m⁻²) (Figura 9).

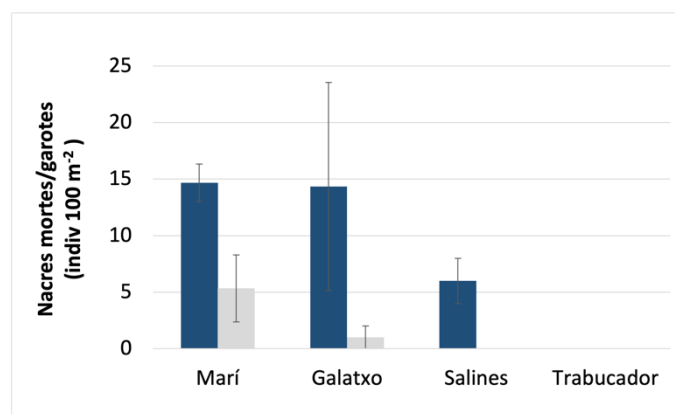


Figura 9. Nacres mortes (ind 100 m⁻²) (barres de color blau fosc) i garotes associades (ind 100 m⁻²) (barres de color gris) en les estacions mostrejades de la ZEC del Delta de l'Ebre. Les barres indiquen l'error estàndard.

Discussió

L'objectiu final d'aquest estudi era fer una primera de l'estat de conservació de les praderies de *Cymodocea nodosa* de la ZEC del Delta de l'Ebre tot establint un estat "zero" per valorar, en el futur, possibles canvis al llarg del temps. Els resultats de la campanya duta a terme el 2022, mostren, en general, que les praderies de *C. nodosa* es troben en un estat satisfactori de conservació amb dues excepcions, l'estació Trabucador (Alfacs), on la praderia es troba molt fragmentada i l'estació Lo Goleró (Fangar), on s'observen símptomes d'afectació de l'aigua dels canals provinents de la plana deltaica.

Aspectes metodològics

En conjunt, la realització de les campanyes i les dades obtingudes han mostrat que el disseny emprat en aquest estudi és adequat. En funció dels recursos (temps i esforç) disponibles, es considera que la selecció de les estacions de mostreig a la badia dels Alfacs és adequada i en nombre suficient per proporcionar una visió global de les praderies. Per altra banda, potser el nombre d'estacions de la badia del Fangar no sigui suficient, fet que caldrà plantejar-se en futurs exercicis. Pel que fa a les variables utilitzades en aquest estudi (densitat i alçada de la volta foliar), també semblen adequades, ja que són algunes de les més utilitzades en la bibliografia en praderies de *C. nodosa* (Ruiz *et al.* 2017) i en treballs semblants del nostre equip (Romero *et al.* 2010). Tot i així, es podria plantejar complementar la informació d'abundància obtinguda a partir de la densitat (petita escala), amb mesures d'abundància a una escala una mica més gran, com per exemple amb mesures de cobertura, que permetrien detectar millor possibles canvis en la praderia, com podria ser la seva fragmentació .

En general, l'ús de les variables utilitzades, juntament amb la informació dels transectes de nacres i garotes, i de les observacions qualitatives proporcionen una informació clau per a poder determinar l'estat de conservació de les praderies. Un aspecte important de la metodologia de mostreig és definir molt bé els protocols de mesura de les diferents variables per tal que les dades siguin comparables d'un any a l'altre, independentment de qui s'encarregui del mostreig. El nombre de rèpliques utilitzades en tots els casos sembla apropiada, ja que els errors estàndards obtinguts en cap cas superen el 20% de la mitjana, tal com se sol recomanar (Pergent *et al.* 1995).

Pel que fa a l'aproximació qualitativa, també es considera apropiat el conjunt d'observacions fetes, ja que aporten informació complementària important que no queda reflectida en les variables quantitatives, com poden ser aspectes relacionats amb la comunitat, amb la macroestructura de la praderia, i amb els possibles impactes que pateix. Potser, en un futur, es pot considerar fer les mesures d'enterrament de manera més sistemàtica i estandarditzada i incorporar-les, per tant, a les mesures quantitatives, per poder fer un seguiment més precís al llarg del temps.

És important recordar que, per a realitzar estudis de seguiment de *C. nodosa*, s'hauran de fer els mostrejos sempre en la mateixa època de l'any per a què siguin comparables, per tant entre finals del mes de juny i principis de juliol. Aquesta espècie presenta una elevada estacionalitat, ja que la densitat a l'estiu pot duplicar o més la densitat a l'hivern, i les fulles són també més llargues a



l'estiu (Mascaró *et al.* 2014), el mateix succeeix amb la cobertura, parcialment influïda per densitat i llargada de fulles.

Valoració de l'estat actual de conservació

Per avaluar l'estat actual de conservació de la praderia de *C. nodosa* de la ZEC del Delta de l'Ebre, s'han avaluat els resultats obtinguts tant de l'aproximació qualitativa com quantitativa.

Pel que fa a les observacions qualitatives, trobem dos estacions en un estat aparentment qüestionable, com són la praderia del Trabucador, degut a la seva elevada fragmentació, i de la de Lo Goleró, en aquest cas per l'abundància d'epífits i el sediment fi amb símptomes d'anòxia (color negre).

Per altra banda, no creiem que s'hagi de considerar com a símptoma preocupant la presència, relativament freqüent, de praderies mixtes amb l'alga *C. prolifera*, sobretot en les estacions de Galatxo i Salines. En general, les espècies del gènere *Caulerpa* tenen molt mala fama, per la naturalesa invasora d'algunes d'elles, però cal recordar que *C. prolifera* és una espècie autòctona. A l'estació del Galatxo, per exemple, podem trobar zones on només hi està present l'alga. De fet, es desconeix amb detall la naturalesa de la interacció entre aquestes dues espècies (*C. nodosa* i *C. prolifera*), i mentre alguns estudis semblen inclinar-se per una relació de competència, altres no observen cap efecte negatiu de l'una sobre l'altra (Belando *et al.* 2021). El que sí és habitual en zones més confinades com poden ser llacunes o badies, és que *C. nodosa* tendeixi a dominar les zones més somes, mentre que *C. prolifera* ho faci a les més profundes (Belando *et al.* 2021), probablement perquè *C. prolifera* està més adaptada a condicions amb poca llum (García-Sánchez *et al.* 2012, Tuya *et al.* 2016). Això es dona en algunes zones de la badia dels Alfacs, on *C. prolifera* pot estendre's fins a 4 o més metres de fondària, mentre *C. nodosa* rarament ultrapassa els 2 m de fondària. En qualsevol cas, la coexistència d'aquestes dues espècies ha perdurat durant molts anys en el delta de l'Ebre (des de 1984 al menys, segons observacions del nostre equip), així com a d'altres zones com la llacuna de Ria Formosa, Portugal (Alexandre i Santos, 2020), pel qual la presència de l'alga no s'ha de considerar indicadora d'un mal estat de conservació de les praderies. Val a dir, com a apunt final, que les poblacions de *Caulerpa prolifera* són "fonedisses", és a dir, no tenen una presència tan constant al llarg del temps en un lloc com les de *C. nodosa*.

En relació a les valoracions quantitatives, cal destacar que els valors obtinguts de les diferents variables (densitat i alçada de la volta foliar), són igual o superiors als que s'esperarien tenir en praderies en estat de conservació satisfactori. Els valors de referència s'obtenen a partir de dos procediments diferents. Per una banda, es recopilen dades de diversos estudis duts a terme en praderies de *C. nodosa* somes (0,3-5 m), tant a Catalunya com a altres zones del Mediterrani. Per altra banda, s'agafen dades de les mateixes estacions de mostreig obtingudes de diferents estudis duts a terme pel nostre equip i en diferents anys (Taula A2). En els dos casos, hem agafat els valors situats per sobre el percentil 80 de les dades de densitat i n'hem calculat la mitjana. Pel que fa a l'alçada de volta foliar, i degut al baix nombre de dades disponibles, s'han seleccionat els valors seguint un criteri d'expert. A partir d'aquests dos procediments, i després d'avaluar curosament els resultats, es proposa un interval de valors raonable, per a la densitat d'entre 2000 i 3500 feixos m⁻² i per a l'alçada de la volta foliar d'entre 25 i 40 cm. En general, els valors del delta de l'Ebre obtinguts enguany i en estudis anteriors, són superiors als trobats en la bibliografia (Taula

A2). Aquesta variació, que pot ser atribuïda a diferents causes, fa que els rangs de referència siguin força amplis. Podem acceptar que els valors que es trobin dins o per sobre dels intervals de referència estan en condicions satisfactòries, mentre que els que estiguin per sota estarien en condicions no satisfactòries.

Ara bé, cal remarcar que aquest criteri s'ha de prendre amb molta precaució per diverses raons. Per una banda, és probable que existeixi una variabilitat natural dels valors, atribuïble a aspectes no controlables, tant locals (com ara el tipus de sediment o la profunditat) com regionals (com ara la transparència de l'aigua o la temperatura). Per altra banda, s'ha de tenir en compte que aquestes referències no procedeixen d'un mètode de càlcul rigorós, sinó que han estat proposades a partir de les dades obtingudes de diferents estudis i analitzades amb un criteri expert. Finalment, malgrat que la disponibilitat d'informació a la literatura científica de *C. nodosa* en praderies somes és bastant àmplia pel que fa a la densitat, ho és molt menys pel que fa a l'alçada de la volta foliar.

Tots valors de densitat i alçada de la volta foliar de les praderies de *C. nodosa* es troben dins dels intervals de referència i molts d'ells fins i tot per sobre, amb l'excepció de l'alçada de la volta foliar del Marí (Taula 3, Figura A1), probablement a causa de l'heterogeneïtat de la praderia, on trobem zones denses i fulles llargues, amb zones poc denses i fulles més curtes.

Taula 3. Valors de referència de densitat (feixos m²) i alçada de la volta foliar (cm) segons els diferents estudis realitzats en el Mediterrani, estudis realitzats pel nostre equip en les mateixes estacions mostrejades i la proposta dels intervals de valors de referència pel present estudi.

| Procediment | Densitat | Alçada volta foliar |
|---|------------------|---------------------|
| Altres estudis Mediterrani | 3428 | - |
| Altres estudis de les estacions del Delta de l'Ebre | 3016 | 28 |
| Proposta interval | 2000-3500 | 25-40 |

En resum, de les 6 estacions estudiades, considerem que Marí, Galatxo, Salines i Far presenten un estat de conservació satisfactori, mentre que les estacions Trabucador i Lo Goleró presenten un estat de conservació no satisfactori. La valoració no satisfactòria de l'estació del Trabucador (Alfacs) es basa en el fet de què, si bé les variables quantitatives es troben dins l'interval de referència, la praderia es troba molt fragmentada. Aquesta valoració està recolzada pels resultats obtinguts en els estudis de paisatge i prospeccions en aquesta zona (vegeu capítol 'Paisatge' i 'Prospeccions'). En el primer cas, l'estudi a una major escala que la estudiada en els mostrejos de *C. nodosa*, ens permet observar una menor superfície d'àrea ocupada en comparació amb les altres estacions i un major grau de fragmentació com demostra l'elevat índex de fragmentació i de la complexitat de les taques. En el segon cas, les prospeccions dutes a terme al llarg de la barra del Trabucador ens han permès constatar la desaparició de *C. nodosa* al llarg de la barra del Trabucador. A més, la visualització de fotografies aèries de l'Institut Cartogràfic de Catalunya i Google Earth, han permès veure la regressió de la praderia sobretot a partir l'any 2020, quan el



temporal Glòria va provocar el trencament de la barra, i en conseqüència, una important davallada de la superfície ocupada per *C. nodosa* (Figura A1). Pel que fa a la valoració no satisfactòria de Lo Goleró (Fangar), es basa en el fet de que, si bé les variables quantitatives es troben dins l'interval de referència, l'abundància d'epífits i els símptomes d'anòxia al sediment són senyals d'una certa degradació. En efecte, la praderia es troba directament influenciada pels canals de desguàs de la plana deltaica, que aporten nutrients i matèria orgànica, causant els efectes descrits. Aquesta valoració també està recolzada pels resultats obtinguts en el projecte de seguiment de l'indicador *C. nodosa*, de la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/CE), que indiquen un potencial ecològic dolent per a aquesta estació (García-González *et al.* 2022). Cal recordar que a la badia dels Alfacs, malgrat que també rep canals de desguàs, aquests efectes no s'han detectat pel fet que les praderies més afectades (costat nord) no estan incloses a la ZEC.

Nacres i garotes

Les dades obtingudes referents a les nacres al delta de l'Ebre són desoladores, però al mateix temps esperançadores. S'ha trobat un petit grup d'individus adults vius a l'estació Salines, a més dels individus observats durant les prospeccions de la zona de Canal (vegeu capítol 'Prospeccions'). No sabem si aquests individus vius són resistents o bé que han estat menys exposats al paràsit per la zona de la badia on es troben, amb menys comunicació directa amb mar obert, condicions que poden frenar l'expansió del paràsit (Prado *et al.* 2021). Malgrat tot, la majoria dels exemplars vius trobats mostren una vitalitat reduïda, com indica la lenta resposta en el tancament de les valves davant un lleuger contacte. Si bé és cert que les poblacions de nacres de les badies del delta de l'Ebre estan molt ben identificades i estudiades per un equip de l'IRTA liderat per Patricia Prado (Prado *et al.* 2020, 2021, 2022), caldrà restar amatents per esbrinar el que s'esdevé amb aquestes poblacions.

Conclusions

En base als resultats tant qualitatiu com quantitatiu, concloem que les praderies de *C. nodosa* de Marí, Galatxo, Salines i Far estan en estat satisfactori, mentre que les estacions Trabucador i Lo Goleró estan en estat no satisfactori.

L'estació Trabucador es considera en un estat de conservació no satisfactori, sobretot pel seu estat de fragmentació, si bé seria resultat de l'impacte de fenòmens naturals difícilment gestionables.

L'estació Lo Goleró es considera en un estat de conservació no satisfactori, sobretot per l'afectació de les aigües de desguàs dels canals provinents de la plana deltaica. Al respecte, cal tenir present que les badies del delta de l'Ebre han estat declarades masses d'aigua fortament modificades (Directiva Marc de l'Aigua), fet que d'alguna manera reconeix que l'alteració per les aigües que s'aboquen a la badia han provocat una modificació secular de les seves condicions.

Només s'ha trobat garotes a les estacions Marí i Galatxo i, en tots dos casos, sempre associades a les nacres mortes, principalment agregades a la base.

S'han trobat una població amb individus de nacres vius a l'estació Salines, tot i que la majoria d'ells mostren una vitalitat reduïda.

Annex

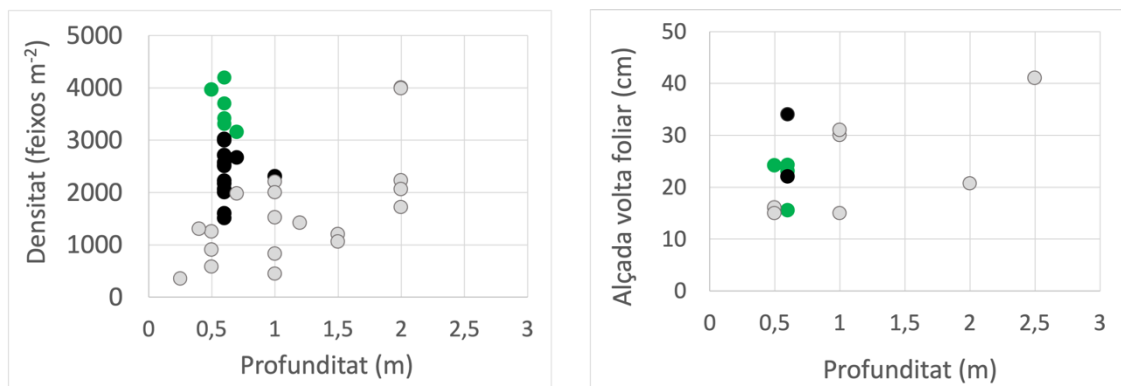


Figura A1. Densitat (esquerra) i alçada de la volta foliar (dreta) de *C. nodosa* de diferents estudis obtinguts de la bibliografia (punts en gris clar) i d'estudis realitzats pel nostre equip en les mateixes estacions mostrejades (punts en negre). Els punts en verd corresponen als valors de les estacions de la ZEC del Delta de l'Ebre.

Taula A1. Resultats de les anàlisis estadístiques realitzades. L'estació es considera la variable independent, i la densitat i alçada de la volta foliar, la variables dependents. (*) L'asterisc indica un efecte significatiu del factor estació ($p < 0,05$).

| Variable | df | SS | F | p-valor |
|---------------------|----|----------|-------|-----------|
| Densitat | 5 | 12394740 | 2,92 | 0,024 * |
| Residus | 40 | 33921509 | | |
| Alçada volta foliar | 3 | 1055,2 | 16,75 | < 0,001 * |
| Residus | 76 | 1596,2 | | |



Taula A2. Valors de densitat i alçada de la volta foliar de *Cymodocea nodosa* a profunditats entre 0,3 i 5 m. Aquest valors han estat extrets de la literatura. Totes les dades corresponen als resultats de mostrejos entre els mesos de juny i juliol.

| Localitat | Profunditat (m) | Densitat (feixos m ⁻²) | Volta foliar (cm) | Mètode mostreig Densitat | Referència |
|----------------------------|-----------------|------------------------------------|-------------------|--|----------------------------------|
| Bekalta, Tunísia | 0,3-0,6 | 900 | 16 | <i>In situ.</i> Quadrat 20x20 cm | Sghaier <i>et al.</i> 2017 |
| Ghar El Melh, Tunísia | 0,5 | 1250 | 15 | <i>In situ.</i> Quadrat 20x20 cm | Sghaier <i>et al.</i> 2012 |
| Ria Formosa, Portugal | 1 | 2207,5 | - | <i>Ex situ.</i> Core de 20 cm diàmetre | Cunha i Duarte, 2007 |
| Ria Formosa, Portugal | < 3 | 823 | 31 | <i>Ex situ.</i> Core de 20 cm diàmetre | Cabaço <i>et al.</i> 2010 |
| Llacuna de Venècia, Itàlia | 2 | 1715 | - | <i>In situ.</i> Quadrat 30x30 cm | Pranovi <i>et al.</i> 2000 |
| Menorca, Espanya | 2 | 2222 | 20,7 | <i>In situ.</i> Quadrat 15x15 cm | Dades pròpies, 2014 |
| Menorca, Espanya | 0,6 | 1977 | - | - | Vaquer-Suñer <i>et al.</i> 2020 |
| Menorca, Espanya | 1 | 1999 | - | <i>In situ.</i> Quadrat 20x20 cm | Sales <i>et al.</i> 2021 |
| Badia de Cadis, Espanya | 0,25 | 351 | - | Superfície de 400 cm ² | Jiménez-Ramos <i>et al.</i> 2021 |
| Badia de Cadis, Espanya | 0,5 | 577 | - | Superfície de 400 cm ² | Jiménez-Ramos <i>et al.</i> 2021 |
| Mar Menor, Espanya | < 3 | 3995 | - | <i>Ex situ.</i> Core de 15 cm diàmetre | Belando <i>et al.</i> 2021 |
| Mar Menor, Espanya | < 3 | 3988 | - | <i>Ex situ.</i> Core de 15 cm diàmetre | Ruiz <i>et al.</i> 2017 |
| Mar Menor, Espanya | 1,5 | 1194 | - | - | Jiménez-Ramos <i>et al.</i> 2023 |
| Mar Menor, Espanya | 0,4 | 1300 | - | - | Peralta <i>et al.</i> 2021 |
| Llacuna de Venècia, Itàlia | 1,2 | 1415 | - | Li <i>et al.</i> 2014 | Da Ros <i>et al.</i> 2021 |
| Llacunes de Tunísia | 0,5-1,5 | 447 | 15 | <i>In situ.</i> Quadrat 20x20 cm | Zribi <i>et al.</i> 2019 |
| Gathaya, Tunísia | 1,5 | 1056 | - | Superfície de 0,25 m ² | Brahim Mounir <i>et al.</i> 2019 |
| Urbinu, Córsega | 1 | 1520 | - | <i>In situ.</i> Quadrat 40x40 cm | Agostini <i>et al.</i> 2003 |
| Mar Egeu, Grècia | 3 | 700 | 40 | <i>In situ.</i> Quadrat 25x25 cm | Papathanasiou, Orfanidis, 2018 |
| Mar Egeu, Grècia | 2,5 | | 41 | <i>In situ.</i> Quadrat 25x25 cm | Papathanasiou <i>et al.</i> 2016 |
| Llacuna de Venècia, Itàlia | 1 | 2302 | 30 | <i>In situ.</i> Quadrat 40x40 cm | Rismondo <i>et al.</i> 1997 |
| Creta, Grècia | < 3 | 2060 | - | <i>Ex situ.</i> Core de 15 cm diàmetre | Conte <i>et al.</i> 2023 |

Comunitat de peixos

- La Zona d'Espècial Conservació del Delta de l'Ebre és una zona que rep diversos impactes humans: pesca recreativa i artesanal, i contaminació deguda als canals de desguàs dels camps d'arròs.
- L'impacte més directe que reben les poblacions de peixos en aquesta zona és degut a l'activitat pesquera.
- S'ha observat una baixa diversitat d'espècies en la majoria de les estacions mostrejades, així com baixes densitats i biomasses. Les estructures de talles mostraven mides petites, en general.

- L'estació situada al pantalà és la única que ha mostrat major diversitat, densitats i biomasses de les diferents espècies, així com mides més grans que la resta d'estacions, ja que l'estructura del pantalà proporciona una major complexitat estructural que afavoreix l'agregació d'espècies.
- Les praderies de *C. nodosa* són un hàbitat de reclutament per a diverses espècies.
- Tot i que s'han provat diverses metodologies de mostreig (censos visuals, BRUVs i arts de pesca), la gran dispersió dels individus degut a la gran extensió dels hàbitats han fet difícil la quantificació de peixos, excepte a l'antic pantalà de les Salines.



Introducció

Les zones costaneres són unes de les més productives del planeta, així com de les més diverses. Aquestes proveeixen una gran quantitat de bens i serveis ecosistèmics, generant hàbitat i refugi per a una gran quantitat d'espècies. Degut a que són zones molt influenciades per l'activitat humana, també reben una gran pressió antròpica, com la contaminació, pèrdua d'hàbitat i explotació, entre d'altres (Lu *et al.* 2018). Uns dels impactes més coneguts i estudiats sobre la fauna i flora marina és l'explotació pesquera (Halpern *et al.* 2004). Aquesta activitat no només redueix la biodiversitat i densitat de peixos d'interès comercial, sinó que també afecta a altres espècies associades a aquests hàbitats, ja sigui animals sèssils com gorgònies o algues, o altres espècies de peixos sense interès pesquer (Turner *et al.* 1999).

En general, les espècies més afectades per la pesca solen ser les que formen els nivells tròfics superiors, degut a que solen ser les de major mida i més preuades econòmicament. Aquestes espècies presenten una història de vida lenta, amb un creixement lent i taxes de reproducció més baixes. Degut a la seva dinàmica, aquestes espècies resulten molt afectades per la sobrepesca, i la seva recuperació és molt lenta. En aquest sentit, les Reserves marines han demostrat ser una eina molt efectiva per a la recuperació d'aquestes espècies sobreexplotades (AMPs) les quals són zones delimitades on certes activitats no hi estan permeses. En general, la creació d'aquestes zones protegides genera un augment tant de la densitat com biomassa de les espècies d'interès pesquer, així com un increment de la biodiversitat de la zona (Roberts *et al.* 2018).

Així doncs, és important conèixer si les AMPs funcionen envers la pesca, fent un seguiment de les espècies més vulnerables a aquesta activitat, en molts casos aquesta recuperació de les poblacions funcionals i plenament reproductores ja ha quedat totalment demostrada, com és el cas del mero a les illes Medes (Zabala *et al.* 1997a, 1997b). D'aquesta manera es pot saber si la implementació de zones protegides fa que aquestes espècies es recuperin o no. D'igual manera, doncs, és fonamental conèixer si altres espècies que poden quedar impactades indirectament per la pesca es recuperen o no amb la creació de les AMPs.

Les Zones d'Especial Protecció (ZECs) del litoral català no estan explícitament protegides envers la pesca i, per tant, no es poden considerar àrees completament protegides. Tot i això, és important conèixer les espècies de peixos que habiten en aquestes zones per poder fer un bon anàlisi del seu estat de conservació.

Un altre impacte que pot afectar a les poblacions de peixos és el canvi climàtic, i particularment a la Mediterrània, on l'escalfament és de dues a tres vegades més ràpid que l'oceà global (Cramer *et al.* 2018, Garrabou *et al.* 2022). L'escalfament de l'aigua pot produir que espècies més termòfiles, és a dir, que viuen en aigües típicament més càlides, migrin a llocs on anteriorment no hi habitaven per tenir aigües més fredes. Un cas típic és el del *Thalassoma pavo* (Milazzo *et al.* 2013), o bé la *Myctioperca rubra*, dues espècies que trobaríem en aigües més càlides, per exemple el Cabo de Palos, però que actualment podem trobar en zones més fredes, com ara el Cap de Creus.

A més, als ecosistemes costaners del mar Mediterrani, la introducció d'espècies al·lòctones té el potencial de canviar el funcionament de la xarxa tròfica i l'estructura de tota la comunitat,

presentant una amenaça per a la biodiversitat local comparable a les que exerceixen el canvi climàtic, la contaminació i la pesca (Micheli *et al.* 2013, Galil *et al.* 2018).

Tenir un registre de la composició i estructura de les comunitats de peixos és fonamental per a entendre el seu estat i la seva evolució en el futur, ja sigui com a resposta a la pressió humana o als canvis ambientals, així com a les potencials mesures de gestió que es poden implementar per a preservar els ecosistemes litorals.

El Delta de l'Ebre és una zona amb força tradició pesquera, tant artesanal com esportiva (Farré, 2016). A part de la pesca professional, representa un atractiu pels pescadors recreatius pesca, ja que les seves aigües, arrecerades d'un fort hidrodinamisme i amb elevades concentracions de nutrients afavoreixen la presència d'espècies autòctones, com ara llobarros o.

En aquesta zona, l'hàbitat predominant on s'han dut a terme els mostrejos ha estat la praderia de *Cymodocea nodosa* que es troba a la badia dels Alfacs. Aquesta és una zona caracteritzada per presentar poca fondària i on s'hi du a terme diferents tipus de pesca, com ara mitjançant tresmalls. Així doncs, l'objectiu d'aquest estudi és analitzar quines espècies de peixos es troben en aquesta zona, la seva abundància i biomassa, i si hi ha una elevada biodiversitat o no.

Material i mètodes

Disseny de mostreig

Per a l'estudi de les comunitats de peixos al Delta de l'Ebre es van seleccionar 5 estacions diferents: 4 dins de la praderia de *C. nodosa* i 1 al pantalà prop de l'estació de les Salines (Figura 10, Taula 4).

Taula 4. Estacions de mostreig de comunitats de peixos del 2022 a la ZEC del Delta de l'Ebre.

| ZEC | Estació | Data mostreig |
|-----------------|------------|---------------|
| Delta de l'Ebre | Marí | 2022-06-21 |
| | Galatxo | 2022-06-21 |
| | Pantalà | 2022-06-21 |
| | Salines | 2022-06-21 |
| | Trabucador | 2022-06-22 |

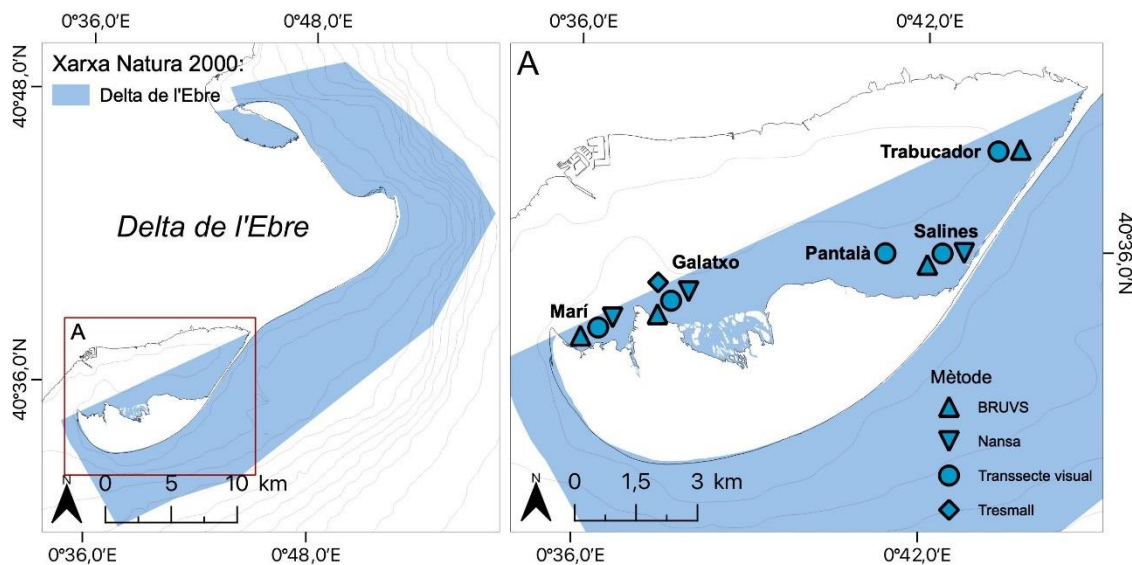


Figura 10. Mapa de les estacions de mostreig de comunitats de peixos de la ZEC del Delta de l'Ebre a l'any 2022 amb els diferents mètodes de mostreig emprats.

Metodologia de mostreig

Les zones de mostreig de la ZEC del Delta de l'Ebre s'han realitzat a la badia dels Alfacs, on s'han triat de forma homogènia sobre praderia de *C. nodosa*, excepte una, que s'ha dut a terme al llarg de l'antic pantalà de les salines. S'han dut a terme diferents metodologies de mostreig per a comprovar quina era la òptima per a poder fer un recompte d'espècies i densitats de peixos el més acurat possible: mitjançant càmeres de vídeo (BRUVs, Baited Remote Underwater Video), mitjançant aparells de pesca (nanses i tresmall), i transectes visuals. Finalment, es mostren les dades dels transectes visuals, ja que són les que han donat dades de forma més homogènia i comparable entre les diferents estacions de mostreig.

BRUVs

Aquesta metodologia és una tècnica de mostreig no invasiva que consisteix en col·locar una càmera sota l'aigua adherida a un esquer per poder atreure diferents espècies mòbils. Així doncs, es deixa gravant un temps suficient, en aquest estudi dues hores, perquè hi puguin arribar diferents individus i així poder determinar les espècies observades i quantificar la seva abundància (Figura 11). Les dades que se n'extreuen són relacionades més amb la biodiversitat (nombre d'espècies i nombre d'individus de cadascuna d'elles) que no amb la demografia (estructura de talles): de totes maneres, hi ha tècniques per poder-ne estudiar la demografia, tals com l'*stereovídeo*, que no s'han emprat en aquest cas.

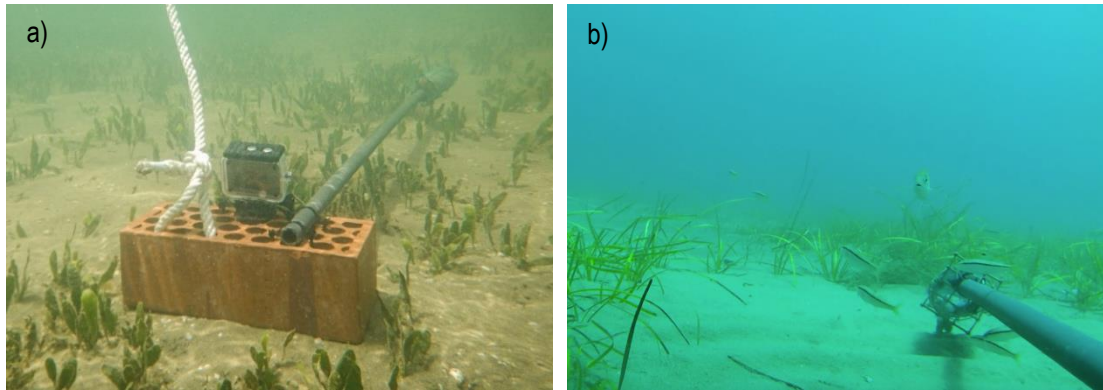


Figura 11. a) Tècnica de BRUV: el pes mort s'utilitza per donar estabilitat a l'estructura, i és on s'hi col·loca la càmera i la barra on hi va enganxat l'esquer a l'extrem, i té un cap lligat amb boia de senyalització a la superfície per a la seva localització. b) Exemple d'una imatge que es visualitza des de la càmera del BRUV, amb diversos individus de *Mullus surmuletus* i un individu de *Pagrus pagrus*.

Arts de pesca

El mostreig de peixos mitjançant arts de pesca és una tècnica invasiva, ja que els peixos queden enganxats i/o atrapats als aparells i posteriorment es retiren de l'aigua per a poder mesurar-los. Tot i això, els individus extrets es retornen a l'aigua vius un cop mesurats. En el mostreig a la ZEC del Delta de l'Ebre s'han utilitzat dues arts de pesca: la nansa (Figura 12a) i el tresmall (Figura 12b), tot i que aquest últim únicament es va col·locar a una estació.

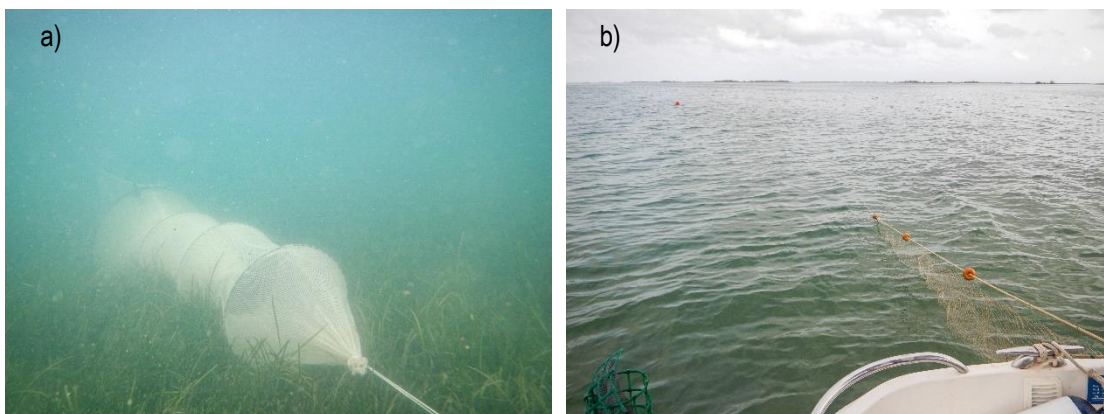


Figura 12. Tècniques per al mostreig de peixos mitjançant arts de pesca: a) Nansa: aquesta està lligada amb un cap a una barra on a la superfície s'hi troba una boia per a la localització posterior de l'aparell. b) Tresmall: es llença al llarg d'un transecte i està senyalitzat per boies grans als extrems per a la posterior localització de l'aparell.

Transsectes visuals

Un cop identificats els punts de mostreig, es van dur a terme transsectes visuals de 50 metres de llarg i 5 d'amplada, on s'identificava l'espècie i es comptaven tots els individus observats, juntament amb les seves mides, de forma que es pot obtenir una superfície de mostreig de 250 m² que permet obtenir una mesura de densitat d'espècies de peixos a cada una de les estacions mostrejades.



Resultats

Transsectes visuals

Espècies observades

Enguany s'han observat un total de 15 espècies a la ZEC del Delta de l'Ebre, pertanyents a 9 famílies diferents (Taula 5).

Taula 5. Espècies observades en els mostrejors de peixos a la ZEC del Delta de l'Ebre l'any 2022.

| ZEC | Família | Espècie | Hàbitat | |
|-----------------------|-------------|-----------------------------|---------------------------|-------------|
| Delta de l'Ebre | Atherinidae | <i>Atherina sp</i> | Fanerògames | |
| | Bleniidae | <i>Blenid</i> | Fanerògames | |
| | Carangidae | <i>Trachinotus ovatus</i> | Fanerògames | |
| | Cobitidae | <i>Gobius cobitis</i> | Fanerògames | |
| | Gobiidae | <i>Gobius bucchichi</i> | Fanerògames | |
| | Labridae | <i>Labrus viridis</i> | Fanerògames | |
| | Moronidae | <i>Dicentrarchus labrax</i> | Fanerògames | |
| | Mugilidae | <i>Chelon labrosus</i> | Fanerògames | |
| | Mullidae | <i>Mullus surmuletus</i> | Fanerògames | |
| | Soleidae | <i>Solea solea</i> | Fanerògames | |
| | Sparidae | | <i>Diplodus annularis</i> | Fanerògames |
| | | | <i>Diplodus sargus</i> | Fanerògames |
| | | | <i>Diplodus vulgaris</i> | Fanerògames |
| | | | <i>Oblada melanura</i> | Fanerògames |
| | | | <i>Sarpa salpa</i> | Fanerògames |

Mari

En aquesta estació, situada més al sud, tocant a la Punta de la Banya i més propera a mar obert, només s'hi ha trobat tres espècies, i amb densitats força baixes: *D. annularis*, amb 7 ind/250 m², seguida de *D. sargus*, amb gairebé 6 ind/250 m², i *M. Surmuletus*, amb una densitat molt baixa, no arribant a 1 ind/250 m² (Figura 13a).

En quant a família, les dues primeres espècies pertanyen als espàrids (Sparidae) i per, tant, presenten uns valors més elevats (12 ind/250 m²), mentre que la tercera pertany als Mullidae (Figura 13b).

En termes de biomassa, però, els valors canvien: *D. sargus* passa a ser l'espècie amb uns valors més elevats (4,4 g/250 m²), degut a la major mida dels individus observats, i *D. annularis* queda en segons lloc, amb 2,6 g/250 m². *M. surmuletus* presenta una biomassa molt baixa, de tant sols 0,26 g/250 m² (Figura 13c). Pel que fa a la biomassa per família, els espàrids continuen sent els que presenten uns valors més elevats (7 g/250 m²), mentre que Mullidae queda molt per sota (Figura 13d).

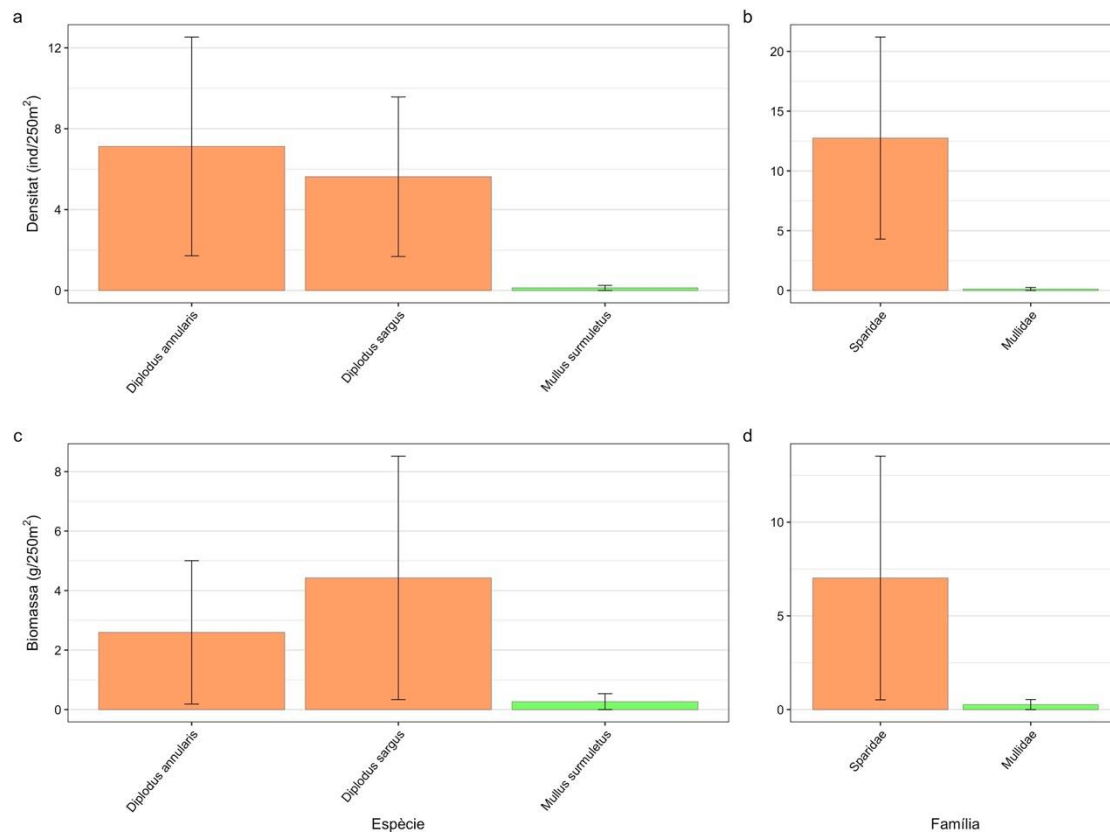


Figura 13. Densitat (mitjana i σ desviació estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i σ desviació estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació del Marí. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

Pel que fa a l'estructura de talles dels espàrids en aquesta estació, es pot observar com les dues espècies tenen una estructura de talles dominades per classes de talla petita, entre 0 i 6 cm. En el cas de *D. annularis*, la majoria dels individus mesuren entre 0 i 2 cm, mentre que en el cas de *D. sargus* es troben entre 2 i 4 cm (Figura 14).

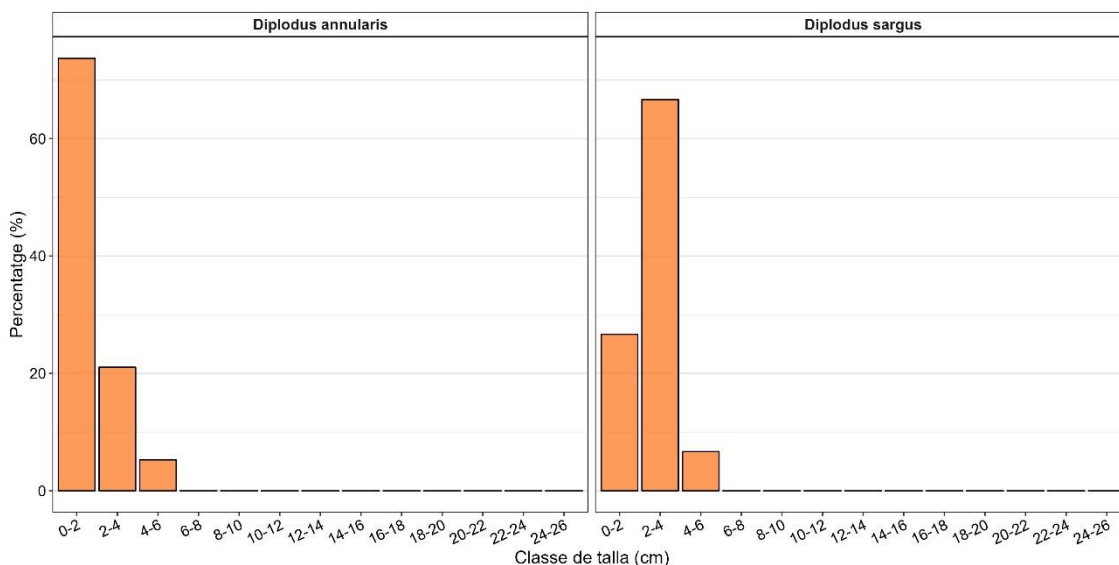


Figura 14. Estructura de talles dels espàrids observats a l'estació del Mari: *D. annularis* (n=57), *D. sargus* (n=45).

Galatxo

En aquesta estació, que es troba molt a prop de la Punta del Galatxo, s'hi ha observat 4 espècies: *D. annularis*, amb una densitat de 4 ind/250 m², *D. Sargus*, amb 2 ind/250 m², *M. surmuletus*, amb 1 ind/250 m² i *D. vulgaris* amb una densitat molt baixa de menys d'1 ind/250 m² (Figura 15a). Els espàrids són els que presenten una major densitat per família (6 ind/250 m²) ja que 3 de les 4 espècies observades en formen part, mentre que Mullidae només està representada per una sola espècie i, per tant, té la mateixa densitat que aquesta (Figura 15b).

En termes de biomassa *D. annularis* presenta els valors més elevats (12 g/250 m²) seguit de *M. surmuletus* (5 g/250 m²). Aquesta, tot i tenir una menor densitat que *D. sargus*, presenta una major mida (Figura 15c). Pel que fa a la biomassa per família, els espàrids destaquen amb gairebé 15 g/250 m², degut a que engloben 3 de les 4 espècies observades (Figura 15d).

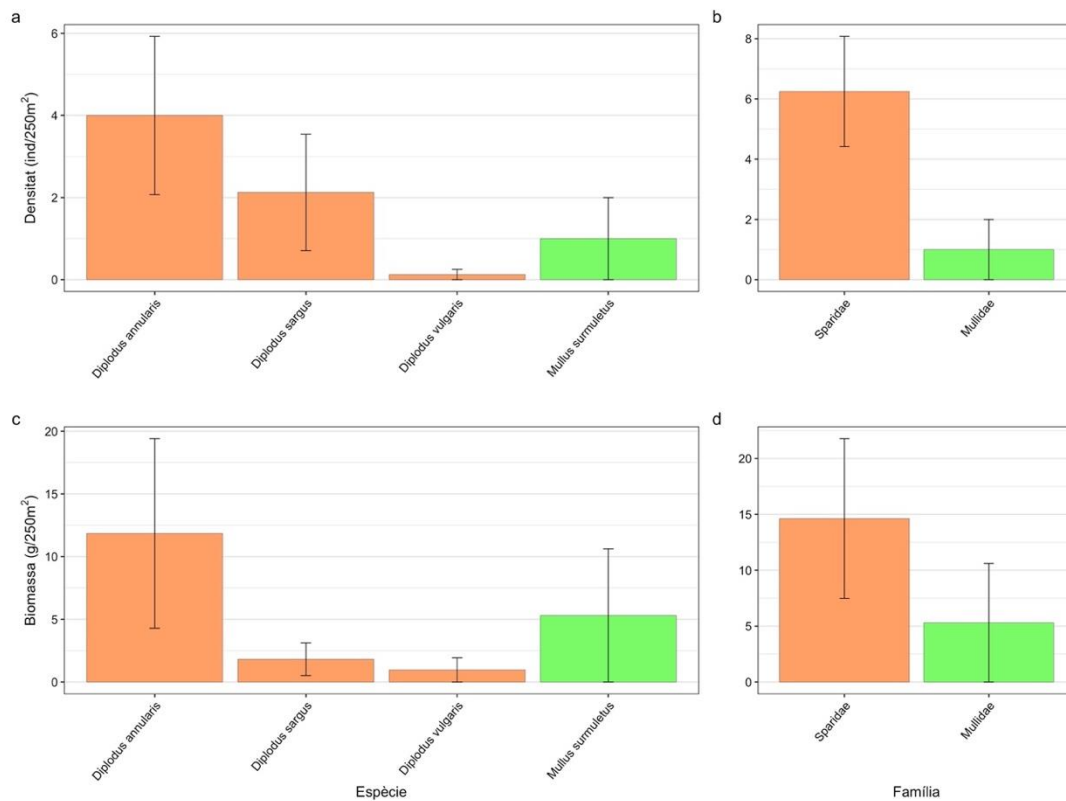


Figura 15. Densitat (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació del Galatxo. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

A l'estació del Galatxo es pot observar com en el cas de *D. annularis* i *D. sargus*, la majoria dels individus observats presenten talles molt petites, entre 0 i 6 cm, amb excepció d'un percentatge molt baix de la primera espècie que es troba entre 10 i 12 cm. La major part dels individus d'aquestes dues espècies es troben a la talla d'entre 2 i 4 cm. En el cas de *D. vulgaris* es va trobar un sol individu de 8 cm (Figura 16).

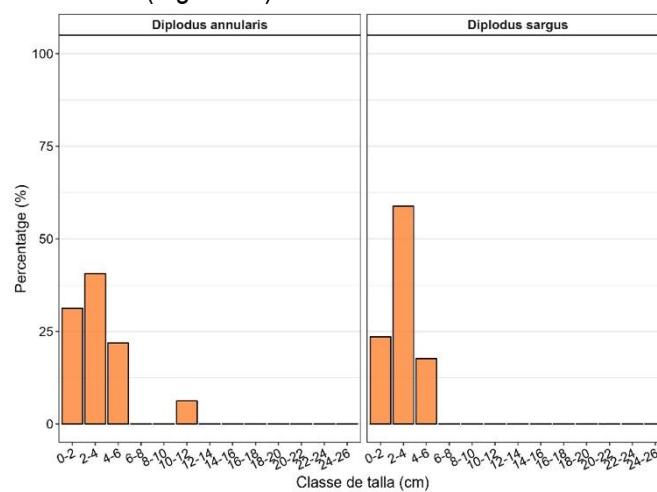


Figura 16. Estructura de talles dels espàrids observats a l'estació del Galatxo: *D. annularis* (n=32), *D. sargus* (n=17).

Pantalà

Aquesta estació ressegueix les columnes de l'antic pantalà de les salines, i es troba també dins de la ZEC, i és on s'han observat un major nombre d'espècies. L'espècie més abundant ha estat *Atherina sp.* (més de 400 ind/250 m²), però també s'han pogut observar fins a 12 llobarros (*D. labrax*), 6 orades (*S. Aurata*) i 17 llises (*C. labrosus*) en el total dels transectes. Altres espècies que s'hi han observat són *D. annularis* (13 ind/250 m²), *D. vulgaris* (4 ind/250 m²) o *S. Salpa* (4 ind/250 m²). La resta d'espècies s'han comptat en menor densitat (Figura 17a).

Degut a la gran quantitat d'*Atherina sp* que s'ha observat, la família Atherinidae és la que presenta una major densitat. Els espàrids són els que la segueixen en quant a densitats, tot i que amb un valor molt inferior (Figura 17b).

En termes de biomassa, les llises (*C. labrosus*) són les que presenten uns valors més elevats (960 g/250 m²), seguides de *D. annularis*, *D. vulgaris*, *S. Salpa* i *D. labrax* (700, 260, 240 i 193 g/250 m² respectivament (Figura 17c). En la biomassa per família s'observa que, com a la majoria de llocs, els espàrids són els que mostren uns valors més elevats (vora 1.400 g/250 m²), seguits de la família Mugilidae, la qual hi pertanyen les llises i, per tant, tenen el mateix valor de biomassa (Figura 17d).

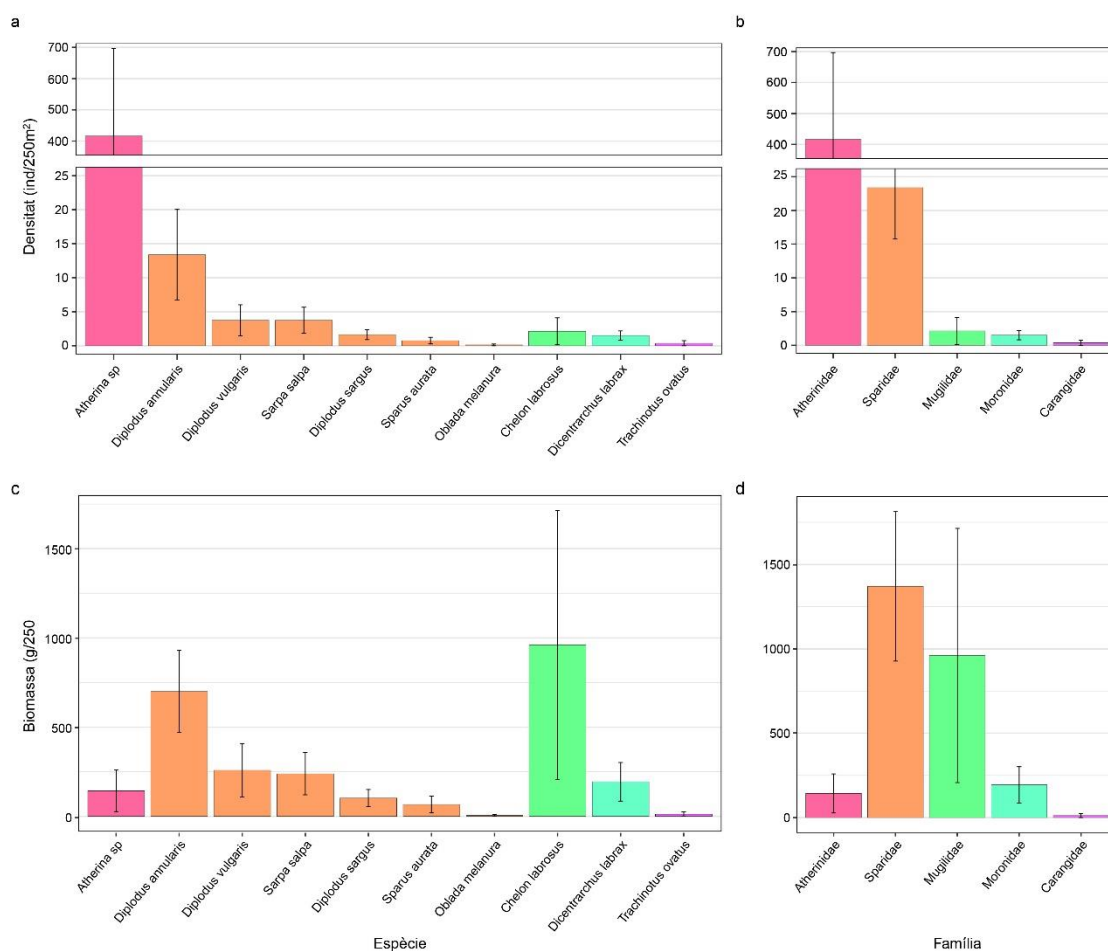


Figura 17. Densitat (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació del Pantalà. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

Les estructures de talles de les diferents espècies d'espàrids observats a l'estació situada al pantalà de Salines mostren diferents patrons. D'una banda, *D. annularis* mostra una distribució unimodal amb el major nombre d'individus a la talla d'entre 12 i 14 cm, i una talla màxima de 20 cm. *D. sargus* té un pic elevat d'individus de talla d'entre 12 i 14 cm, amb una talla màxima de 22 cm. *D. vulgaris* es troba en un rang de talles força gran, amb una talla mínima de 12 cm i una màxima de 20 cm. *S. salpa* presenta un rang d'entre 10 i 20 cm, amb una màxima concentració d'individus en la mida més gran (18-20 cm). *S. aurata* mostra talles més grans, donat que és una espècie amb mides més grans. En el cas de *O. melanura* només s'ha trobat un individu de talla 12-14 cm (Figura 18).

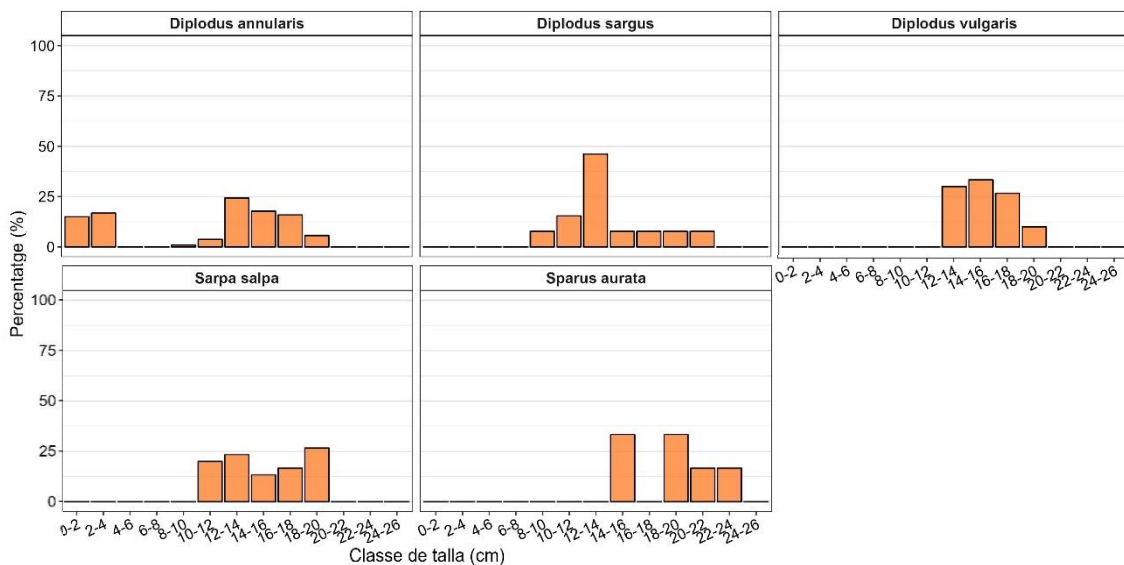


Figura 18. Estructura de talles dels espàrids observats a l'estació del Pantalà: *D. annularis* (n=107), *D. sargus* (n=13), *D. vulgaris* (n=30), *S. salpa* (n=30), *S. aurata* (n=6).

Salines

En aquesta estació, que es troba molt propera a la Platja del Trabucador, s'hi ha trobat 4 espècies, les quals pertanyen cadascuna en una família diferent: *Atherina sp* (Atherinidae) destaca perquè és la que mostra una major densitat (25 ind/250 m²), *D. annularis* (Sparidae), *G. bucchichi* (Gobiidae) i *S. Solea* (Soleidae) (amb menys d'1 ind/250 m² cadascuna) (Figura 19a i b).

En termes de biomassa, però, *D. annularis* és la que mostra uns valors més elevats, amb 11 g/250 m², seguit de *S. Solea* amb 6 g/250 m². *G. bucchichi* i *Atherina sp* mostren biomasses inferiors a 1 g/250 m² (Figura 19c i d).

Pel que fa a l'estructura de talles dels espàrids en aquesta estació, únicament s'han trobat 3 individus de *D. annularis*, i tots tres mesuraven 12 cm.

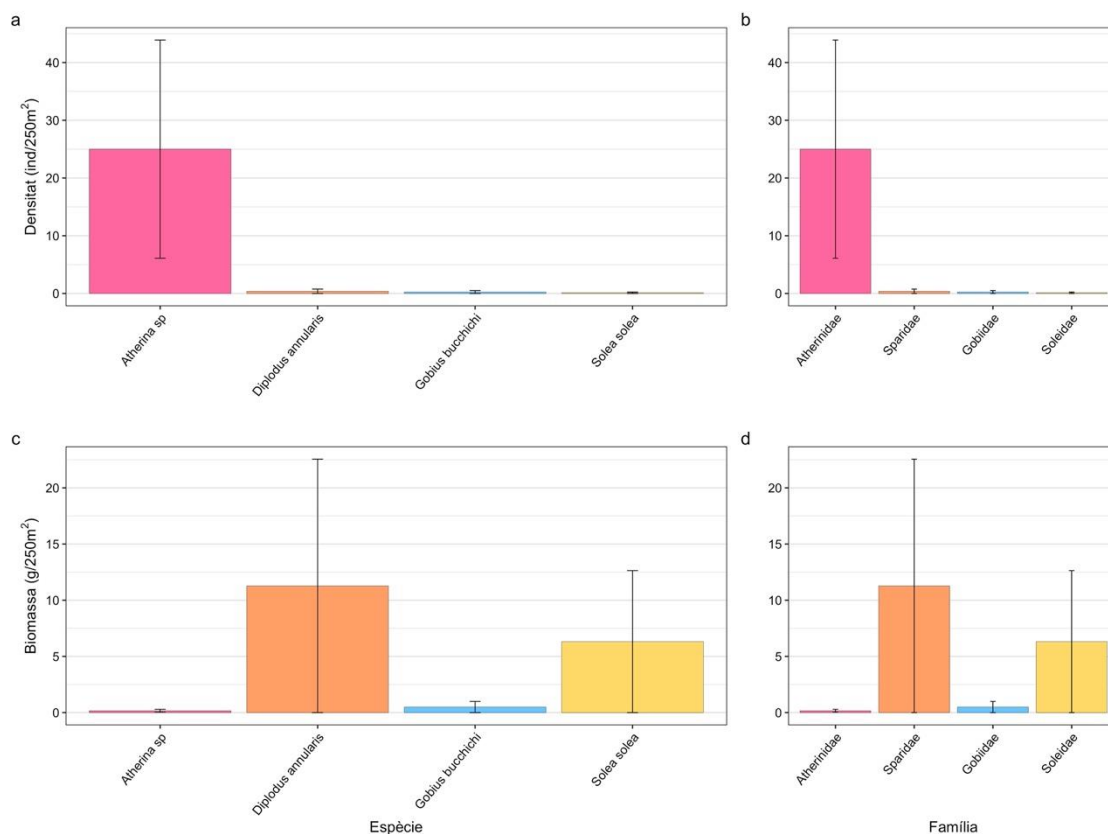


Figura 19. Densitat (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació de Salines. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

Trabucador

Aquesta estació és la que es troba més al nord de totes, prop de la platja del Trabucador i és la que es troba més llunyana de la sortida a mar obert. Aquí tant sols s'hi han observat dues espècies en densitats molt baixes: 7 llises (*C. labrosus*) i un moll (*M. surmuletus*). La biomassa de les llises (150 g/250 m²) és molt més elevada que la dels molls (per sota d'1 g/250 m²), no només per la diferència de densitats, sinó també per la diferència en les mides d'aquestes espècies.

BRUVs

En les gravacions mitjançant BRUVs no es van veure una gran quantitat d'espècies, ni tampoc una elevada densitat en cadascuna d'elles. A més, al ser una zona amb poca visibilitat, es va fer força difícil l'anàlisi i identificació dels individus que s'observaven a les gravacions. Tot i això, se n'han pogut extreure algunes dades:

- Marí: s'hi van observar 4 exemplars de *Lithognathus mormyrus* (Figura 20a) i un individu d'una espècie que no es va poder identificar (Figura 20b).
- Galatxo: no es va observar cap exemplar.
- Salines: es van observar 2 individus d'espècie no identificable.
- Trabucador: es van observar 8 pagells (*P. eruthrinus*) (Figura 20c) i dues llises (*C. labrosus*) (Figura 20d).

A part d'aquestes espècies de peixos també es va poder observar un nombre considerables de mol·luscs gasteròpodes.

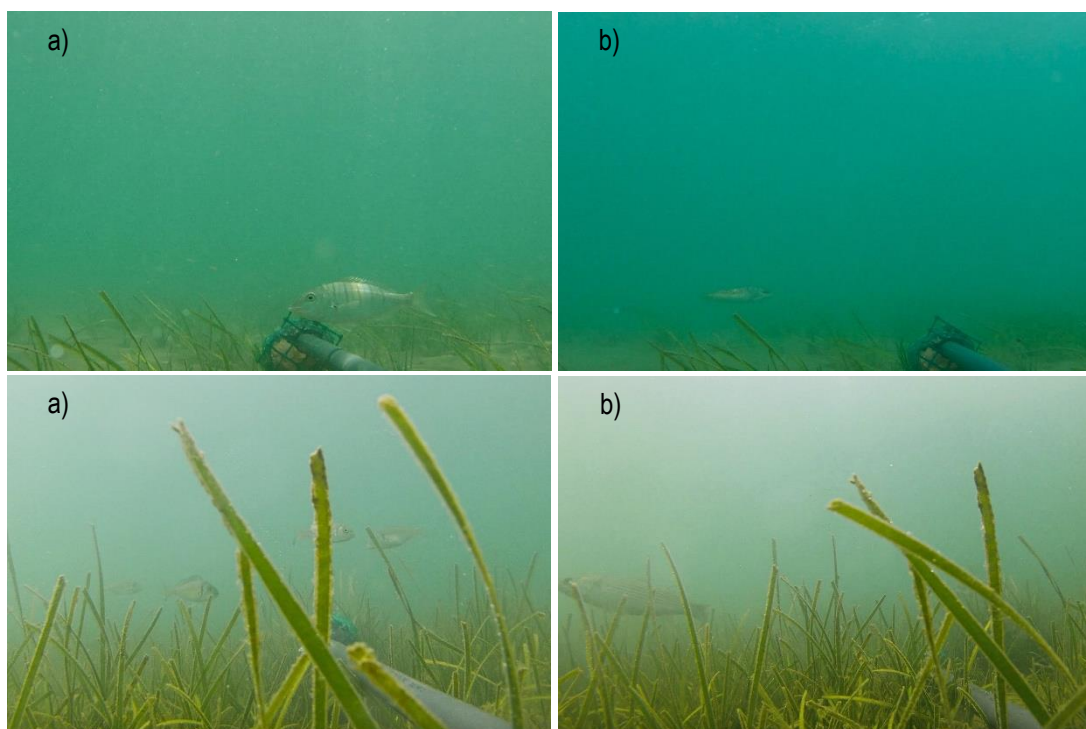


Figura 20. Imatges capturades a través dels diferents BRUVs instal·lats a les diferents estacions: a) individu de *L. mormyrus* a l'estació del Marí, b) individu no identificable a l'estació del Marí, c) 4 *P. erythrinus* observats a l'estació del Trabucador, d) llisa (*C. labrosus*) observada a l'estació del Trabucador.

Arts de pesca

En els mostrejos mitjançant arts de pesca es varen capturar pocs individus. D'una banda, mitjançant tresmall no es va aconseguir mostrejar cap individu. Al contrari, amb les nanses es van poder capturar exemplars únicament en dues estacions: Marí i Galatxo. A la primera estació es van trobar 5 exemplars de 4 espècies diferents: un de *S. solea* (Figura 21a), un individu de pelàgic aleví que no es va aconseguir identificar, un de *L. viridis* (Figura 21b) i dos de *G. cobitidae*. A la segona estació es van trobar 4 individus de 3 espècies diferents: dos de *G. cobitis*, un blènid que no es va poder identificar i un peix pelàgic que s'aproximava a una boga (*B. boops*) (Taula 6). A més també es va trobar algun crustaci i mol·lusc.

Taula 6. Espècies observades a les nanses de les estacions de Marí i Galatxo de la ZEC del Delta de l'Ebre.

| Estació | Espècie | Talla | Nombre |
|---------|-----------------------|-------|--------|
| Marí | <i>Solea solea</i> | 9,5 | 1 |
| | Pelàgic aleví | 4,5 | 1 |
| | <i>Labrus viridis</i> | 10 | 1 |
| | <i>Gobius cobitis</i> | 7 i 8 | 2 |
| Galatxo | <i>Gobius cobitis</i> | 7,5 | 2 |
| | Blènid | 7 | 1 |
| | Pelàgic (boga) | 7,5 | 1 |

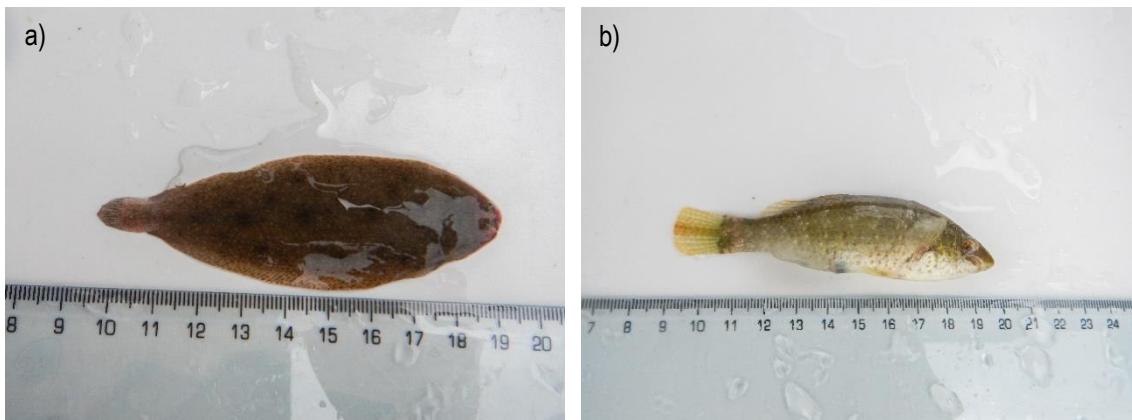


Figura 21. Mostreig de peixos mitjançant nanses i mesura d'alguns exemplars trobats: a) llenguado (*S. solea*) i b) *L. viridis*.

Discussió

La Zona d'Especial Conservació del Delta de l'Ebre, pertanyent a la Xarxa Natura 2000, hauria de garantir el manteniment o el restabliment dels hàbitats naturals i de les espècies que hi viuen, en un estat de conservació favorable, segons l'article 3.1 de la Directiva d'Hàbitats (Ministeri de la Transició Ecològica i el Repte Demogràfic). Malgrat això, és una zona que rep molts impactes humans: pesca recreativa i artesanal, juntament amb contaminació deguda a la desembocadura de canals de desguàs dels camps de cultiu d'arròs. Així doncs, tot i ser una zona on hi hauria d'haver certa protecció, aquesta continua sent pertorbada.

Centrant-nos en l'indicador corresponent, la pesca és l'impacte més directe que reben les poblacions de peixos en aquesta zona. Per poder saber l'estat de conservació en el que es troben les poblacions de peixos s'han dut a terme transsectes en 5 punts de la Badia dels Alfacs que queda delimitada per la ZEC. En aquests s'han comptat totes les espècies observades, així com la seva mida i nombre d'individus. A més, s'han provat altres metodologies de mostreig per comprovar quina era la millor per al nostre estudi, i s'han emprat arts de pesca (nanses i tresmall) i censos amb vídeo (BRUVs, Baited Remote Underwater Video). Aquests dos mètodes no han estat òptims per al mostreig, degut a que el primer era un mètode invasiu (per tant no seria recomanable dins una zona de protecció) i a més va resultar bastant poc efectiu, permetent trobar poques espècies, i el segon, que depèn molt de la visibilitat de la zona (Grane-Feliu *et al.* 2019), va resultar poc efectiu a l'hora d'aconseguir una mida mostral prou representativa pel seu anàlisi.

En termes generals, s'ha vist una baixa diversitat d'espècies en les diferents estacions mostrejades, així com també densitats i biomasses baixes. S'observa, a més, que les classes de talles de la majoria dels individus observats són petites. La família d'espècies més present en gairebé totes les estacions de mostreig ha estat la dels espàrids (Sparidae), i l'espècie més observada dins d'aquest grup ha estat l'esparall (*D. annularis*), una espècie força comuna en els herbeis, tant de *P. oceanica* com d'altres espècies de fanerògames, del Mediterrani. L'única espècie que s'ha observat en forma de bancs, i només a les estacions de Salines i el pantalà, ha estat *Atherina sp.*

Pel que fa a les espècies altament vulnerables a la pesca (mero, déntol, sarg imperial, llobarro, orada i corball) només s'han observat orades i llobarros, i únicament a l'estació del pantalà. A la resta de llocs de mostreig, situades a la praderia de *C. nodosa* no se n'han trobat. Cal destacar que les espècies altament vulnerables solen viure en hàbitats més complexos, amb més rugositat espacial, amb fons de blocs i grans blocs, i l'estructura de les pilones del pantalà podria generar un hàbitat més complex que la praderia per als peixos per poder-hi viure. En aquesta localitat, a més, destaca que les espècies observades presenten una estructura de talles amb mides més grans que a la resta d'estacions.

Tot i això, malgrat no ser un hàbitat òptim per a les espècies més grans d'interès pesquer, sobretot pels adults que es solen trobar en fons més complexos, cal destacar que les praderies de *C. nodosa* són hàbitat per als reclutes i juvenils d'algunes d'aquestes espècies (*D. annularis*, *M. surmuletus* i *P. erythrinus*, entre d'altres) (Casas *et al.* 2021). És per això que a nivell de la comunitat de peixos, un bon estat de conservació d'aquest hàbitat seria essencial per als juvenils que, un cop passen a ser adults, poden migrar a altres zones amb més complexitat estructural.

Tot i això, al no ser una zona protegida envers l'activitat pesquera, la diversitat d'espècies, talles i biomassa correspon més a una zona impactada. És per això que caldria una bona gestió envers aquesta activitat, per tal de que les poblacions de peixos poguessin tornar a uns valors considerats com a ben conservats.

Conclusions

La Zona d'Especial Conservació del Delta de l'Ebre és una zona que rep diversos impactes humans: pesca recreativa i artesanal, i contaminació deguda als canals de desguàs dels camps d'arròs.

L'impacte més directe que reben les poblacions de peixos en aquesta zona és degut a l'activitat pesquera.

S'ha observat una baixa diversitat d'espècies en la majoria de les estacions mostrejades, així com baixes densitats i biomasses. Les estructures de talles mostraven una dominància de mides petites, en general.

L'estació situada al pantalà és la única que ha mostrat major diversitat, densitats i biomasses de les diferents espècies, així com mides més grans que la resta d'estacions i que s'explica pel que l'estructura del pantalà aportaria una major complexitat estructural afavorint la comunitat de peixos que buscant refugi. En aquesta estació és a la única on s'han observat espècies altament vulnerables a la pesca, com ara el llobarro.

La praderia de *C. nodosa* és un hàbitat per als reclutes i juvenils d'algunes espècies, com demostren les talles de les espècies observades.

S'han provat diverses metodologies de mostreig (censos visuals, BRUVs i arts de pesca), però la més òptima ha resultat ser els censos visuals que es la metodologia emprada en el seguiment dels Parcs Naturals.



Paisatge

- S'ha analitzat l'estructura de les praderies de *Cymodocea nodosa* en quatre zones (Marí, Galatxo, Salines i Trabucador), cobrint una àrea de 8 ha cada zona.
- La situació actual de la praderia del Trabucador és, probablement, el resultat d'una acumulació d'impactes físics i hidrològics (temporals i onades de sorra submarines) a la qual aquesta praderia ha estat, i continua estant sotmesa.

- L'estació que presenta menor àrea ocupada per *C. nodosa* és Trabucador.
- La metodologia utilitzada presenta certes limitacions sobretot en les anàlisis de zones poc denses o amb presència de *C. prolifera*, però és prou robusta per permetre un seguiment a gran escala de les praderies.

Introducció

El terme paisatge, utilitzat en diversos camps del coneixement com ara la geografia, la planificació del territori o l'ecologia, s'ha definit de moltes maneres. Totes elles tenen en comú la percepció d'unitats, estructurals o funcionals, a escala superior a la de l'hàbitat (comunitat, ecosistema). L'ecologia del paisatge va incorporar-se al pensament ecològic des de finals del s. XIX, de la mà de l'escola d'edafòlegs russos, i s'ha mantingut present, amb diferents aproximacions, al llarg del S. XX. A finals dels anys 80 del segle passat, els conceptes associats a l'ecologia del paisatge (metacomunitat, metaecosistema, connectivitat...) s'arrelen fortament en el pensament ecològic (Levin, 1992).

L'aproximació al paisatge de l'ecologia consisteix en veure'l com una jerarquia d'elements (paisatge, taca, hàbitat...) encaixats a diferents escales (Pittman *et al.* 2004) (Figura 22). Cada nivell d'aquesta jerarquia es caracteritza per una escala espacial, de vegades associada a una escala temporal (dimensió temporal característica dels processos que hi tenen lloc). Cal remarcar que l'estudi del paisatge inclou un aspecte estructural (distribució en l'espai de les unitats, extensió, mida i forma de les taques, etc.) i un aspecte funcional (relacions ecològiques i interaccions que s'estableixen entre els elements del paisatge o els organismes que els habiten). Ambdós aspectes poden estudiar-se separatament, si bé està clar que estructura i funció, en el paisatge, estan estretament vinculats.

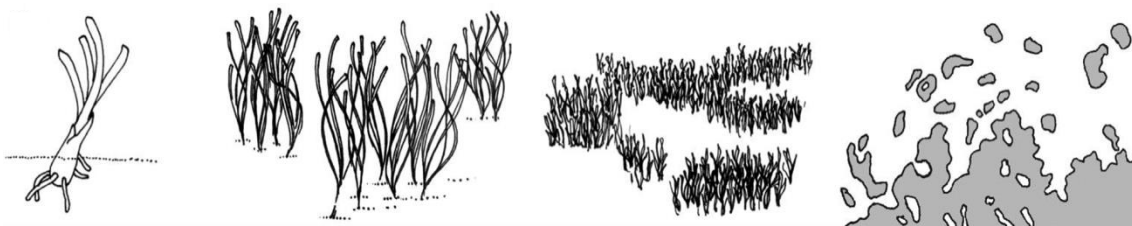


Figura 22. Representació de l'estructura jeràrquica d'un hàbitat de fanerògames marines al paisatge marí costaner, modificada a partir de Boström *et al.* 2011. D'esquerra a dreta, plantes marines vistes a escales creixents de centímetres a quilòmetres.

L'estudi de la natura a escales espacials grans, i en particular l'estudi del paisatge, ens permet detectar certes regularitats que no necessàriament es perceben a escales més reduïdes. Un exemple molt clar el trobem en l'estudi de certes activitats humanes sobre els ecosistemes. Imaginem una comunitat dominada per vegetals (un bosc, o un prat de fanerògames marines), que a causa d'algun impacte es va fragmentant. Un estudi estrictament local (és a dir, l'estudi d'un tros d'un d'aquests hàbitats) ens podria donar com a resultat que l'hàbitat es troba bé. No obstant això, la fragmentació estaria impeding el moviment d'espècies, els fluxos gènics i altres processos, amb conseqüències negatives a mitjà termini. Si bé la nostra capacitat de mostreig es veu molts cops limitada a escales locals, s'ha de fer un esforç per abastar aquestes escales més grans, de manera que l'extrapolació dels resultats no es vegi seriosament limitada (Schneider, 2001).



En l'àmbit de la gestió i conservació del patrimoni natural, els estudis a escala de paisatge dels espais protegits són crucials per, per una banda, identificar la varietat d'hàbitats que hi són presents, la seva estructura, la seva distribució i la seva articulació, i, per altra banda, per detectar canvis al llarg del temps a escales espacials grans. A la ZEC del Delta de l'Ebre trobem principalment dos hàbitats que predominen, sorres fines i fanerògames marines, en concret *Cymodocea nodosa*, i en menor mesura *Zostera noltii*, així com praderies de l'alga verda autòctona *Caulerpa prolifera*, que pot aparèixer en solitari o acompanyant a alguna de les anteriors. Les praderies de *C. nodosa* s'estenen al llarg de les plataformes de sorra de l'interior de les dues badies entre 0,5 i 2 (excepcionalment fins a 4 m) de profunditat. Concretament, a la badia dels Alfacs i dins la zona ZEC, les praderies es distribueixen per la vora sud de la badia, lluny de la influència directa dels canals de desguàs de la plana deltaica, entre la punta de la Banya i les Salines de la Trinitat, a excepció d'una, que es troba a la vora nord-est, a l'inici de la barra del Trabucador. Es tracta de praderies més o menys extenses i contínues o fragmentades, monoespecífiques o mixtes. Actualment, aquestes praderies són un refugi per algunes de les últimes poblacions de la nacra *Pinna nobilis*, on encara queden individus supervivents de la infecció pel paràsit *Haplosporidium pinnae*, o en alguns casos, per un microbacteri (Prado *et al.* 2021).

Els valors patrimonials associats a les praderies de fanerògames marines, així com els serveis o beneficis que se'n deriven per la societat, combinat amb el seu declivi global (Waycott *et al.* 2009, però vegeu de los Santos *et al.* 2019), fan que la seva conservació, especialment en l'àmbit d'espais marins protegits, sigui de gran importància. Per això, juntament amb l'elevada representació que té aquest hàbitat en la ZEC del Delta de l'Ebre, centrarem l'estudi de paisatge en les praderies de *C. nodosa*. L'escala espacial en les fanerògames marines, com a plantes clonals, pren rellevància per la forta jerarquia que presenten. De manera general, consisteixen en una estructura niuada de clons cada un constituït per un conjunt de feixos, que es troben formant praderies contínues o bé un mosaic de taques discretes. Aquesta estructuració en diferents nivells jeràrquics fomenta que les praderies de fanerògames marines siguin ecosistemes altament dinàmics regulats per la combinació d'un gran nombre de processos que operen a diferents escales (Duarte *et al.* 2006).

En general, l'anàlisi del paisatge, com ja hem dit, es pot amb un enfoc funcional o estructural. En el cas de la ZEC del Delta, i pels objectius (estat de conservació) i mitjans (2-3 dies de mostreig) d'aquest treball, està clar que cal primer l'aproximació estructural. A la seva vegada, dintre de l'aproximació estructural podem fixar-nos en la composició i distribució (hàbitats diferents que apareixen i on i amb quina extensió apareixen), o bé en les propietats espacials d'un hàbitat majoritari (per exemple, estat de fragmentació, forma de les taques o de les vores, etc.). A diferència d'altres ZECs, a les badies del Delta l'únic hàbitat d'interès són els prats de fanerògames marines, més concretament els de *Cymodocea nodosa*. Per tant, l'objectiu que formulem és obtenir informació a una escala espacial gran (de centenars de metres) sobre les praderies, com a complement del treball d'avaluació i seguiment fet amb una aproximació més local (mostrejos puntuals). L'estructura de l'hàbitat, tal com l'hem definit, és sensible a canvis ambientals, tant abruptes com progressius i a llarg termini, i, per tant, la informació obtinguda serà de gran valor pel seguiment i gestió d'aquesta ZEC.

Material i mètodes

Estacions analitzades

S'han analitzat 4 zones (Figura 23), que corresponen a les estacions de mostreig de *C. nodosa*, totes elles a la badia dels Alfacs (Marí, Galatxo, Salines i Trabucador) i a una profunditat d'entre 0,3 i 1 m aproximadament. Cada zona analitzada cobreix una àrea de 8 hectàrees (80.000 m²), el que representa una escala gran en comparació amb l'àrea coberta (500 m²) en l'estudi realitzat per avaluar l'estat de conservació de *C. nodosa* (vegeu capítol 'Estudi de la praderia de *C. nodosa*').

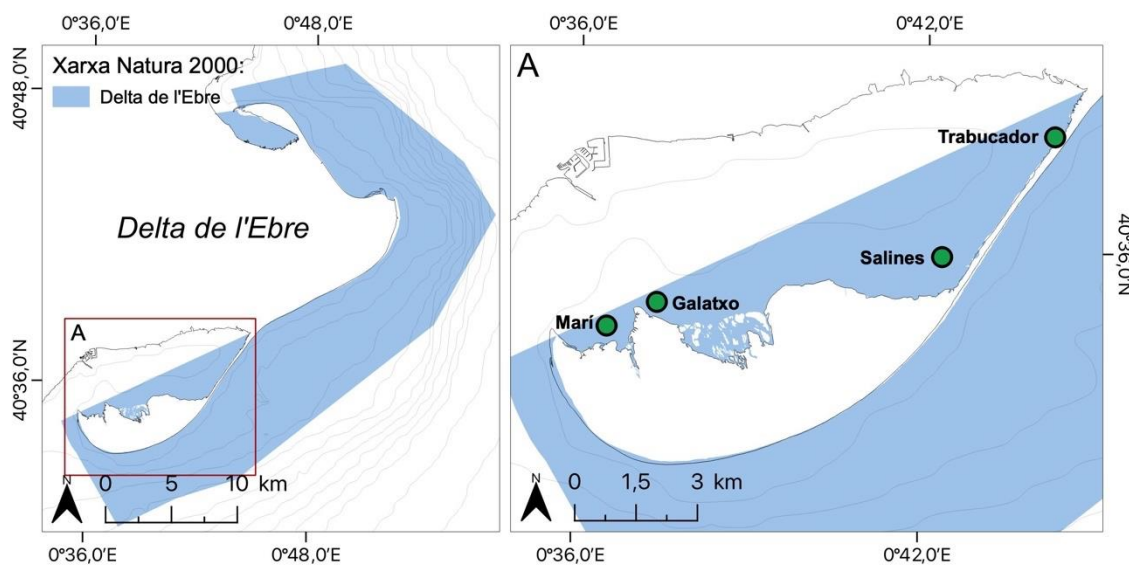


Figura 23. Localització de les estacions de mostreig de la praderia de *C. nodosa* a la ZEC Delta de l'Ebre.

Metodologia de mostreig

La metodologia utilitzada s'ha basat en la fotointerpretació i digitalització d'imatges de fotografia aèria, combinada amb la informació recollida al camp durant els mostrejos de les praderies de *C. nodosa* (vegeu capítol 'Seguiment de la praderia de *C. nodosa*'). S'ha procedit amb aquesta metodologia, i no amb transectes batimètrics *in situ*, per la gran dificultat que comporta fer-ho en zones tan somes com són les plataformes de sorra on es troben les praderies de *C. nodosa*.

Per a la digitalització de les zones estudiades, es van fer servir les ortofotos disponibles més recents del delta de l'Ebre a una resolució d' 1:2500 publicades per l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC, 2021). Aquestes imatges es van introduir a un sistema d'informació geogràfic o SIG (QGIS 3.26.2-Buenos Aires) i ens van servir de base cartogràfica per al seu posterior processat. Al voltant de l'estació de mostreig de cada estació s'ha delimitat una zona de 400x200 m (Figura 24), dins la qual es realitza la digitalització de les praderies, sense distingir si són monoespecífiques o mixtes. Les praderies monoespecífiques de *C. prolifera*, sempre que ha estat possible, no s'han digitalitzat. Aquesta superfície s'ha triat per poder abastar una àrea prou gran al voltant de l'estació de mostreig que ens permeti detectar clarament els diferents elements i

estructures del paisatge. Posteriorment, i amb les ortofotos prèviament retocades amb el mateix programa de digitalització (modificant el contrast i la il·luminació) per facilitar la identificació de *C. nodosa*, es va procedir a la digitalització manual dels polígons amb presència de *C. nodosa*.

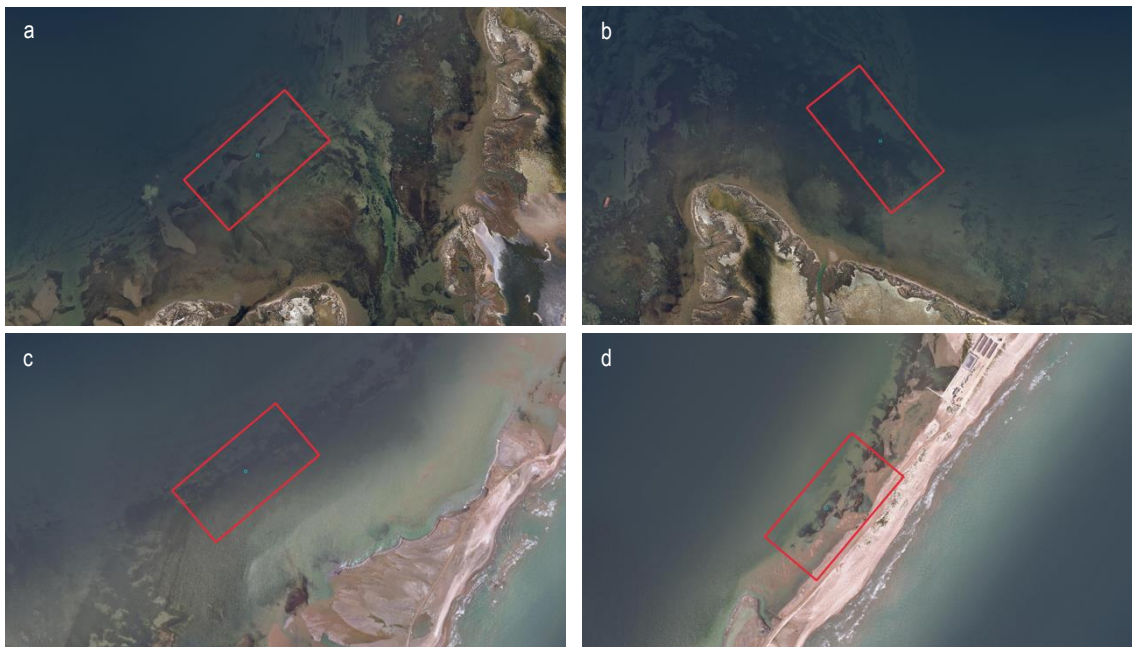


Figura 24. Localització de les estacions de mostreig (punt blau) i delimitació de la zona a digitalitzar (quadrat vermell) a la ZEC Delta de l'Ebre. Escala 1:3579. a) Marí, b) Galatxo, c) Salines i d) Trabucador

Per últim, a partir de les capes dels polígons de les zones cobertes de vegetació, es van quantificar les següents variables:

Àrea

L'àrea o extensió de l'hàbitat es refereix a la quantitat de substrat recobert per *C. nodosa* dins de cada zona delimitada. Els resultats es presenten percentatge de cobertura vegetal.

Grau de fragmentació

La fragmentació d'un hàbitat és un procés que ens indica la modificació de la configuració del paisatge que passa de ser un hàbitat més o menys continu a estar constituït per fragments aïllats (taques), podent canviar dràsticament la seva complexitat estructural (Montefalcone *et al.* 2010).

El grau de fragmentació de l'hàbitat el mesurem amb dues variables:

- 1) Índex de fragmentació (IF). Es calcula dividint el nombre de taques entre l'àrea ocupada per *C. nodosa*. Com més gran és el valor, més fragmentat està l'hàbitat.

2) Índex de complexitat de les taques (IC). Es calcula dividint el perímetre de cada taca entre la seva àrea. Com més retallat i complex és el perímetre, més gran és aquest índex.

Resultats

Les quatre zones analitzades mostren una certa variabilitat respecte de les diferents variables estudiades (Figura 26).

L'àrea o extensió de *C. nodosa* de les zones estudiades es troba entre el 71 i el 18 % d'ocupació, sent la zona del Trabucador la que presenta una extensió menor comparada amb les altres tres (Marí, Galatxo i Salines), que mostren valors semblants entre elles (Taula 7, Figura 25, 26). Pel que fa a les variables de fragmentació, l'estació del Trabucador és la que mostra un major grau de fragmentació (índex de 2,4), i aquestes són més complexes amb un índex de complexitat d' 1,3. La zona menys fragmentada és la zona del Galatxo (IF: 0,1, IC: 0,4), seguit de la zona de Salines (IF: 0,2, IC: 0,5) i Marí (IF: 0,4, IC: 0,6) (Taula 7, Figura 25, 26).

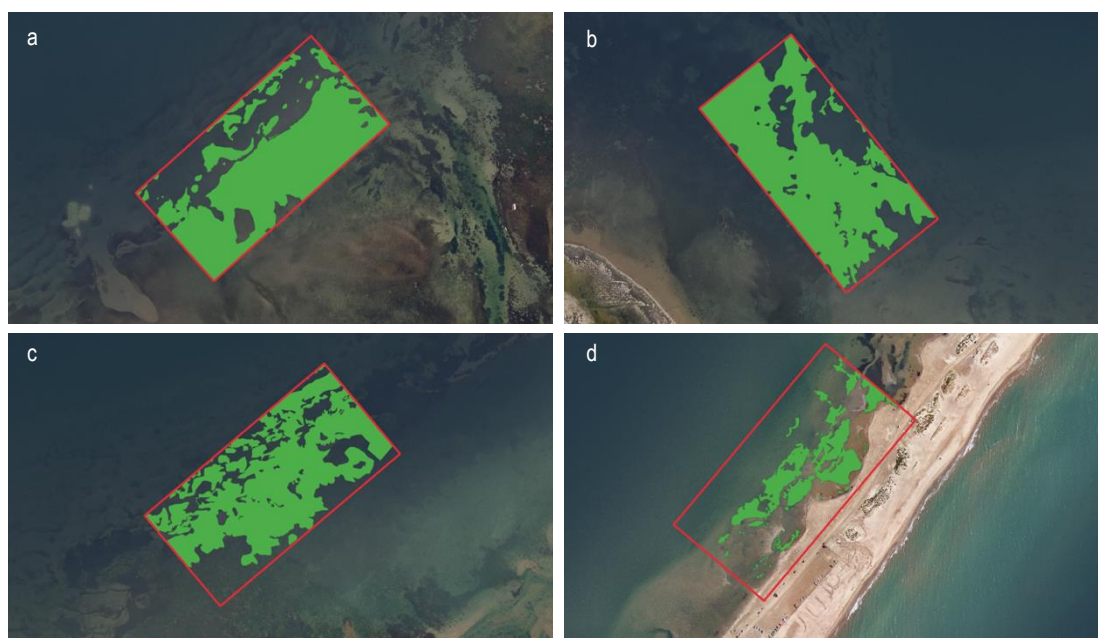


Figura 25. Mapes de cobertura de vegetació (polígons verds) de les estacions a) Marí, b) Galatxo, c) Salines i d) Trabucador de la ZEC del Delta de l'Ebre.

Taula 7. Valors dels principals de les variables àrea (m²), nombre de taques i índex de fragmentació

| Zona | Àrea vegetació (%) | Índex de fragmentació | Complexitat de taques |
|------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| Marí | 65 | 0,4 | 0,6 |
| Galatxo | 71 | 0,1 | 0,4 |
| Salines | 63 | 0,2 | 0,5 |
| Trabucador | 18 | 2,4 | 1,3 |

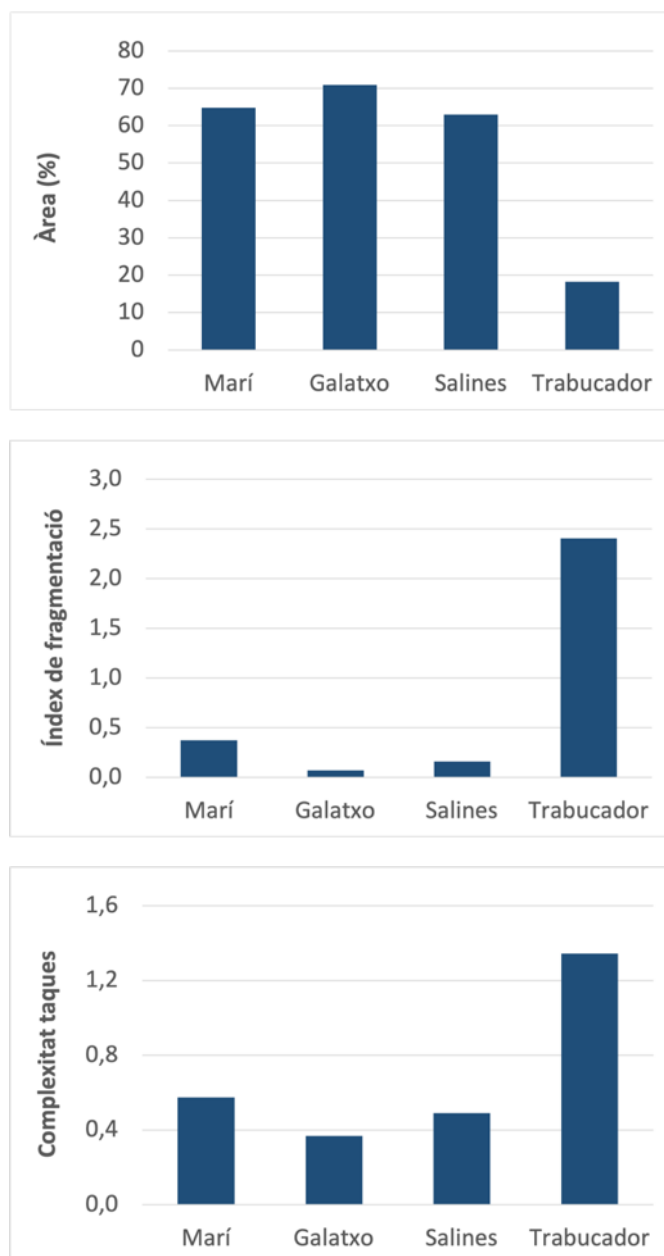


Figura 26. Valors de les variables principals mesurades en les zones estudiades: àrea (imatge superior), índex de fragmentació (imatge del mig) i complexitat de la taca (imatge inferior).

Discussió

L'objectiu d'aquest estudi era obtenir informació sobre l'extensió i estructura de l'hàbitat a una escala espacial gran (de paisatge), per complementar els resultats de l'avaluació de l'estat de conservació de les praderies de *C. nodosa* de la ZEC del Delta de l'Ebre. També es pretén establir un estat "zero" per valorar, en el futur, possibles canvis al llarg del temps. Els resultats obtinguts mostren certa variabilitat en les variables estudiades, amb una estació (Trabucador) que se separa clarament de la resta.

Aspectes metodològics

Considerem que, en funció dels recursos (temps i esforç) disponibles, la selecció de les zones d'estudi a la badia dels Alfacs és adequada per proporcionar una visió global de l'extensió i estructura de les praderies de *C. nodosa*. Per altra banda, en futurs exercicis, es podria considerar analitzar, amb la mateixa metodologia, algunes zones de la badia del Fangar.

Enguany, les anàlisis de paisatge s'han realitzat a partir d'ortofotos de l'ICC tot i que el plantejament inicial era fer-ho amb imatges de dron preses pel nostre equip. Això no va ser possible per dificultats tècniques i logístiques (en l'època de mostreig, juliol, no estaven permesos els vols en dron per la nidificació de les aus a la zona). Això va fer que s'utilitzessin les imatges aèries de l'ICC, tot i presentar certes limitacions, sobretot a l'hora d'identificar la presència de *C. nodosa* en zones amb poca densitat o amb presència de *C. prolifera*. En aquest sentit, es podria considerar en un futur, seguint el plantejament original, fer servir imatges aèries preses amb dron en l'època adient.

Valoració dels resultats

Les zones corresponents a les estacions Marí, Galatxo i Salines presenten característiques de paisatge semblants, amb superfícies contínues força grans i zones amb taques amb diferents mides menys extenses. En els tres casos, els resultats s'han de prendre amb precaució tenint en compte les limitacions de la metodologia emprada, que hem comentat anteriorment. Tenint presents aquestes, els resultats mostren que l'estació del Trabucador és on la praderia és menys extensa i està més fragmentada, com indiquen l'índex de fragmentació (l'elevat nombre de taques en relació a la superfície que ocupa), i la seva complexitat, en comparació amb les altres estacions. Aquesta situació actual és el resultat d'una acumulació d'impactes hidrodinàmics a què aquesta praderia ha estat sotmesa (i continua estant sotmesa). Per una banda, el moviment de dunes subaquàtiques (onades de sorra), comuns en ambients marins sorrencs soms, representa una pertorbació periòdica que alterna situacions d'enterrament i desenterrament dels feixos podent causar, en excés, la seva mort i com a conseqüència, la fragmentació de la praderia (Marbà *et al.* 1995). Per altra banda, els esdeveniments extrems, com forts temporals, poden tenir un impacte més curt en el temps, però més intens com és el cas del temporal Glòria del 2020 (Canals i Miranda, 2020). En efecte, la visualització de fotografies aèries de l'Institut Cartogràfic de Catalunya i Google Earth de diferents anys, han permès veure com, sobretot a partir l'any 2020 quan el temporal Glòria va provocar el trencament de la barra, la superfície ocupada per *C. nodosa* ha patit una important davallada (Figura A2) i fins i tot s'ha produït la desaparició de gran part d'aquesta, que s'estenia fins ben bé la meitat de la barra del Trabucador (vegeu capítol 'Prospeccions'). Per tant, la praderia de la zona del Trabucador, per la seva situació al costat de la barra del mateix nom i el seu grau de fragmentació elevat a causa dels impactes esmentats, és especialment vulnerable a futurs esdeveniments extrems, amb previsió que augmentin la seva intensitat i freqüència (Seneviratne *et al.* 2021). De fet, la barra del Trabucador s'ha tornat a trencar a causa d'un temporal a inicis del mes de febrer del 2023.

Pel que fa a les altres tres zones analitzades, i concretament a l'estació Marí, malgrat la gran superfície ocupada per *C. nodosa*, presenta un nombre de taques força elevat en comparació a



Galatxo i Salines. Aquestes taques es concentren principalment a la part més externa (i exposada) de la zona estudiada, que és la zona més fragmentada, probablement per la influència dels vents dominants del nord-est.

Conclusions

L'estació que presenta menor àrea ocupada per *C. nodosa* és Trabucador.

L'estació que presenta major fragmentació, expressada com a nombre de taques i la seva complexitat, també és Trabucador, mentre que la menys fragmentada és Galatxo.

La situació actual de la praderia del Trabucador és, probablement, el resultat d'una acumulació d'impactes mecànics i geològics (temporals i onades de sorra submarines) a què aquesta praderia ha estat i continua estant sotmesa.

La metodologia utilitzada presenta certes limitacions sobretot en les anàlisis de zones poc denses o amb presència de *C. prolifera*, però és prou robusta per permetre un seguiment a gran escala de les praderies.

Annex



Figura A2. Imatges de la zona analitzada del Trabucador dels anys 2013, 2017 i 2021. (Imatges obtingudes de l'ICC)



Prospeccions

- S'han realitzat tres prospeccions a diferents praderies de *Cymodocea nodosa* de la badia dels Alfacs, dins la ZEC del Delta de l'Ebre (Canal, Tancada i Trabucador).
- Les prospeccions s'han realitzat mitjançant observacions al llarg de transectes, o bé perpendiculars a la costa (Canal i Tancada), o bé paral·lels (Trabucador).

- S'ha observat una petita població de nacres vives a l'estació Canal, malgrat presenten una vitalitat reduïda.
- La praderia de *C. nodosa* de l'estació Tancada, contínua, densa i frondosa, és una de praderies en millor estat en Alfacs.
- S'ha detectat una regressió de la praderia de la barra del Trabucador, presumptament degut als efectes del temporal Glòria o d'altres temporals de menor intensitat.

Introducció

Conèixer la distribució, l'estructura i el funcionament de les comunitats biològiques és clau per poder determinar el seu estat general, detectar possibles afectacions i prendre mesures de gestió i conservació, si fos necessari. En aquest sentit, l'establiment de xarxes de vigilància ens permet detectar els canvis que poden patir moltes comunitats bentòniques, relacionats amb l'activitat humana o per causes naturals.

Entre aquestes comunitats, les fanerògames marines i les praderies que constitueixen són especialment rellevants per les funcions ecològiques que duen a terme en les aigües costaneres. La seva gran sensibilitat a l'acció humana fa que hi hagi una certa preocupació d'abast mundial pel seu declivi (Waycott *et al.* 2009), així com una creixent demanda de mesures de protecció. A Catalunya, la implementació de programes de seguiment d'angiospermes marines es remunta unes dècades (Romero, 1996), i actualment hi ha diverses xarxes en funcionament (Romero *et al.* 2020, García-González *et al.* 2022). Gran part d'aquests programes se centren en l'espècie *Posidonia oceanica*, pel seu alt valor ecològic, la seva sensibilitat als canvis ambientals i la seva àmplia distribució al llarg de la costa catalana. Tanmateix, *Cymodocea nodosa*, espècie de creixement més ràpid i més resistent als canvis ambientals que *P. oceanica*, també ha format part de programes de seguiment, concretament, del programa seguiment de l'estat de les masses d'aigua a Catalunya (Directiva Marc de l'Aigua), on s'utilitza *C. nodosa* com a element biològic de qualitat (BQE) (Romero *et al.* 2008, García-González *et al.* 2022).

La informació extreta d'aquests programes és molt útil per poder avaluar l'estat de conservació d'aquests ecosistemes i detectar canvis al llarg d'una escala temporal més o menys llarga. Així i tot, un aspecte clau d'aquests seguiments, el fet de mostrejar sempre les mateixes estacions, pot esdevenir també limitant pel fet de restringir l'àrea de mostreig. En aquest sentit, se sol complementar els mostrejos amb prospeccions qualitatives, per ampliar el coneixement de les praderies (Romero *et al.* 2020).

L'objectiu general d'aquest treball és recopilar informació sobre diferents zones amb praderies de *C. nodosa* de la ZEC del Delta de l'Ebre que tenen un interès especial, i d'aquesta manera, tenir un major coneixement del seu estat general i poder detectar possibles afectacions i en cas necessari, establir noves estacions de mostreig.

Material i mètodes

Zones de prospecció

En aquest estudi s'han realitzat 3 prospeccions en diferents zones de la badia dels Alfacs, que anomenem Canal, Tancada i Trabucador. La zona del Canal es troba entre la Punta del Galatxo i el moll de les salines de la Trinitat, la zona de la Tancada se situa davant la llacuna de la Tancada i a prop de l'extrem nord de la barra del Trabucador, i la zona del Trabucador va des de l'estació de mostreig de *C. nodosa* Trabucador fins a un punt en mig de la barra (Figura 27). Les 3 zones

on s'han fet les prospeccions han estat seleccionades per ser zones d'interès més enllà de les estacions mostrejades en el seguiment de *C. nodosa*, i tot i que per conveni només estava estipulada una prospecció, hem cregut interessant afegir-ne dues més per abastar la gran complexitat i varietat de condicions existents en el delta.

La zona del Canal és interessant per la presència d'una població de nacres vives (comunicació personal de P. Prado, Prado *et al.* 2022). La prospecció va estar focalitzada a trobar aquests individus i a descriure el seu estat i el del seu hàbitat. La zona de la Tancada és la que, dins la badia dels Alfacs i de la ZEC del Delta de l'Ebre, està més influenciada per l'aportació d'aigües dolces provinents dels canals de la plana deltaica. En aquesta prospecció es va explorar la zona i descriure les característiques generals de la praderia i la seva comunitat. Finalment, la zona del Trabucador es va seleccionar per ser una de les zones més afectada pels temporals dels últims anys i on la praderia es troba força fragmentada i, aparentment, en regressió (vegeu capítol 'Paisatge'). L'objectiu, en aquest cas, va ser explorar la distribució d'aquesta praderia al llarg de la barra del Trabucador i anotar aspectes rellevant sobre el seu estat.

Les observacions es van dur a terme en un dia de campanya, el 21 de juny del 2022, amb un equip de tres persones, dos mostrejadors i un barquer (Taula 8).

Taula 8. Zones explorades en les prospeccions de la ZEC del Delta de l'Ebre. Fondària: interval de fondària en metres prospectat al llarg dels transectes, Aquestes coordenades corresponen al punt d'inici de la prospecció, menys Trabucador que correspon al punt final.

| Estació | Data mostreig | Fondària |
|------------|---------------|----------|
| Canal | 21/06/2022 | 0,3-1 |
| Tancada | 21/06/2022 | 0,6-1 |
| Trabucador | 21/06/2022 | 0,3-0,5 |

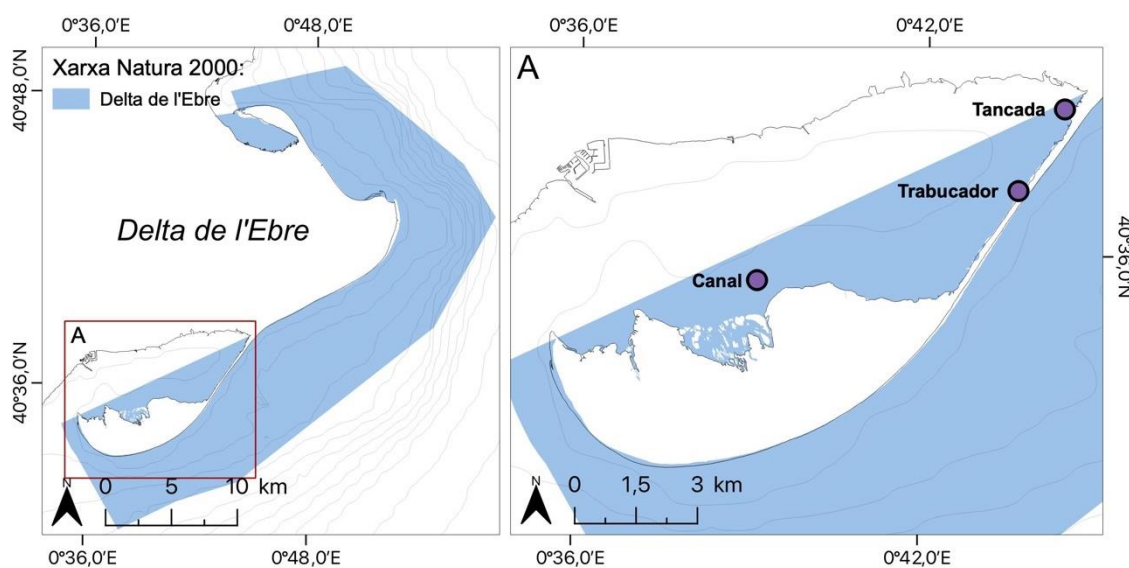


Figura 27. Localització de les zones de prospecció de la praderia de *C. nodosa* a la ZEC Delta de l'Ebre.

Metodologia per les observacions

La metodologia utilitzada va ser variar, depenent de la zona prospectada. En alguns casos es van realitzar transectes més o menys perpendiculars a la costa, mentre que, en d'altres, es va explorar la zona en sentit paral·lel a la costa. L'àrea explorada també va ser variada, cobrint zones en cada prospecció d'entre 4800 i 9000 m² aproximadament.

La prospecció la zona del Canal es va dur a terme mitjançant 4 transectes més o menys lineals i perpendiculars a la costa. Cada transecte va cobrir una àrea aproximada de 1200 m² i van ser explorats per dos mostrejadors (2 transectes cada un). Durant aquestes prospeccions es va posar especial atenció en trobar individus de nacs vius i a descriure el seu estat. També es van anotar aspectes relacionats amb l'estructura de la praderia (contínua o discontinua), la presència d'altres espècies com *Caulerpa prolifera* i altres macròfits, i l'observació de possibles impactes (rizomes arrancats, zones amb feixos morts...).

La prospecció de la zona de la Tancada va ser semblant a la del Canal respecte al número de transectes i superfície explorada. Es van realitzar 4 transectes, 3 més o menys lineals i perpendiculars a la costa i l'altre paral·lel a la costa, en direcció a l'extrem nord de la barra del Trabucador. El punt de partida va ser a prop del punt que correspon a l'estació de mostreig de la Tancada del projecte de seguiment de l'indicador *C. nodosa*, de la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/CE) (Romero *et al.* 2012, García-González *et al.* 2022). Cada transecte va cobrir una àrea aproximada de 2000 m² i es van explorar per dos mostrejadors, cada un d'ells cobrint dos transectes. Durant aquestes prospeccions es va posar atenció a la morfologia (alçada de la volta foliar, amplada de les fulles) i estructura de la praderia (contínua o discontinua, densitat), així com a la presència d'altres espècies com *Ulva sp.*, *Caulerpa prolifera* i altres macròfits, o l'observació de possibles impactes (comunitats d'epífits, rizomes arrancats, zones amb feixos morts...). Aquesta prospecció es va completar amb una segona prospecció en direcció a l'estació de mostreig de *C. nodosa* del Trabucador.

Per últim, la prospecció de la barra del Trabucador es va recórrer amb l'embarcació cobrint la meitat nord de la barra del Trabucador, fent parades a tocar de la barra per comprovar la presència o no de *C. nodosa*. En alguns casos, si era necessari, un mostrejador baixava de la barca i s'acostava a la barra per fer diferents comprovacions. El trajecte va ser aproximadament d'uns 1,5 km.

En la majoria de prospeccions es va obtenir un registre fotogràfic i de vídeo (a excepció del recorregut en barca de la barra del Trabucador).

Resultats

Canal

Aquesta zona és força heterogènia. En el punt d'inici de la prospecció trobem taques esparses de *C. nodosa* poc densa i amb molts rizomes horitzontals de creixement (*runners*), i en algunes zones s'observen els rizomes desenterrats i colonitzats per l'alga verda *Acetabularia acetabulum*. Aquestes taques de planta es van alternant amb algunes taques de l'alga *C. prolifera* i amb zones de sorra fina sense planta. Hi trobem nacres mortes en abundància, la majoria en sorra o en praderia de *C. prolifera*, i totes elles molt recobertes per una gran varietat d'algues i briozous. També trobem algun exemplar viu. A mesura que ens dirigim cap a terra, les taques de *C. nodosa* esdevenen més denses, sense assolir una gran continuïtat. També trobem presència esporàdica del briozou *Amathia verticillata*, d'un rodòfit, possiblement *Gigartina sp.* A partir d'un cert moment, trobem una barra de sorra molt soma, recoberta de *C. nodosa* força densa i amb les fulles molt curtes (que hem de passar caminant, ja que no és possible fer-ho nedant). Passada aquesta barra, apareix una zona de sorra amb moltes nacres mortes, algunes erectes amb un cràter de sorra al seu voltant, i moltes d'elles tombades. Uns metres més endavant trobem una praderia densa i contínua monoespecífica de *C. prolifera*, sobre un sediment molt tou i molt reduït (de color molt fosc).

En tota la superfície explorada hem comptat uns 15 individus vius de nacres, encara que la majoria amb vitalitat reduïda (tancament molt lent en resposta a un contacte suau), com es va observar a l'estació de Salines (veure capítol 'Seguiment de les de fanerògames marines' en aquest mateix informe) (Figura 28).



Figura 28. Imatges de la prospecció de la zona del Canal a la ZEC del Delta de l'Ebre.

Tancada

La praderia de *C. nodosa* que trobem al llarg dels primers transectes, és molt contínua, homogènia i monoespecífica. Es tracta d'una praderia molt densa i frondosa, amb les fulles molt llargues, més llargues que a qualsevol dels punts prospectats o mostrejats anteriorment. L'alçada de la volta foliar està entre 40 i 50 cm, amb fulles força gruixudes i epifitades per abundants anemones. El sediment és fi i de color fosc, indicant, per tant, una condició reduïda. La praderia és contínua, i s'estén uns centenars de metres, pel cap baix, en direcció paral·lela a la costa, i un altre centenar en direcció perpendicular. Observem algunes acumulacions d'una certa importància del cloròfit *Chaetomorpha cf. linum* i del briozou *Amathia verticillata*, més rarament alguns petits "llençols" d'*Ulva sp.*. Cal destacar que a les parts més properes a terra l'abundància de *C. nodosa* decreix una mica. En aquesta zona més costanera hi apareixen algunes clarianes de sorra fina, i les acumulacions d'algues (cràters d' *Ulva*) i briozous es fan més abundants i conspicues, també hi apareix *C. prolifera*, no gaire abundant. L'homogeneïtat de la praderia en sentit paral·lel a la costa (final de la barra del Trabucador) també és considerable.

Pel que fa al segon trajecte (en direcció a Trabucador), la praderia es manté amb les característiques exposades, tot i que amb més presència de *C. prolifera* a partir d'un cert punt. A mesura que ens acostem al Trabucador, la praderia va modificant el seu aspecte, perdent alçada de volta foliar i continuïtat, fins a assolir les característiques pròpies de la praderia de l'estació de mostreig Trabucador (fulles més curtes, densitat menor i fragmentació, és a dir, taques de vegetació sobre matriu de sorra) (Figura 29).



Figura 29. Imatges de la prospecció de la Tancada a la ZEC del Delta de l'Ebre



Trabucador

Al llarg d'aquest recorregut, paral·lel a la barra del Trabucador i iniciant-se a l'estació de mostreig Trabucador, les taques de vegetació observades esdevenen més disperses, i quasi desapareixen uns 200-300 metres més enllà, llevat d'alguna petita taca esporàdica. Pel que fa a la resta dels fons propers a la barra, no vam trobar cap presència de *C. nodosa*, que només comença a reparèixer en apropar-nos a la zona del moll de les salines de la Trinitat (estació de mostreig Salines).

Discussió

Les prospeccions realitzades ens han proporcionat un millor coneixement del conjunt de praderies de *C. nodosa* de la badia dels Alfacs de la ZEC del Delta de l'Ebre i de la seva comunitat, especialment de les nacres *P. nobilis*, actualment severament amenaçades com indica el fet que actualment aquesta espècie es troba catalogada en perill d'extinció dins la llista vermella de la UICN (Kersting *et al.* 2019). A més, també han proporcionat una certa informació sobre els diferents impactes que les praderies i la seva comunitat poden rebre.

La prospecció de la zona anomenada Canal ens ha permès confirmar la presència d'individus adults vius de nacres (15), malgrat que molts d'ells mostraven una vitalitat reduïda, com indicava la lenta resposta de tancament de les valves davant d'un lleuger contacte amb les valves. Un comportament semblant ja es va observar en anteriors mostrejos del nostre grup durant l'any 2018, quan les nacres del delta començaven a patir els inicis de la infecció. No sabem si aquests individus vius són resistents o bé han estat menys exposats al paràsit per la zona de la badia on es troben, amb menys comunicació directa amb mar obert (Prado *et al.* 2021). Aquest també sembla ser el cas de l'estació de mostreig Salines, on també s'han vist alguns exemplars vius. Al contrari que Salines, on les nacres vives es troben majoritàriament dins la praderia de *C. nodosa*, les nacres de l'estació Canal es troben, en la major part de casos, en un fons de sorra o en taques de *Caulerpa*, i en alguns casos, amb una erosió considerable al seu voltant en forma de cràter que les fa més vulnerables davant possibles pertorbacions mecàniques que puguin acabar desenterrant i tombant les nacres. L'estructura heterogènia de la zona explorada i la fragmentació de la praderia de *C. nodosa*, poden ser condicions desfavorables per a les nacres supervivents que, tot i que s'ha vist que les nacres sanes sobreviuen bé en substrats sorrencs, també s'ha vist que les praderies de *C. nodosa*, a més de facilitar els primers estadis de vida de la nacra, proveeixen un substrat estable per als individus adults (Zhang i Silliman, 2019, Sanmartí *et al.* 2022).

Per altra banda, a part de poblacions de nacres vives a la badia dels Alfacs (Canal i Salines), tot i no ser visitada en les prospeccions d'enguany, també hi ha una població de nacres vives a la badia del Fangar, que lamentablement es va veure molt reduïda pel temporal Glòria de l'any 2020 (Prado *et al.* 2021). En general, les poblacions de nacres que es troben en aigües somes i més confinades poden estar més exposades a canvis ambientals comparades amb mar obert, i poden ser més vulnerables a fenòmens ambientals extrems com temporals (Prado *et al.* 2021), o l'increment de l'eutrofització (Mar Menor, García-Ayllón, 2018). El fet que encara quedin alguns individus vius al delta de l'Ebre és esperançador pel destí d'una espècie que en pocs anys ha passat a formar part

de la llista d'espècies catalogades "en perill crític" pel govern espanyol i la Unió Internacional per a la Conservació de la Natura (UICN, Kersting *et al.* 2019). Si bé és cert que les poblacions de nacres de les badies del delta de l'Ebre estan molt ben identificades i estudiades per un equip de l'IRTA liderat per Patricia Prado (Prado *et al.* 2020, 2021, 2022), caldrà restar amatents per esbrinar el que s'esdevé amb aquestes poblacions.

La prospecció a la zona de la Tancada ens ha permès veure una praderia contínua, densa i amb les fulles llargues i amples, ben diferent a totes les visites, tant en les altres prospeccions com en el seguiment de les praderies de *C. nodosa* (veure capítol "Seguiment de la praderia de *Cymodocea nodosa*"). La inversió en biomassa foliar és una resposta típica de les fanerògames marines de creixement ràpid i amb una gran plasticitat fenotípica, com *C. nodosa*, sota nivells moderats de nutrients. *C. nodosa* és capaç d'adaptar-se ràpidament a condicions ambientals canviant modificant alguns trets morfològics i fisiològics (Ontoria *et al.* 2019), cosa que la fa molt resilient davant diferents tipus de pertorbacions (Peralta *et al.* 2021, Sanmartí *et al.* 2021). Aquest fet es veu clarament manifestat a les badies del delta de l'Ebre (Alfacs i Fangar), on les praderies de *C. nodosa* estan directament influenciades per la regulació artificial dels fluxos dels canals d'entrada d'aigua dolça procedents majoritàriament dels desguassos dels arrossars. Això fa que les praderies situades a la zona per on desaigüen els canals (vora nord dels Alfacs i sud del Fangar) presentin un aspecte molt diferent del de les praderies situades lluny de la influència de l'entrada d'aigua dolça. Generalment, aquestes praderies són contínues, amb una biomassa foliar elevada en relació a la biomassa d'arrels, una abundant càrrega d'epífits i força presència d'altres algues típiques d'ambient pertorbats, com *Ulva* sp. Aquest no és el cas de la praderia de l'estació Tancada, que, tot i ser l'estació dels Alfacs i dins la zona ZEC, més influenciada per les aportacions d'aigua dolça, presenta un estat molt saludable. Tant és així, que és una de les estacions de la badia que, històricament s'ha trobat en millor estat (Romero *et al.* 2008) i que actualment, segons valoració d'enguany del programa seguiment de l'estat ecològic de *C. nodosa*, s'ha confirmat que segueix sent així (García-González *et al.* 2022).

La prospecció a la zona del Trabucador va posar de manifest la fragmentació i desaparició de *C. nodosa* al llarg de la barra del Trabucador (en direcció a les salines de la Trinitat). L'anàlisi de les fotografies aèries de l'Institut Cartogràfic de Catalunya i Google Earth (Figura A3) han permès veure la regressió d'aquesta praderia al llarg de la barra (per on s'estenia fins ben bé fins la meitat de la barra), sobretot a partir l'any 2020, quan el temporal Glòria va provocar el trencament de la barra, i en conseqüència, una important davallada de la superfície ocupada per *C. nodosa*. Aquesta praderia, per la seva estructura fragmentada i per la situació en la barra del Trabucador, és especialment vulnerable a futurs esdeveniments extrems, inclús pot patir per temporals relativament freqüents (de temps de retorn entre 1 i 5 anys). De fet, la barra del Trabucador s'ha tornat a trencar a causa d'un temporal a inicis del mes de febrer de 2023.

El resum, els resultats d'aquestes prospeccions han posat de manifest els impactes als que estan sotmeses les praderies de *C. nodosa* i la comunitat associada del delta de l'Ebre (hidrodinàmics, com temporals de major o menor intensitat, la infecció de les nacres). La gestió d'aquest espai altament humanitzat i afectat per canvis ambientals fluctuants, on coexisteixen molts usos diferents de l'espai i els recursos naturals, des de la pesca o el marisqueig fins a les activitats turístiques, representa un gran repte que requereix d'una rigorosa informació sobre l'estat i funcionament dels



sistemes naturals per facilitar la presa de decisions i la posada en marxa d'accions preventives o bé correctores.

Conclusions

S'ha trobat una població de nacres vives a l'estació Canal, la presència de la qual, malgrat que presenten una vitalitat reduïda, és esperançadora.

L'hàbitat on es troba la població de nacres vives del Canal és, en la gran majoria, sorra o petites clapes de *C. prolifera*.

La praderia de *C. nodosa* de l'estació Tancada, contínua, densa i frondosa, és una de les praderies en millor estat dins de la ZEC de la badia dels Alfacs i podria ser inclosa dins de futurs seguiments.

S'ha detectat una regressió de la praderia de la barra del Trabucador, probablement, com a resultat d'una acumulació d'impactes hidrodinàmics (temporals) a què aquesta praderia ha estat i continua estant sotmesa.

Annex



Figura A3. Imatges de la zona del Trabucador dels anys 2017, 2020 i 2021 (Imatges obtingudes de l'ICC).



Conclusions generals de la ZEC Delta de l'Ebre

Estat actual de les principals espècies i hàbitats en la ZEC

Les praderies de *Cymodocea nodosa*, el principal hàbitat marí del ZEC Delta de l'Ebre mostren un estat de conservació satisfactori en general, excepte les estacions Trabucador a la badia dels Alfacs i Lo Goleró a la badia del Fangar.

La praderia del Trabucador, amb clars signes de regressió, és una praderia molt fragmentada que va perdent extensió per l'impacte dels temporals cada cop més extrems, en canvi, els impactes sobre Lo Goleró provenen de l'afectació de les aigües de desguàs dels canals provinents de la plana deltaica.

La badia dels Alfacs és encara un dels pocs reductes mediterranis on es poden trobar individus vius de *Pinna nobilis*, destacant Salines i el Canal.

S'ha observat una baixa diversitat d'espècies de peixos en la majoria de les estacions mostrejades, així com baixes densitats i biomasses. Les estructures de talles mostraven una dominància de mides petites, en general. Tots aquests descriptors ens mostren com l'impacte de la pesca tant artesanal com recreativa és evident en les poblacions de peixos de la ZEC.

L'estació situada al pantalà és la única que ha mostrat major diversitat, densitats i biomasses de les diferents espècies, així com mides més grans que la resta d'estacions i que s'explica pel que l'estructura del pantalà aportaria una major complexitat estructural afavorint la comunitat de peixos que buscant refugi. En aquesta estació és a la única on s'han observat espècies altament vulnerables a la pesca, com ara el llobarro.

La praderia de *C. nodosa* és un hàbitat per als reclutes i juvenils d'algunes espècies (*D. annularis*, *M. surmuletus* i *P. erythrinus*, entre d'altres) (Casas *et al.* 2021).

Recomanacions pel futur seguiment i gestió

En aquesta ZEC, es recomana mantenir les metodologies emprades i les mateixes localitats de mostreig, sobretot pel que fa a les praderies de *Cymodocea nodosa*. El disseny aplicat, en funció dels recursos disponibles, sembla ser òptim però amb possibles ajustaments de cara a propers exercicis.

És molt important que la metodologia del seguiment quedi fixada, i que, independentment de qui executi la feina, se segueixin escrupolosament els protocols per tal que les dades siguin comparables d'un exercici a l'altre, i per tant serveixin realment com a eina de vigilància en el temps d'aquest important patrimoni submergit. La dimensió temporal és imprescindible per identificar i implementar possibles mesures de gestió als espais protegits, i per avaluar la seva eficàcia, així com per detectar canvis amb la promptitud més gran possible. Pels mateixos motius, cal que les mesures i observacions es facin sempre en els mateixos punts.

La metodologia utilitzada a nivell de paisatge sembla l'adequada pel tipus de resultats obtinguts, però presenta certes limitacions sobretot en les anàlisis de zones poc denses o amb presència de *C. prolifera*. En aquest sentit, la utilització de drons enlloc d'ortofotos podria ser més convenient en futurs estudis. Respecte als transectes, aquests han permès recopilar informació sobre diferents zones amb praderies de *C. nodosa* de la ZEC del Delta de l'Ebre que tenen un interès especial, i d'aquesta manera, tenir un major coneixement del seu estat general i poder detectar possibles afectacions i en cas necessari, establir noves estacions de mostreig. En aquest sentit, podria ser interessant incloure el Canal en futurs seguiments donat el bon estat de la praderia.

S'han provat diverses metodologies de mostreig (censos visuals, BRUVs i arts de pesca), però la més òptima ha resultat ser els censos visuals que és la metodologia emprada en el seguiment dels Parcs Naturals. Tot i així, la gran extensió de les praderies dificulta aquest seguiment i per tant, seria millor continuar combinant diverses metodologies.

Cal mantenir el bon estat de les praderies de *C. nodosa* i adreçar els impactes gestionables a nivell local, com seria el cas de Lo Goleró. La seva conservació es essencial per la fauna associada com garotes, nacres i altres invertebrats així com per la comunitat de peixos, un bon estat de conservació d'aquest hàbitat seria essencial per als juvenils que, un cop passen a ser adults, poden migrar a altres zones amb més complexitat estructural.

Els resultats de peixos ens indiquen que caldria una bona gestió envers l'activitat pesquera per tal de que les poblacions de peixos poguessin tornar a uns valors considerats com a ben conservats.

Bibliografia general de la ZEC Delta de l'Ebre

- Agostini, S., Pergent, G., Marchand, B. (2003). Growth and primary production of *Cymodocea nodosa* in a coastal lagoon. *Aquatic Botany*, 76(3), 185-193.
- Alexandre, A., Santos, R. (2020). Competition for nitrogen between the seaweed *Caulerpa prolifera* and the seagrass *Cymodocea nodosa*. *Marine Ecology Progress Series*, 648, 125-134.
- Belando, M.D., Bernardeau-Esteller, J., García-Muñoz, R., Ramos-Segura, A., Santos-Echeandía, J., García-Moreno, P., Carreño, F., Ruiz, J.M. (2017). Evaluación del estado de conservación de las praderas de *Cymodocea nodosa* en la laguna costera del Mar Menor. 2014-2016. Informe del Instituto Español de Oceanografía y la Asociación de Naturalistas del Sureste. Murcia. 157pp
- Belando, M. D., Bernardeau-Esteller, J., Paradinas, I., Ramos-Segura, A., García-Muñoz, R., García-Moreno, P. i Ruiz, J. M. (2021). Long-term coexistence between the macroalga *Caulerpa prolifera* and the seagrass *Cymodocea nodosa* in a Mediterranean lagoon. *Aquatic Botany*, 173, 103415
- Ben Brahim, M., Mabrouk, L., Hamza, A., Jribi, I. (2020). Comparison of spatial scale variability of shoot density and epiphytic leaf assemblages of *Halophila stipulacea* and *Cymodocea nodosa* on the Eastern Coast of Tunisia. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 154(3), 413-426



- Cabaço, S., Ferreira, Ó., Santos, R. (2010). Population dynamics of the seagrass *Cymodocea nodosa* in Ria Formosa lagoon following inlet artificial relocation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 87, 510-516.
- Cabanellas-Reboredo, M., Vázquez-Luis, M., Mourre, B. (2019). Tracking the mass mortality outbreak of pen shell *Pinna nobilis* populations: a collaborative effort of scientists and citizens. *Sci. Rep.* 9, 13355
- Canals, M., Miranda, J. (2020). Sobre el temporal Gloria (19-23.01.20), els seus efectes sobre el país i el que se'n deriva. Report de Resposta Ràpida (R3). Institut d'Estudis Catalans. Secció de Ciències i Tecnologia. Barcelona 2020, 195p.
- Carella, F., Aceto, S., Pollaro, F. (2019). A mycobacterial disease is associated with the silent mass mortality of the pen shell *Pinna nobilis* along the Tyrrhenian coastline of Italy. *Scientific Reports*, 9, 2725
- Carella, F., Elisabetta, A., Simone, F., Fulvio, S., Daniela, M., Prado, P., Rosella, P., Marino, F., Eleonora, F., Tobia, P., De Vico, G. (2020). In the wake of the ongoing mass mortality events: Co-occurrence of Mycobacterium, *Haplosporidium* and other pathogens in *Pinna nobilis* collected in Italy and Spain (Mediterranean Sea). *Front. Mar. Sci.* 7, 48
- Casas, E., Martín-García, L., Otero-Ferrer, F., Tuya, F., Haroun, R., Arbelo, M. (2021). Economic mapping and assessment of *Cymodocea nodosa* meadows as nursery grounds for commercially important fish species. A case study in the Canary Islands. *One Ecosystem*, 6, e70919.
- Catanese, G., Grau, A., Valencia, J.M., Garcia-March, J.R., Vázquez-Luis, M., Alvarez, E., Deudero, S., Darriba, S., Carballal, M.J., Villalba, A. (2018). *Haplosporidium pinnae* sp. nov., a haplosporidan parasite associated with mass mortalities of the fan mussel, *Pinna nobilis*, in the Western Mediterranean Sea. *J. Invertebr. Pathol.* 157, 9–24
- Conte, C., Apostolaki, E. T., Vizzini, S., Migliore, L. (2023). A Tight Interaction between the Native Seagrass *Cymodocea nodosa* and the Exotic *Halophila stipulacea* in the Aegean Sea Highlights Seagrass Holobiont Variations. *Plants*, 12(2), 350
- Cunha, A.H., Duarte, C.M. (2007). Biomass and leaf dynamics of *Cymodocea nodosa* in the Ria Formosa lagoon, south Portugal. *Botanica Marina*, 50, 1–7
- Da Ros, Z., Corinaldesi, C., Dell'Anno, A., Gambi, C., Torsani, F., Danovaro, R. (2021). Restoration of *Cymodocea nodosa* seagrass meadows: Efficiency and ecological implications. *Restoration Ecology*, 29, e13313
- De Los Santos, C. B., Krause-Jensen, D., Alcoverro, T., Marbà, N., Duarte, C. M., Van Katwijk, M. M., ... Santos, R. (2019). Recent trend reversal for declining European seagrass meadows. *Nature communications*, 10(1), 3356
- Delgado, O., Grau, A., Pou, S., Riera, F., Massuti, M., Zabala, M., Ballesteros, E. (1997). Seagrass regression caused by fish cultures in Fornells Bay (Menorca, Western Mediterranean). *Oceanologica Acta*, 20 (3): 557-563

- Den Hartog, C. (1970). *The Seagrasses of the World*. North Holland Publishing Company, Amsterdam London.
- Duarte, C.M., Fourqurean, J.W., Krause-Jensen, D., Olesen, B. (2006). Dynamics of seagrass stability and change. In: Larkum, A.W.D., Orth, R.J., Duarte, C.M. (Eds.) *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Springer: Berlin. pp 271–294
- ETC/BD (2014). Article 17 Reporting –Assessments of conservation status at the EU biogeographical level-Public consultation. ETC/BD Technical paper3/2014, Paris
- Farré, A. (2016). Anàlisi de les explotacions marítimes a la badia dels alfacs i zona del port d'alcanar per a la possible implantació d'un MSP.
- García-González, F., Pagès, J.F., Marco-Méndez, C., Sanmartí, N., Alemany, A., Pons, S., Rodríguez-Arias, L., Minguito, M., García, M. (2022). Seguiment de l'indicador FANERÒGAMES MARINES, *Cymodocea nodosa*, de la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/CE) a les badies del Delta de l'Ebre.
- García-Sánchez, M., Korbee, N., Pérez-Ruzafa, I. M., Marcos, C., Domínguez, B., Figueroa, F. L., i Pérez-Ruzafa, A., (2012). Physiological response and photoacclimation capacity of *Caulerpa prolifera* (Forsskål) JV Lamouroux and *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson meadows in the Mar Menor lagoon (SE Spain). *Marine Environmental Research*, 79, 37-47
- Generalitat de Catalunya (2017). Correspondència entre la classificació EUNIS, els hàbitats CORINE de Catalunya i els tipus d'hàbitats d'interès comunitari. https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/sistemes_dinformacio/habitats/habitats_terrestres/habitats-de-catalunya/correspondencies_entre_habitats/
- Generalitat de Catalunya (2018). Herbassars o praderies de fanerògames marines. <http://agricultura.gencat.cat/ca/serveis/cartografia-sig/bases-cartografiques/pesca-maritima-proteccio-litoral/herbassars-praderies-fanerogames-marines/>
- Generalitat de Catalunya (2019). Cartografia d'hàbitats marins EUNIS 2019. <http://agricultura.gencat.cat/ca/serveis/cartografia-sig/bases-cartografiques/pesca-maritima-proteccio-litoral/habits-marins/>
- Generalitat de Catalunya, 2015. Annex 6. Instrument de gestió de les Zones Especials de Conservació declarades a la regió mediterrània. Departament de Medi Ambient i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals. https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/senp_catalunya/xarxa_natura_2000/documents/Mapes-formularis-oficials-i-fitxes/tarragona/
- Gobierno de España. https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/rn_presentacion.aspx
- Grane-Feliu, X., Bennett, S., Hereu, B., Aspillaga, E., Santana-Garçon, J. (2019). Comparison of diver operated stereo-video and visual census to assess targeted fish species in Mediterranean marine protected areas. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 520, 151205.



- Halpern, B. S., Gaines, S. D., Warner, R. R. (2004). Confounding effects of the export of production and the displacement of fishing effort from marine reserves. *Ecological Applications*, 14(4), 1248-1256.
- Jiménez-Ramos, R., Egea, L. G., Vergara, J. J., Brun, F. G. (2021). Factors modulating herbivory patterns in *Cymodocea nodosa* meadows. *Limnology and Oceanography*, 66(6), 2218-2233
- Jiménez-Ramos, R., Henares, C., Egea, L. G., Vergara, J. J., Brun, F. G. (2023). Leaf Senescence of the Seagrass *Cymodocea nodosa* in Cádiz Bay, Southern Spain. *Diversity*, 15(2), 187
- Kersting, D., Benabdi, M., Cizmek, H., Grau, A., Jimenez, C., Katsanevakis, S., Öztürk, B., Tuncer, S., Tunesi, L., Vázquez-Luis, M., Vicente, N., Otero Villanueva, M., 2019. *Pinna nobilis*. The IUCN Red List of Threatened Species (2019): e. T160075998A160081499. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS>
- Levin, S. A. (1992). The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology* 73: 1943–1967
- Lu, Y., Yuan, J., Lu, X., Su, C., Zhang, Y., Wang, C., Cao, X., Li, Q., Su, J., Ittekkot, V., Garbutt, R.A., Bush, S., Fletcher, S., Wagey, T., Kachur, A., Sweijd, N. (2018). Major threats of pollution and climate change to global coastal ecosystems and enhanced management for sustainability. *Environmental Pollution*, 239, 670-680.
- Marba, N., Duarte, C. M. (1995). Coupling of seagrass (*Cymodocea nodosa*) patch dynamics to subaqueous dune migration. *Journal of Ecology*, 381-389.
- Mascaró, O., Valdemarsen, T., Holmer, M., Pérez, M., Romero, J. (2009). Experimental manipulation of sediment organic content and water column aeration reduces *Zostera marina* (eelgrass) growth and survival. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 373: 26–34
- Mascaró, O., Romero, J., Pérez, M. (2014). Seasonal uncoupling of demographic processes in a marine clonal plant. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 142, 23-31.
- Milazzo, M., Mirto, S., Domenici, P., Gristina, M. (2013). Climate change exacerbates interspecific interactions in sympatric coastal fishes. *Journal of Animal Ecology*, 82(2), 468-477.
- Montefalcone, M., Parravici, V., Vacchi, M., Albertelli, G., Ferrari, M., Morri, C., Bianchi, CN. (2010). Human influence on seagrass habitat fragmentation in NW Mediterranean Sea. *Estuar Coast Shelf Sci* 86:292–298
- Myers, R.A., Worm B. (2005). Extinction, survival or recovery of large predatory fishes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1453): 13–20.
- Ontoria, Y., Gonzalez-Guedes, E., Sanmartí, N., Bernardeau-Esteller, J., Ruiz, J. M., Romero, J., Pérez, M. (2019). Interactive effects of global warming and eutrophication on a fast-growing Mediterranean seagrass. *Marine environmental research*, 145, 27-38
- Peralta, G., Godoy, O., Egea, L. G., de los Santos, C. B., Jiménez-Ramos, R., Lara, M., Pérez-Lloréns, J. L. (2021). The morphometric acclimation to depth explains the long-term resilience

- of the seagrass *Cymodocea nodosa* in a shallow tidal lagoon. *Journal of Environmental Management*, 299, 113452.
- Pérez, M., Duarte, C. M., Romero, J., Sand-Jensen, K., Alcoverro, T. (1994). Growth plasticity in *Cymodocea nodosa* stands: the importance of nutrient supply. *Aquatic Botany*, 47(3-4), 249-264
- Pérez, M. i Mascaró, O. (2005). Mapa de la vegetació submergida de la badia del Fangar. Parc Natural del delta de l'Ebre. Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya
- Pérez, M. i M. Ricart, A. (2016). Cartografia de les praderies d'angiospermes marines de la badia dels Alfacs (delta de l'Ebre). Zona nord i centre de la zona sud. Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya
- Pergent G., Pergent-Martini C., C.F. Boudouresque (1995). Utilisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée: Etat des connaissances. *Mésogée* 54: 3-27
- Pittman, S.J., McAlpine, C., Pittman, K. (2004). Linking fish and prawns to their environment: a hierarchical landscape approach. *Mar Ecol Prog Ser* 283:233–254
- Prado, P., Andree, K. B., Trigos, S., Carrasco, N., *et al.* (2020). Breeding planktonic and settlement factors shape recruitment patterns of one of the last remaining major population of *Pinna nobilis* within Spanish waters. *Hydrobiologia*, 847, 771–786
- Prado, P., Grau, A., Catanese, G., Cabanes, P., Carella, F., Fernández-Tejedor, M., García-March, J. R. (2021). *Pinna nobilis* in suboptimal environments are more tolerant to disease but more vulnerable to severe weather phenomena. *Marine Environmental Research*, 163, 105220
- Prado, P., Ibáñez, C., Chen, L. (2021). Feeding habits and short-term mobility patterns of blue crab, *Callinectes sapidus*, across invaded habitats of the Ebro Delta subjected to contrasting salinity. *Estuaries and Coasts*. <https://doi.org/10.1007/s12237-021-01004-2>
- Prado, P., López, M. Á., Cermeño, P., Bertomeu, F., García-March, J. R., Hernandis, S., Giménez-Casalduero, F. (2022). Point pattern analysis as a tool for assessing disease spread and population features in remaining sanctuaries of the critically endangered bivalve *Pinna nobilis*. *Journal for Nature Conservation*, 68, 126221
- Pranovi, F., Curiel, D., Rismondo, A., Marzocchi, M., Scattolin, M. (2000). Variations of the macrobenthic community in a seagrass transplanted area of the Lagoon of Venice. *Scientia Marina*, 64, 303–310
- R Development Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <URL <http://www.R-project.org>>
- Roberts, K.E., Valkan, R.S., Cook, C.N. (2018). Measuring progress in marine protection: A new set of metrics to evaluate the strength of marine protected area networks. *Biological Conservation*, 219: 20–27.
- Romero, J. (1986). Une méthode d'échantillonnage stratifié pour évaluer la densité des herbiers de *Posidonia oceanica* Rapp. Com. Int. Mer Médit 30:2



- Romero, J. (1996)., Xarxa de vigilància de la qualitat biològica dels herbassars de fanerògames marines. Informe de resultats. Prova pilot. Direcció General de Pesca i Afers Marítims, Generalitat de Catalunya
- Romero, J., Pérez, M., Alcoverro, T., Sanmartí, N., Llagostera, I. (2008). Desarrollo de un método basado en la fanerógama marina *Cymodocea nodosa* como indicadora de calidad en el marco de la directiva del agua y despliegue de una red de vigilancia en las bahías del Delta del Ebro. Informe Final 2008. Agència Catalana de l'Aigua, Generalitat de Catalunya
- Romero, J., Pérez, M., Sanmartí, N., Llagostera, I., i Alcoverro, T. (2010). Vigilància i seguiment de la qualitat de les masses d'aigua de les badies del delta de l'Ebre, en funció de les comunitats de *Cymodocea nodosa* que habiten als fons sedimentaris. Informe Anual 2010. Agència Catalana de l'Aigua, Generalitat de Catalunya
- Romero, J., Pérez, M., Boada, J., Sanmartí, N., Rovira, G. (2020). Seguiment de les praderies de posidònia i de les poblacions de nacres Seguiment del medi marí al Parc Natural del Cap de Creus i al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Memòria tècnica 2020. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. pp. 105–184
- Sales, M., Romero-Coll, J., Blanco-Magadán, A., Bagur, M. Marsinyach, E. (2021). Proyecto MAREBI. Estudio sobre las praderas marinas de *Cymodocea nodosa* en diferentes áreas marinas dentro de la Red Natura 2000 de la reserva de biosfera de Menorca. Agència Menorca Reserva de Biosfera. Institut Menorquí d'Estudis
- Sanmartí, N., Ricart, A. M., Ontoria, Y., Pérez, M., Romero, J. (2021). Recovery of a fast-growing seagrass from small-scale mechanical disturbances: Effects of intensity, size and seasonal timing. *Marine Pollution Bulletin*, 162, 111873
- Sanmartí, N., Ontoria, Y., Ricart, A. M., Arthur, R., Alcoverro, T., Pérez, M., Romero, J. (2022). Exploring coexistence mechanisms in a three-species assemblage. *Marine Environmental Research*, 178, 105647
- Schneider, D.C. (2001). The Rise of the concept of scale in ecology. *Bioscience* 51 (7): 545-554
- Seneviratne, S.I., X. Zhang, M. Adnan, W. Badi, C. Dereczynski, A. Di Luca, S. Ghosh, I. Iskandar, J. Kossin, S. Lewis, F. Otto, I. Pinto, M. Satoh, S.M. Vicente-Serrano, M. Wehner, and B. Zhou, (2021): Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1513–1766, doi:10.1017/9781009157896.01
- Sghaier, Y.R., Zakhama-Sraieb, R., Charfi-Cheikhrouha, F. (2012). Seasonal variation of *Cymodocea nodosa* in the Ghar El Melh lagoon (Tunisia), with reference to insolation, temperature and salinity effects. *Bulletin De L'institut National Des Sciences Et Technologies De La Mer*, 39, 117-125

- Sghaier, Y.R., Zakhama-Sraieb, R., Charfi-Cheikhrouha, F. (2017). Spatio-temporal dynamics and biomass of *Cymodocea nodosa* in Bekalta (Tunisia, Southern Mediterranean Sea). *Marine Ecology*, 38 (1), e12383
- Turner, S. J., Thrush, S. F., Hewitt, J. E., Cummings, V. J., Funnell, G. (1999). Fishing impacts and the degradation or loss of habitat structure. *Fisheries Management and Ecology*, 6(5), 401-420.
- Tuya, F., Martín, Y.A., Luque, A. (2002). Impact of a marina construction on a seagrass bed at Lanzarote (Canary Islands). *Journal of Coastal Conservation*, 8: 157- 162
- Tuya, F., Betancor, S., Fabbri, F., Espino, F., Haroun, R. (2016). Photo-physiological performance and short-term acclimation of two coexisting macrophytes (*Cymodocea nodosa* and *Caulerpa prolifera*) with depth. *Scientia Marina*, 80(2), 247-259
- Vaquer-Sunyer, R., Barrientos, N., Julià, M., Marsinyach, E., Tomàs, F., Marbà, N., 2020. «*Cymodocea nodosa*». En: Vaquer-Sunyer, R., Barrientos, N. (ed.). Informe Mar Balear (2020)
- Waycott, M., Duarte. C.M., Carruthers. T.J.B., Orth. R.J., Dennison. W.C., *et al.* (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106: 12377-12381
- Zabala, M., Garcia-Rubies, A., Louisy, P., Sala, E. (1997a). Spawning behaviour of the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces: Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Scientia Marina*, 61: 65–77.
- Zabala, M., Louisy, P., Garcia-Rubies, A., Gracia, V. (1997b). Socio-behavioural context of reproduction in the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces: Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Scientia Marina*, 61: 79–89.
- Zhang, Y. S., Silliman, B. R. (2019). A facilitation cascade enhances local biodiversity in seagrass beds. *Diversity*, 11(3), 30
- Zribi, I., Mnasri, I., Charfi-cheikhrouha, F., Zakhama-Sraieb, R. (2019). Seagrass in Tunisian lagoons: *Cymodocea nodosa* meadows facing pollution threats. In Proceedings of the 6th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation