

Seguiment de la biodiversitat marina als espais protegits de Catalunya: Zones d'Especial Conservació

Memòria 2023



UNIVERSITAT DE
BARCELONA



Generalitat de Catalunya
Departament de Territori
i Sostenibilitat

**SEGUIMENT DE LA BIODIVERSITAT
MARINA ALS ESPAIS PROTEGITS DE
CATALUNYA: ZONES D'ESPECIAL
CONSERVACIÓ**

MEMÒRIA ANY 2023



UNIVERSITAT_{DE}
BARCELONA

Gestió i direcció del projecte:

Cristina LINARES¹

Bernat HEREU¹

Investigadors involucrats:

Graciela ROVIRA¹

Lucas HAYES¹

Bernat MARTÍ¹

Núria MARGARIT¹

Neus SANMARTÍ¹

Yanis ZENTNER¹

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

Citar com:

Linares, C., Rovira, G., Hayes, L., Martí, B., Margarit, N., Sanmartí, N., Zentner, Y., Hereu, B. (2024). Seguiment de la biodiversitat marina als espais protegits de Catalunya: Zones d'Especial Conservació. Memòria 2023. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. 374 pp.

Índex

Introducció general	9
Bibliografia.....	14
ZONA D'ESPECIAL CONSERVACIÓ DEL LITORAL DEL BAIX EMPORDÀ	17
Introducció general de la ZEC del Litoral del Baix Empordà	17
Fanerògames i nacres.....	20
Introducció.....	21
Material i mètodes.....	23
Resultats	26
Discussió.....	30
Conclusions.....	33
Annex.....	34
Comunitats de peixos	36
Introducció.....	37
Material i mètodes.....	38
Resultats	42
Discussió.....	53
Conclusions.....	54
Comunitats algals i poblacions de garotes	56
Introducció.....	57
Material i mètodes.....	59
Resultats	61
Discussió.....	65
Conclusions.....	67
Comunitats mediolitorals	69
Introducció.....	70
Material i mètodes.....	72
Resultats	74
Discussió.....	75
Conclusions.....	77
Comunitats de coral·ligen.....	79
Introducció.....	80
Material i mètodes.....	83

Resultats	88
Densitats	88
Estructura de talles	89
Mortalitat	89
Biomassa	91
Estat de conservació	94
Discussió.....	94
Conclusions.....	97
Comunitats de coves submarines	98
Introducció.....	99
Material i Mètodes.....	100
Resultats	102
Discussió.....	105
Conclusions.....	106
Paisatge	107
Introducció.....	108
Material i mètodes.....	109
Resultats	110
Discussió.....	114
Conclusions.....	115
Prospeccions	116
Introducció.....	117
Material i mètodes.....	118
Resultats	119
Discussió.....	121
Conclusions.....	122
Diagnosi general de la ZEC del Litoral del Baix Empordà.....	123
Estat actual de les principals espècies i hàbitats en la ZEC	123
Recomanacions pel futur seguiment i gestió.....	124
Bibliografia general de la ZEC del Litoral del Baix Empordà	125
ZONA D'ESPECIAL CONSERVACIÓ DE LES COSTES DEL MARESME	139
Introducció general de la ZEC de les Costes del Maresme.....	139
Fanerògames i nacres.....	141
Introducció.....	142
Material i mètodes.....	144
Resultats	148

Discussió.....	151
Conclusions.....	154
Annex.....	156
Comunitat de peixos.....	158
Introducció.....	159
Material i mètodes.....	160
Resultats.....	163
Discussió.....	175
Conclusions.....	176
Comunitats algals i poblacions de garotes.....	177
Introducció.....	178
Material i mètodes.....	179
Resultats.....	181
Discussió.....	184
Conclusions.....	184
Comunitats de coral·ligen.....	186
Introducció.....	187
Material i mètodes.....	190
Resultats.....	194
Densitats.....	194
Estructura de talles.....	195
Mortalitat.....	196
Exploració taxonòmica.....	198
Complexitat estructural.....	199
Estat de conservació.....	200
Discussió.....	201
Conclusions.....	203
Paisatge.....	204
Introducció.....	205
Material i mètodes.....	206
Resultats.....	207
Discussió.....	210
Conclusions.....	211
Prospeccions.....	212
Introducció.....	213
Material i mètodes.....	214

Resultats	215
Discussió.....	215
Conclusions.....	218
Diagnosi general de la ZEC de les Costes del Maresme	219
Estat actual de les principals espècies i hàbitats en la ZEC	219
Recomanacions pel futur seguiment i gestió.....	219
Bibliografia general de la Zona d'Espacial Conservació de les Costes del Maresme	221
ZONA D'ESPECIAL CONSERVACIÓ DEL GRAPISSAR DE MASIA BLANCA.....	231
Introducció general de la ZEC del Grapissar de Masia Blanca	231
Fanerògames i nacres.....	233
Introducció.....	234
Material i mètodes.....	236
Resultats	239
Discussió.....	241
Conclusions.....	244
Annex.....	245
Comunitats de peixos	247
Introducció.....	248
Material i mètodes.....	250
Resultats	252
Discussió.....	255
Conclusions.....	256
Comunitats algals i poblacions de garotes	257
Introducció.....	258
Material i mètodes.....	259
Resultats	261
Discussió.....	264
Conclusions.....	265
Comunitats de coral·ligen.....	266
Introducció.....	267
Material i mètodes.....	268
Resultats	270
Discussió.....	272
Conclusions.....	272
Paisatge	274
Introducció.....	275

Material i mètodes.....	276
Resultats	277
Discussió.....	278
Conclusions.....	281
Diagnosi general de la ZEC del Grapissar de Masia Blanca.....	282
Estat actual de les principals espècies i hàbitats en la ZEC	282
Recomanacions pel futur seguiment i gestió.....	282
Bibliografia general de la ZEC del Grapissar de Masia Blanca	284
ZONA D'ESPECIAL CONSERVACIÓ DE LES COSTES DEL TARRAGONÈS	291
Introducció general de la ZEC de les Costes del Tarragonès	291
Fanerògames i nacres.....	293
Introducció.....	294
Material i mètodes.....	296
Resultats	299
Discussió.....	300
Conclusions.....	304
Annex.....	305
Comunitats de peixos	307
Introducció.....	308
Material i mètodes.....	309
Resultats	312
Discussió.....	317
Conclusions.....	317
Comunitats algals i poblacions de garotes	319
Introducció.....	320
Material i mètodes.....	321
Resultats	323
Discussió.....	326
Conclusions.....	327
Comunitats mediolitorals	328
Introducció.....	329
Material i mètodes.....	332
Resultats	336
Discussió.....	340
Conclusions.....	342
Comunitats de coral·ligen.....	343

Introducció.....	344
Material i mètodes.....	345
Resultats	348
Discussió.....	349
Conclusions.....	350
Paisatge	351
Introducció.....	352
Material i mètodes.....	353
Resultats	354
Discussió.....	355
Conclusions.....	357
Prospeccions	358
Introducció.....	359
Material i mètodes.....	360
Resultats	361
Discussió.....	361
Conclusions.....	363
Diagnosi general de la ZEC Costes del Tarragonès	364
Estat actual de les principals espècies i hàbitats en la ZEC	364
Recomanacions pel futur seguiment i gestió.....	364
Bibliografia general de la ZEC de les Costes del Tarragonès.....	366

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'avalui 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.

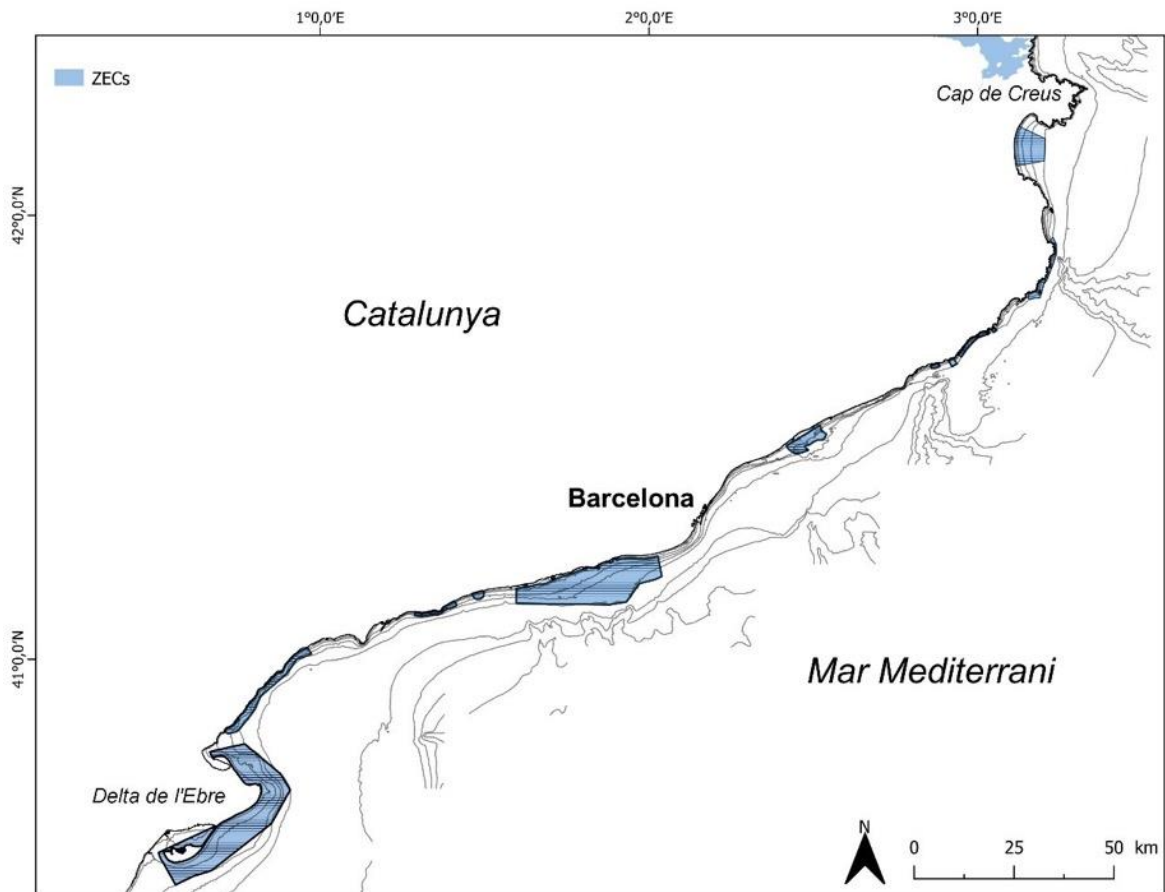


Figura 1. Espais marins protegits inclosos a la Xarxa Natura 2000 (ZEC: Zones d'Especial Conservació).

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 Tarragoní	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; Zentner *et al.*, 2023). 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) poden afectar significativament algunes ZEC (Alcoverro *et al.*, 2020; Cebrian *et al.*, 2020; Marco-Méndez *et al.*, 2024). 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 l'any 2022, es va realitzar el seguiment a les zones ZEC dels Aiguamolls de l'Alt Empordà, Costes del Garraf i Delta de l'Ebre i aquest any 2023 tal com estableix el plec tècnic del contracte s'ha realitzat el seguiment de les zones ZEC del Litoral del Baix Empordà, Costes del Maresme i Costes del Tarragonès (Taula 2). Aquestes ZEC són molt diverses, tal com hem mencionat anteriorment, tant per la seva extensió cobrint des d'aproximadament 26.000, 2.900 i 948 ha, respectivament (Taula 1) com per la seva dominància d'hàbitats principals. Destacant una dominància d'herbassars de *Posidonia oceanica* amb presència en algunes localitats més restringides de *C. nodosa* a les tres ZECs, presència de comunitats de precoral·ligen i coral·ligen a les tres ZECs però destacant la seva rellevància i dominància a la ZEC del Litoral del Baix Empordà, de comunitats del mediolitoral a les costes del Tarragonès i el Litoral del Baix Empordà i del hàbitat de Coves a la ZEC del Litoral del Baix Empordà, que es la que presenta una major diversitat d'hàbitats de les tres estudiades durant aquest 2023. 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 de Costes del Maresme i Costes del Tarragonès, amb una dominància de praderies de fanerògames i sorres i sense perfils batimètrics molt abruptes, 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 varies 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 les tres ZECs. 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, però en els tres casos centrats en les praderies de fanerògames tant dominades per *Posidonia oceanica* com *Cymodocea nodosa*. 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., 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
- Marco-Méndez, C., Marbà, N., Amores, Á., Romero, J., Minguito-Frutos, M., García, M., ... & Alcoverro, T. (2024). Evaluating the extent and impact of the extreme Storm Gloria on *Posidonia oceanica* seagrass meadows. *Science of The Total Environment*, 908, 168404.
- 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, G.J. (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, J. M., Romero, J., Pérez, M. (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.

Zentner, Y., Rovira, G., Margarit, N., Ortega, J., Casals, D., Medrano, A., Pagès-Escalà, M., ... Linares, C. (2023). Marine protected areas in a changing ocean: Adaptive management can mitigate the synergistic effects of local and climate change impacts. *Biological Conservation*, 282, 110048.

ZONA D'ESPECIAL CONSERVACIÓ DEL LITORAL DEL BAIX EMPORDÀ

Introducció general de la ZEC del Litoral del Baix Empordà

Codi ZEC: ES5120015

Superfície marina de la regió: 1.795,74 hectàrees

Superfície ZEC: 3.332,07 hectàrees

Superfície ZEPA: 3.332,07 hectàrees

L'any 1992, aquest espai natural protegit va ser incorporat al PEIN pel Decret 328/1992, va ser declarat com a LIC al 1997 i com a ZEPA al 2005. Al 2006 va ser ampliat com a espai Natura 2000 per l'acord del Govern 112/2006, que aprova la xarxa Natura 2000 a Catalunya. Finalment, la Generalitat de Catalunya declara aquest espai com a ZEC (Acords de Govern 150/2014).

L'espai Litoral del Baix Empordà (Figura 1) el constitueixen dues zones: el Castell de Cap Roig i les Muntanyes de Begur. La línia de costa d'aquesta regió es caracteritza per penya-segats rocosos modelats per l'acció de l'aigua, i al fons marí predominen biocenosis d'algues i animals bentònics de fons rocós (Generalitat de Catalunya, 2009).

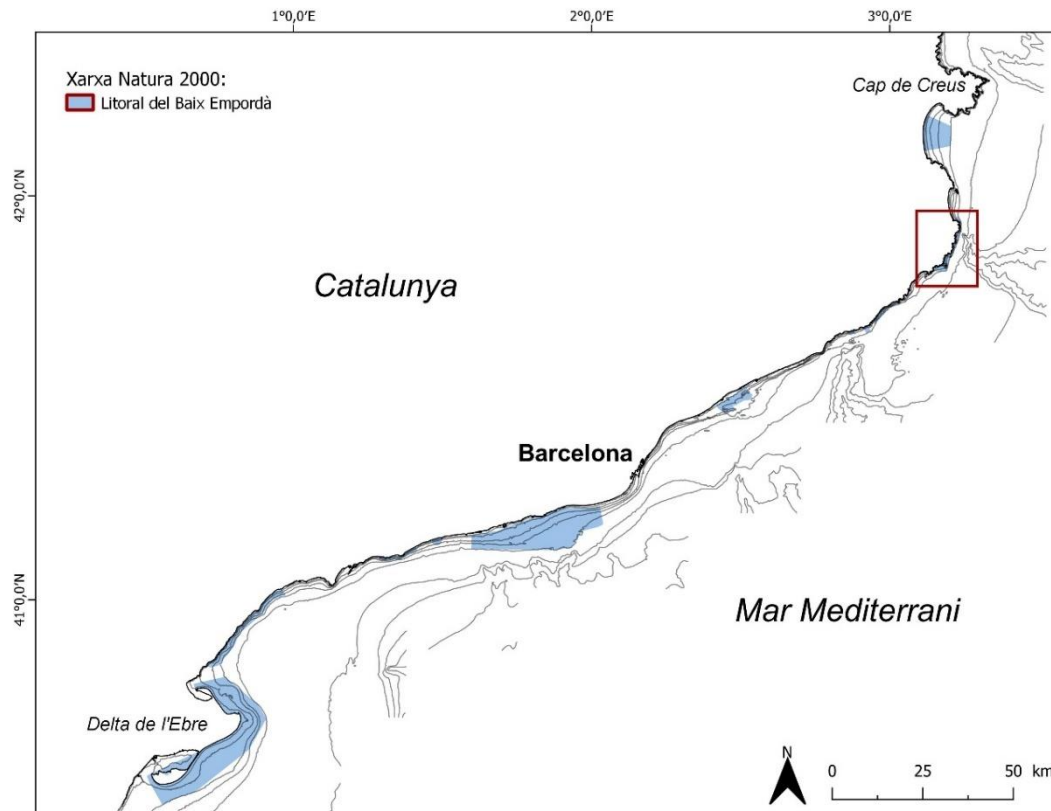










Figura 1. Mapa de les ZECs de Catalunya amb el Litoral del Baix Empordà destacat.

A l'informe de l'any 2021, es van proposar els punts de mostreig de la Taula 1. Alguns d'ells es van confirmar com a punt, i d'altres es van modificar per haver trobat millors zones per al mostreig dels indicadors. Així doncs, de l'indicador de coral·ligen s'ha afegit una estació respecte el 2021, i s'ha canviat l'estació de Ses Negres pels dos furions, el Furió Fitó i el de Xelida, degut a que els dos últims presentaven l'hàbitat idoni i, en canvi, a Ses Negres es va trobar més aviat un precoral·ligen i no un coral·ligen ben desenvolupat. A més, per al mediolitoral es va afegir l'estació d'Aigua Xelida, completant així les 3 estacions del PLEC per aquest indicador (Taula 1, Figura 2).

Taula 1. Punts proposats per al mostreig dels indicadors per a l'avaluació de l'estat de la zona ZEC del Litoral del Baix Empordà de l'any 2021 i punts realitzats en els mostrejos de l'any 2023.

Indicador	Llegenda	Nº immersions PLEC	Punts de mostreig proposats	Nº immersions realitzats	Punts realitzats
Fanerògames i nacres		3	Llafranc Illes Formigues Sa Tuna	3	Llafranc Illes Formigues Sa Tuna
Peixos		3	Ses Negres Aigua Xelida Illes Formigues	3	Ses Negres Aigua Xelida Illes Formigues
Coral·ligen		3	Ullastres Ses Negres Illes Formigues	4	Furió Fitó Furió Xelida Ullastres III Illes Formigues
Comunitats algals i garotes		3	Ses Negres Aigua Xelida Illes Formigues	3	Ses Negres Aigua Xelida Illes Formigues
Mediolitoral		3	Illes Formigues Ses Negres	3	Illes Formigues Ses Negres Aigua Xelida
Coves		2	Ses Negres Aigua Xelida	2	Illa Negra Sa Tuna
Paisatge		4	Canyons de Tamariu Ses Negres Illes Formigues Ullastres	4	Canyons de Tamariu Ses Negres Illes Formigues Illa Negra
Prospeccions		1	Sa Tuna	1	Sa Tuna

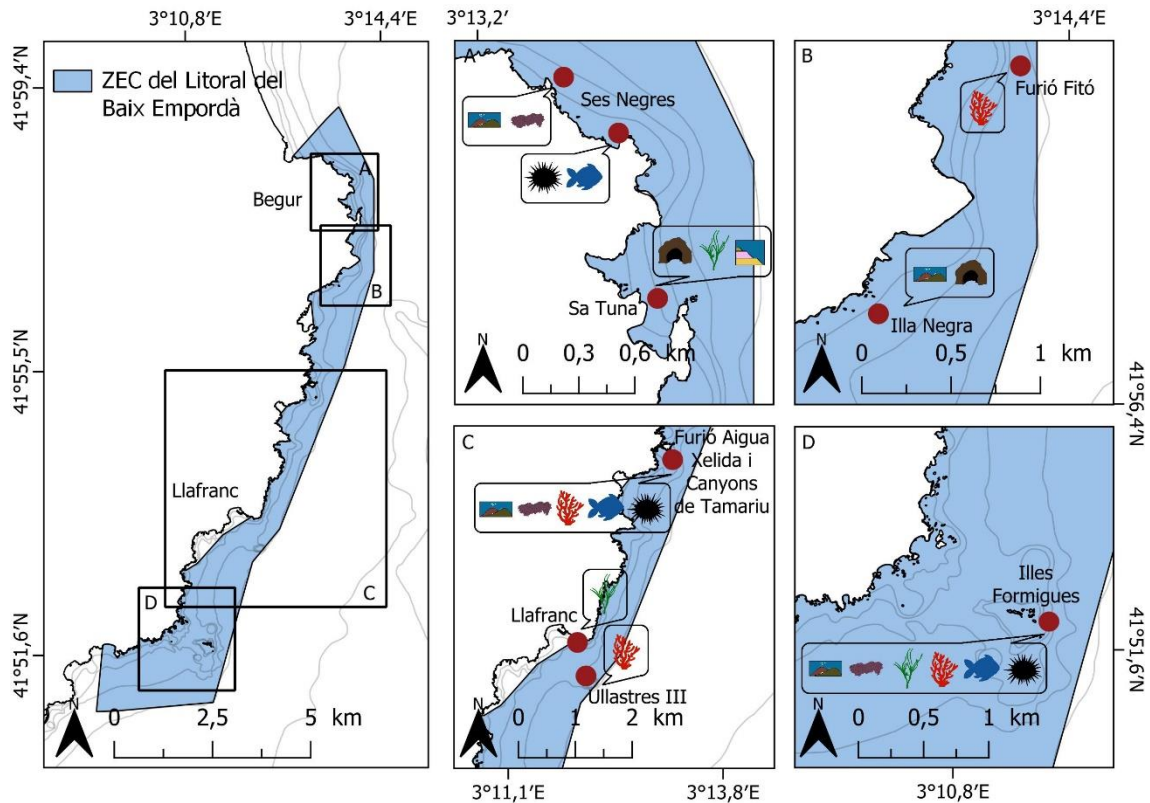


Figura 2. Mapa de les estacions dutes a terme als mostrejos amb els corresponents indicadors de la ZEC del Litoral del Baix Empordà.

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, una discussió i unes conclusions d'aquests resultats.

Fanerògames i nacres

- S'han mostrejat tres praderies de *Posidonia oceanica* distribuïdes al llarg de la ZEC del Litoral del Baix Empordà, Sa Tuna, Llafranc i Formigues.
- Les tres praderies es troben en un estat de conservació satisfactori.
- Els valors de densitat i cobertura de totes les estacions es troben dins de l'interval de referència.
- En general no s'han observat símptomes macroscòpics de degradació o d'impactes antròpics o naturals, excepte de manera puntual a Sa Tuna i Llafranc.

- A l'estació de Llafranc s'ha detectat de manera puntual certa afectació en els marges d'un clapa gran de sorra, on s'observa descalçament dels feixos i la presència de mata morta, probablement resultat de temporals passats.
- El nivell d'enterrament dels feixos (descalçament) no representa cap risc per a l'afectació de la planta, ni per excés ni per defecte.

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.

Posidonia oceanica és una espècie endèmica del Mediterrani i està àmpliament distribuïda per tot el litoral català. La reproducció sexual és a través de flors hermafrodites que s'agrupen en una inflorescència en forma d'espiga, i la floració té lloc, principalment, entre els mesos de setembre i novembre. 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.

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). A la ZEC del Litoral del Baix Empordà trobem praderies de *P. oceanica*, així com, en menor extensió, de *C. nodosa*. Les praderies de *P. oceanica*, han estat històricament força estudiades, ja que han format part dels diferents programes de seguiment des de l'any 1997, amb la Xarxa de vigilància de la qualitat biològica dels herbassars de fanerògames marines (Renom i Romero, 2002; Submon, 2013), o amb el seguiment dels herbeis de *P. oceanica* com a indicadors de la qualitat de les aigües litorals sota la Directiva Marc de l'Aigua (Romero *et al.*, 2011). Així com més recentment dins del projecte MPA Engage (Linares *et al.*, 2020). Les praderies d'aquesta ZEC, a diferència d'altres ZECs com les del Garraf, Costes del Tarragonès o Costes del Maresme, estan majoritàriament menys exposades i es troben en cales o altres zones més o menys protegides.

Cal destacar 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.

L'objectiu del present estudi, és fer una aproximació a l'estat de conservació de les praderies de *P. oceanica* de la ZEC del Litoral del Baix Empordà 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 tres estacions distribuïdes al llarg de la ZEC del Litoral del Baix Empordà (Taula 2, Figura 3). Les estacions de Sa Tuna i de Llafranc s'han seleccionat seguint la disponibilitat de dades històriques d'altres estudis realitzats anteriorment (Romero *et al.*, 2011). L'estació Formigues, al no disposar de dades prèvies, s'ha seleccionat en base a la cartografia disponible a la web de la Generalitat (<https://agricultura.gencat.cat>). Les estacions es troben a profunditats entre 14 i 17 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 tres dies de campanya, concretament el 4, 5 i 6 de juliol del 2023, amb un equip de cinc persones, quatre bussejadors i un barquer, i mitjançant busseig amb escafandre autònom.

Taula 2. Estació mostrejada en el seguiment de la ZEC del Litoral del Baix Empordà. Fondària: fondària en metres.

Espècie	Estació	Data mostreig	Fondària (m)
<i>P. oceanica</i>	Sa Tuna	04/07/2023	14-15
<i>P. oceanica</i>	Llafranc	05/07/2023	16
<i>P. oceanica</i>	Formigues	06/07/2023	16-18

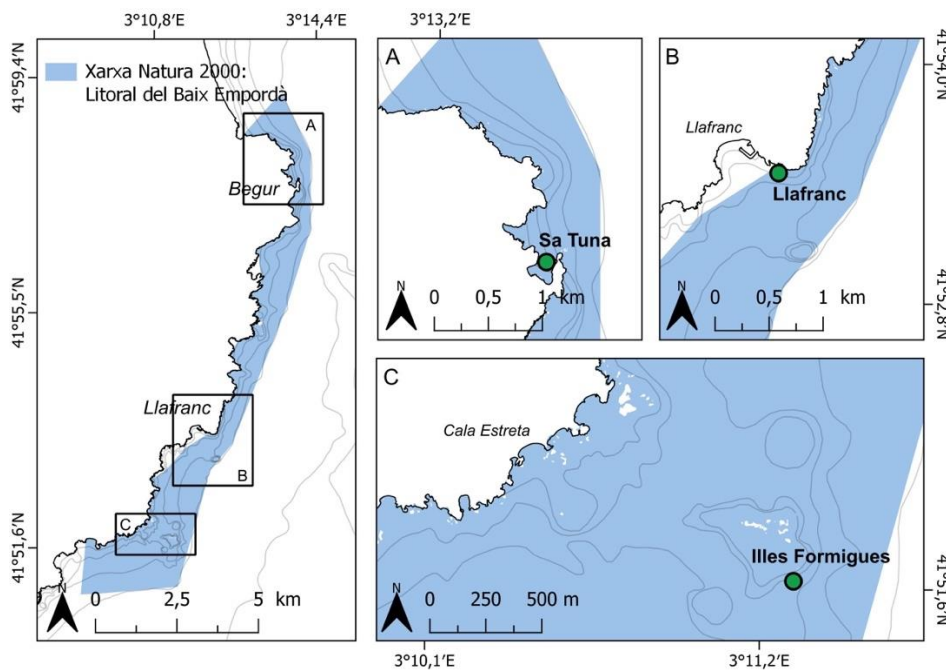


Figura 3. Localització de les estacions de mostreig de *Posidonia oceanica* a la ZEC del Litoral del Baix Empordà.

Metodologia de mostreig

El mostreig s'ha realitzat mitjançant dues aproximacions complementàries, una de qualitativa i l'altra quantitativa. En la primera, s'anoten diferents observacions més o menys extensives relacionades amb l'aspecte general de la praderia, de la seva comunitat o aspectes relacionats amb possibles pertorbacions. La segona consisteix en l'adquisició de dades quantitatives sistemàtiques, en el nostre cas sobre densitat, cobertura i enterrament.

Pel seguiment de la praderia de *P. oceanica*, s'ha utilitzat el mètode aplicat pel nostre equip de treball en el seguiment de les praderies de *P. oceanica* en els Parcs Naturals de Cap de Creus i del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter (Sanmartí *et al.*, 2023), que a la vegada és una simplificació del mètode desenvolupat pel mateix 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 en el context de la Directiva Marc de l'Aigua (Romero *et al.*, 2007).

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, si n'hi ha. 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. En el passat, també es parava especial atenció i es feien censos de les poblacions de la nacra *Pinna nobilis*. Ara bé, a finals del 2016 aquesta espècie va experimentar una mortalitat massiva al Mediterrani i que actualment es troba pràcticament extingit a les nostres aigües. L'interès en conservació d'aquest mol·lusc, com espècie emblemàtica i protegida, fa que obtenir informació sobre possibles individus supervivents sigui una oportunitat. Finalment, es realitzen anotacions relacionades amb possibles pertorbacions, com ara el colgament per sorra o l'excessiva exposició dels feixos, la presència de feixos arrencats, l'observació d'impactes mecànics (zones mortes), presència de deixalles, etc.

Aproximació quantitativa

A cada estació de mostreig es prenen mesures de tres variables relacionades amb la vitalitat o estat de la praderia: la densitat, la cobertura i l'enterrament de feixos.

Densitat

La densitat és el nombre de feixos per unitat de superfície. Els feixos de *P. oceanica* 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 total 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. 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*) viva, és a dir, el quocient (com a percentatge) entre la superfície ocupada per la planta viva i la superfície ocupada per la planta més la no vegetada, habitualment clapes o clarianes de sorra, mata morta en el cas de *P. oceanica*, Romero, 1986. Igual que la densitat, la cobertura (entre 0%, absència total de plantes i 100%, tot el substrat vegetat) 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 transsectes 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 transsecte 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 transsecte és recorregut per dos bussejadors, que, de manera independent, estimen visualment la cobertura (en percentatge) en cada subquadrat, de manera que a cada transsecte 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 clapes (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 transsecte obtingudes per cadascun dels dos bussejadors, i finalment es calcula la mitjana entre els dos bussejadors per obtenir un valor únic per transsecte. El valor per l'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 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.

Enterrament

L'enterrament d'un feix és la distància vertical entre la superfície del sediment i la lígula (sutura en forma de mitja lluna entre el limbe i el pecíol) de la seva fulla més externa. Quan la lígula està per sota la superfície del sediment (base dels feixos enterrada) considerem aquest valor negatiu, i quan la trobem per sobre (base dels feixos descalçada), positiu. Cal parar atenció a la dita nomenclatura (enterrament positiu vol dir en realitat desenterrament o descalçament), que no és intuïtiva, però que es conserva per una mena de tradició científica, i sobretot per coherència amb altres treballs anteriors. Aquesta variable indica si l'herbei està sotmès a un dèficit o a un excés de sediments. Per alguns autors, també, una major exposició (descalçament) dels rizomes pot implicar una major sensibilitat a les perturbacions mecàniques, com el fondeig o els temporals (Francour *et al.*, 1999).

L'enterrament es determina mitjançant un regle graduat, en un feix escollit a l'atzar dins de cada subquadrat de cada recompte de densitat (vegeu apartat sobre densitat); s'obtenen per tant 40 mesures per punt de mostreig o subestació, que corresponen a 10 rèpliques (els quadrats) amb quatre submostres per rèplica, de les quals es calcula la mitjana. Per tant, el nombre final de rèpliques és de 10 per punt de mostreig o subestació.

Anàlisi de les dades

La variabilitat en les dades entre estacions de les variables mesurades, densitat, cobertura i enterrament, ha estat avaluada mitjançant tècniques d'anàlisi de la variància d'un factor (estació), i aplicant, en cas de resultar significatiu, el test post-hoc de Tukey per esbrinar entre quines subestacions apareixien les diferències.

Resultats

Aproximació qualitativa

Les praderies de *P. oceanica* mostrejades en aquesta ZEC són força variables entre si, tant pel que fa al tipus substrat on es troben com a la macroestructura, així com per les pressions a les quals estan sotmeses.

La praderia mostrejada a l'estació Sa Tuna es troba a la banda est de la cala, és allargada, paral·lela a la costa i se situa a una profunditat entre 13,5 i 15 m, amb força inclinació. És una praderia contínua amb clapetes mitjanes (1-5 m de diàmetre) i grans (> de diàmetre) sobre un substrat mixt de sorres mitjanes, gruixudes i graves (Figura 4a, b). Aquesta praderia està delimitada per roca (part superficial) i per sorra, grava i cascals (part profunda). S'han observat feixos arrencats solts moderadament abundants. Pel que fa a altres espècies associades, s'ha observat força abundància de l'alga esciòfila *Peyssonnelia rubra* a la base dels feixos i en algunes clarianes de sorra holotúries (*Holothuria spp.*), tot i que poc abundants. Cal destacar la presència d'una petita taca (0,25 m²) poc densa de *Caulerpa cylindracea* dins d'una clapa de sorra, pedres i mata. A més, també s'han observat dos fondejos amb mort de ciment i boia intermèdia enmig de la praderia i dos fondejos ecològics (vegeu capítol 'Prospeccions'). No s'ha trobat cap deixalla.

La praderia de l'estació Llafranc mostrejada es troba a la banda nord de la cala, paral·lela a la costa i a una profunditat entre 15,5 i 16,5 m amb força inclinació que fa que ràpidament incrementi la profunditat a mesura que ens allunyem de la costa. És una praderia contínua amb clapetes mitjanes (1-5 m de diàmetre) i grans (>5 m de diàmetre) sobre un substrat mixt de sorres mitjanes, graves i alguns blocs de roca (Figura 4c, d). Pel que fa a les espècies associades, observem *Peyssonnelia rubra* a la base dels rizomes en abundància, l'alga verda *Valonia utricularis*, i la garota comú *Paracentrotus lividus* i la garota violeta *Sphaerechinus granularis*, tot i que poc abundants. També s'observa força abundància de xucles. Cal destacar que en una zona on hi ha una clariana gran s'observa un marge força erosionat amb una alçada de 0,5 m, que deixa els rizomes i arrels visibles i en alguns casos els feixos molt descalçats. També observem un llarg esglaó de posidònia descalçada en direcció a l'interior de la cala d'un metre aproximadament d'alçada. La praderia mostrejada a l'estació Formigues es troba a la cara externa de les illes Formigues. És una petita praderia estreta i allargada, envoltada de roca a banda i banda, que s'estén amb força inclinació, perpendicularment a les illes cap al fons en direcció est. El mostreig es realitza entre 15 i 17 m de profunditat. Es tracta d'una praderia discontinua sobre substrat de roca (Figura 4e, f). Pel que fa a les espècies associades, observem *Peyssonnelia rubra* a la base dels rizomes, tot i que poc abundant i garotes (*P. Lividus*) també escasses.

La praderia mostrejada a l'estació Formigues es troba a la cara externa de les illes Formigues. És una petita praderia estreta i allargada, envoltada de roca a banda i banda, que s'estén amb força inclinació, perpendicularment a les illes cap al fons en direcció est. El mostreig es realitza entre 15 i 17 m. Es tracta d'una praderia discontinua sobre substrat de roca. Pel que fa a les espècies associades, observem *Peyssonnelia rubra* a la base dels rizomes, tot i que poc abundant i garotes (*P. Lividus*) també mols escasses.

En cap de les praderies s'ha trobat cap individu de nacra (*Pinna nobilis*), ni cap resta de les valves mortes.

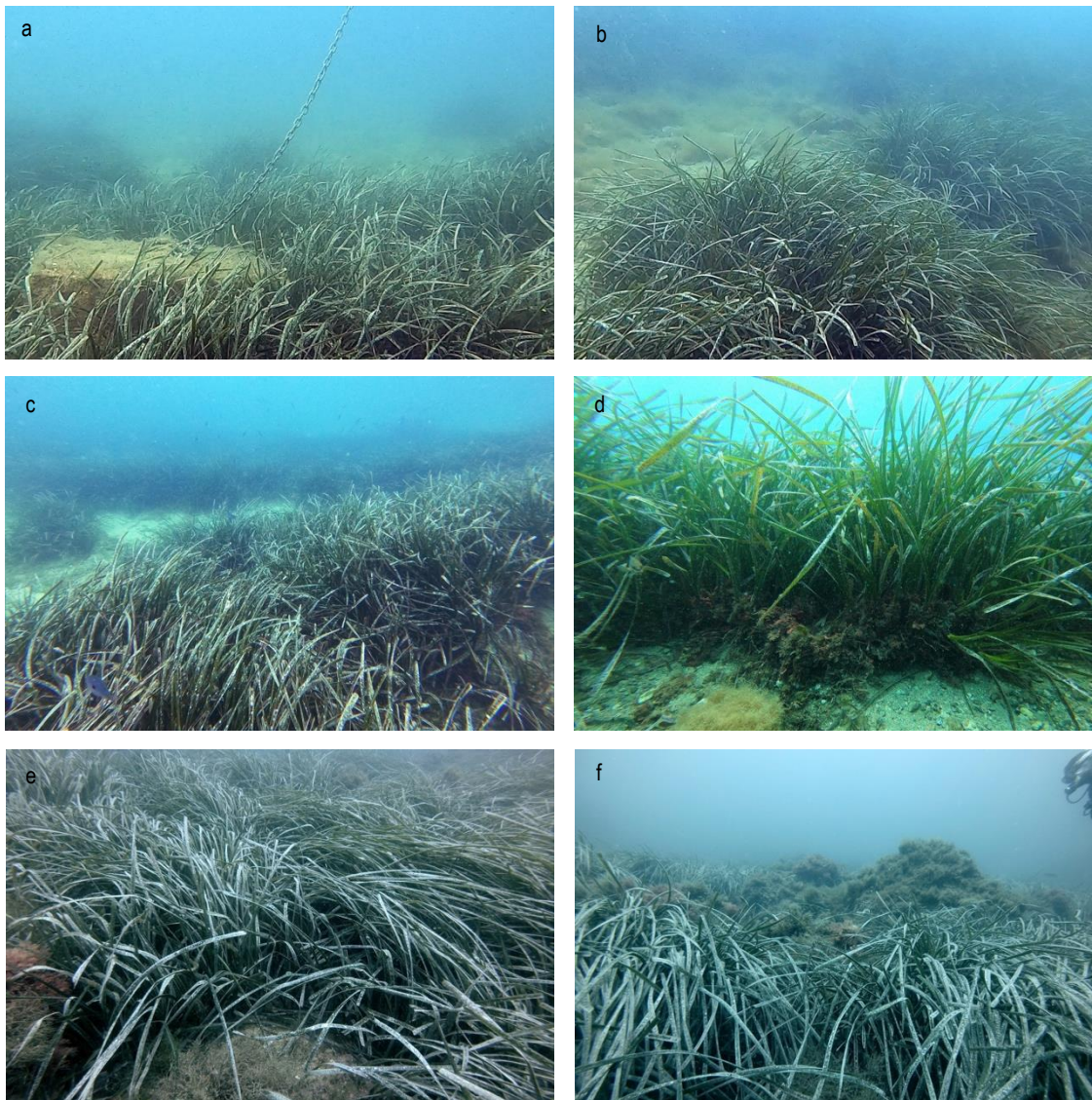


Figura 4. Imatges de les praderies de *Posidonia oceanica* de les diferents estacions de la ZEC del Litoral del Baix Empordà. a-b) Sa Tuna, c-d) Llafranc, e-f) Formigues

Aproximació quantitativa

Densitat

Els valors de densitat de *P. oceanica* obtinguts en les praderies de Sa Tuna, Llafranc i Formigues són molt semblant i oscil·len entre 228 i 254 feixos m⁻² (Taula 3, Figura 5).

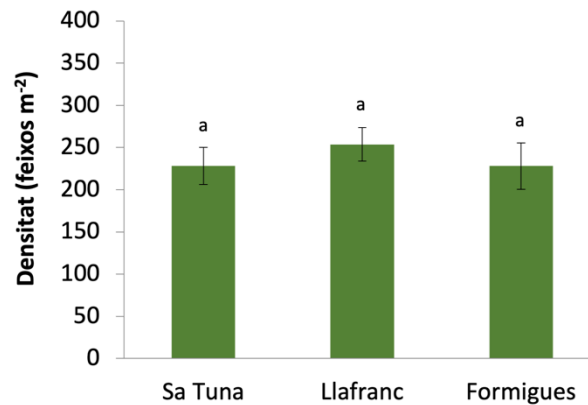


Figura 5. Densitat (en feixos m⁻²) de *Posidonia oceanica* en les diferents estacions mostrejades. Les barres indiquen l'error estàndard, i les barres amb la mateixa lletra no difereixen significativament entre elles.

Cobertura

Els valors de cobertura es troben entre 32 i 43 % (Taula 3, Figura 6).

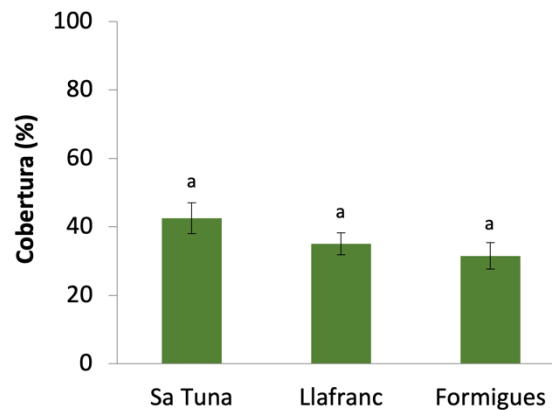


Figura 6. Cobertura (en %) de *Posidonia oceanica* en les diferents estacions mostrejades. Les barres indiquen l'error estàndard, i les barres amb la mateixa lletra no difereixen significativament entre elles.

Enterrament

Els valors mitjans d'enterrament obtinguts han estat, en tots els casos, positius, d'entre $6 \pm 0,3$ cm i $5,1 \pm 0,5$ cm. (Taula 3, Figura 7), el que indica que les plantes de les estacions prospectades estan, molt majoritàriament, amb els pecíols de les fulles fora del sediment i que no es produeixen situacions de colgament dels feixos, llevat de casos molt puntuals.

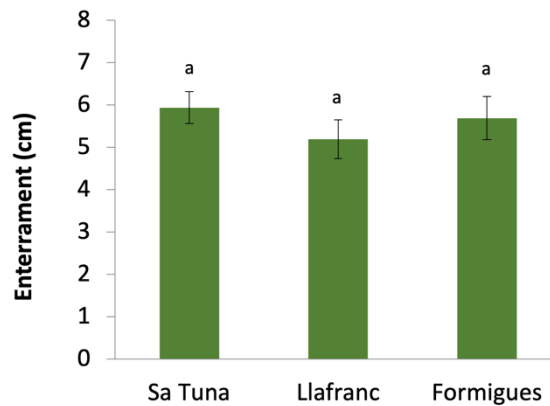


Figura 7. Enterrament (en cm) de *Posidonia oceanica* en les diferents estacions mostrejades. Les barres indiquen l'error estàndard, i les barres amb la mateixa lletra no difereixen significativament entre elles.

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

Estació	Densitat (feixos/ m ²)		Cobertura (%)		Enterrament (cm)	
	\bar{y}	ES	\bar{y}	ES	\bar{y}	ES
Sa Tuna	228	21,8	43	4,5	+6	0,38
Llafranc	254	19,8	35	3,2	+5	0,45
Formigues	228	27,5	32	3,9	+6	0,51

Discussió

Els resultats obtinguts mostren que totes les praderies mostrejades en aquesta ZEC estan en un estat de conservació satisfactori.

Aspectes metodològics

En conjunt, la realització de la campanya 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 el seu nombre suficient per proporcionar una visió global de les praderies d'aquesta ZEC. Les variables utilitzades en la praderia de *P. oceanica* (densitat i cobertura), són les més comunes, tant a altres treballs semblants del nostre equip (Sanmartí *et al.*, 2023) com a la bibliografia en general (Pergent *et al.*, 1995, Boudouresque *et al.*, 2006), juntament amb la cinètica del límit inferior (no analitzada en aquest estudi). Pel que fa a les mesures d'enterrament, les considerem adequades per complementar la informació de les variables de densitat i cobertura, i 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 perturbacions mecàniques, com ara el fondeig o temporals (Francour *et al.*, 1999).

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 estàndard 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, 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.

És important recordar que, per realitzar estudis de seguiment de praderies de fanerògames marines, s'hauran de fer els mostrejos sempre en la mateixa època de l'any perquè siguin comparables.

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

Per avaluar l'estat actual de conservació de les praderies de *P. oceanica* de la ZEC del Litoral del Baix Empordà, s'han tingut en compte els resultats obtinguts tant de l'aproximació qualitativa com quantitativa.

Pel que fa a les observacions qualitatives de les praderies mostrejades, destaquem l'aparença general típica d'unues estacions de profunditat i l'absència generalitzada de símptomes macroscòpics de degradació o d'impactes antròpics o naturals (feixos arrencats, deixalles, impactes mecànics, colgament o excessiva exposició dels feixos).

La valoració quantitativa de l'estat de les praderies d'aquesta ZEC es fa seguint el mateix procediment establert en el seguiment de *P. oceanica* als Parcs Naturals de Cap de Creus i del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter (Sanmartí *et al.*, 2023). 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) per densitat i cobertura. 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'aquestes dues variables, associada a factors que van de l'escala local (com ara la fondària, el grau d'exposició 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.

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
Proposta interval	250-400	25-40

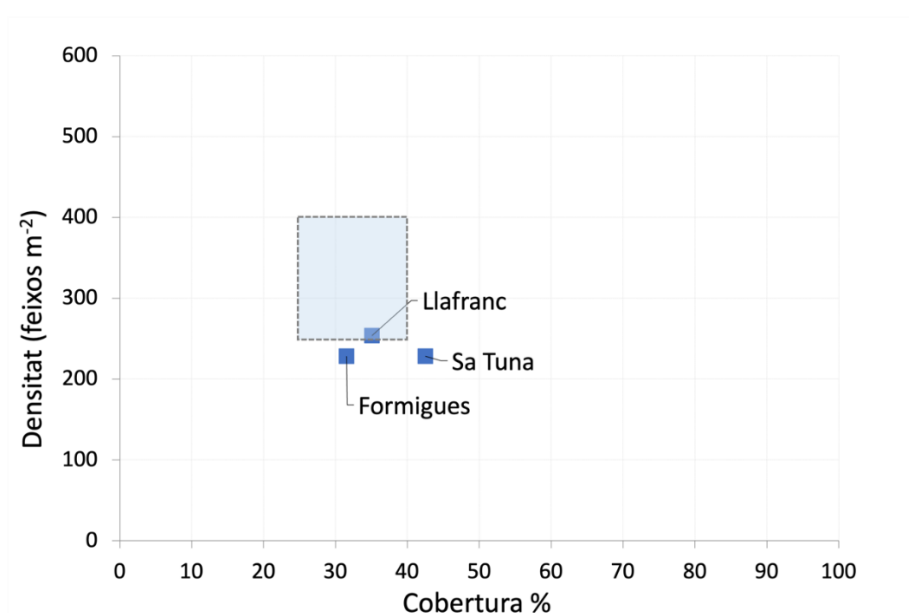


Figura 8. Representació conjunta dels valors de densitat (eix vertical) i dels de cobertura (eix horitzontal), per a l'estació de *Posidonia oceanica* de la ZEC del Litoral del Baix Empordà. S'ha representat també els valors de referència, en forma d'interval, que correspon al quadrat dibuixat en traç discontinu i ombrejat.

A la ZEC del Litoral del Baix Empordà, les tres estacions mostrejades presenten valors de densitat i cobertura que es troben dins de l'interval de referència (Figura 8). Malgrat alguns valors tendeixen a estar lleugerament per sota o per sobre de l'interval (Sa Tuna i Formigues), aquestes diferències no són significatives. Tenint també en compte la valoració qualitativa, que indica l'absència generalitzada de perturbacions o símptomes de degradació en les estacions mostrejades, podem considerar que les tres praderies presenten un estat de conservació satisfactori.

En general, els valors obtinguts en aquest estudi són semblants als valors històrics de densitat i cobertura, com és el cas de Sa Tuna (Taula A2). En aquest sentit, cal destacar que aquesta estació, que ha format part de la Xarxa de seguiment de *P. oceanica* com a bioindicadora de la qualitat de l'aigua, ha mostrat un estat ecològic, segons la classificació definida per la Directiva

Marc de l'Aigua, majoritàriament bo o molt bo entre el 2003 al 2010 (Romero *et al.*, 2010). Pel que fa a l'estació de Llafranc, les dades històriques obtingudes en la Xarxa i corresponents al mateix punt de mostreig, tendeixen a mostrar valors de densitat (entre 157 i 271 feixos m²) i cobertura (entre 24 i 31%) més baixos que els obtinguts enguany. Llafranc podria estar mostrant una lleugera tendència a la millora, fet que s'haurà d'anar confirmant en futurs mostrejos. En el cas de l'estació Formigues, no disposem de dades històriques per poder comparar els valors de densitat i cobertura, tot i que, tot indica a pensar que la naturalesa del substrat rocós on creix la praderia, podria influenciar en aquests valors i per tant, la densitat en el rang baix de l'interval, vindria donada per les característiques rocoses del substrat on es troba. Caldrà veure quina és l'evolució d'aquestes variables en un futur.

A banda de l'estat saludable de les zones mostrejades, cal destacar alguns aspectes negatius de l'estació de Llafranc. S'ha observat certa degradació en els marges d'alguna clapa gran de sorra propera a la zona de mostreig, on s'observa un descalçament dels feixos i una notable presència de mata morta. A més, s'ha detectat un esglaó erosionat perpendicular a la cosa d'un metre d'alçada. Aquest conjunt d'afectacions no s'observen en el conjunt de la praderia, sinó que es localitzen en zones puntuals. Tampoc sembla que siguin recents i podrien atribuir-se a l'efecte de temporals passats, potser el de Sant Esteve de l'any 2008 o el Glòria del 2020, o fins i tot temporals anteriors. Serà important fer un seguiment de l'estat de l'estructura d'aquesta praderia i veure com evoluciona en el temps.

Finalment, cal mencionar que el nivell d'enterrament dels feixos és correcte. Aquesta variable pot ser indicadora d'un moviment de sediment, que pot provocar desenterrament i exposició dels rizomes, amb més riscos de trencament (Cabaço *et al.*, 2008) o colgament i mort per sensibilitat dels meristems (Gera *et al.*, 2014). En el cas de les estacions Sa Tuna, Llafranc i Formigues, trobem uns valors de descalçament dels feixos entre +5 i +6 cm, xifres semblants a altres praderies profundes, i molt allunyats dels dels valors d'enterrament que poden suposar un risc d'afectació de la planta (-4 cm, Gera *et al.*, 2014).

Conclusions

Les tres praderies mostrejades, Sa Tuna, Llafranc i Formigues, es troben en un estat de conservació satisfactori.

Els valors de densitat i cobertura de totes les estacions mostrejades es troben dins de l'interval de referència.

En les zones mostrejades no s'han observat símptomes macroscòpics de degradació o d'impactes antròpics o naturals, excepte algun impacte detectat a Sa Tuna i Llafranc.

A l'estació de Llafranc, s'ha detectat de manera puntual certa afectació en els marges d'una clapa gran de sorra, on s'observa descalçament dels feixos i la presència de mata morta, probablement resultat de temporals passats.

El nivell d'enterrament dels feixos (descalçament) no representa cap risc per a l'afectació de la planta, ni per excés ni per defecte.

Annex

Taula A1. Descripció dels diferents procediments utilitzats per a l'obtenció dels valors de referència de densitat i cobertura.

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 A2. Valors de densitat (feixos m⁻²) i cobertura (%) a la ZEC del Litoral del Baix Empordà en diferents anys i segons els diferents autors.

Estació	Estudi	Any	Profunditat (m)	Densitat		Cobertura	
				(feixos/ m ²)	± SE	(%)	± SE
Sa Tuna	Romero <i>et al.</i> , 2010	2003	13-14	275	20	14	3
		2005	13-14	252	34	31	4
		2008	13-14	259	27	24	4
		2010	13-14	290	21	37	5
	Ramis <i>et al.</i> , 2024	2023	14-16	170	12	40	4
Llafranc	Romero <i>et al.</i> , 2010	2003	15-16,5	271	15	24	2
		2005	15-16,5	157	19	29	1
		2008	15-16,5	166	23	26	2
		2010	15-16,5	195	18	31	3
	Renom i Romero, 2010	1998	23,5	134	9	31	5
		1999	23,5	156	17	13	3
		2000	23,5	175	18	19	3
		2001	23,5	178	19	13	3
	Submon, 2013	2003	12	214	19	32	6
		2005	12	436	28	52	4
		2006	12	471	34	60	4
		2010	12	152	32	55	6
		2011	12	135	22	38	5
		2013	12	242	22	52	5
	Ramis <i>et al.</i> , 2024	2023	15-17	239	22	25	6

Comunitats de peixos

- La Zona d'Espècial Conservació del Litoral del Baix Empordà mostra un elevat nombre d'espècies de peixos a les estacions mostrejades en aquesta ZEC; tot i això, els índexs de diversitat indiquen que són zones, en general, poc diverses.
 - Només s'ha observat una espècie altament vulnerable a la pesca, un individu d'orada de mida petita (26 cm) a l'estació d'Aigua Xelida.
 - A l'estació de Ses Negres, situada dins de la Reserva Marina on no s'hi pot dur a terme cap tipus d'extracció, s'han observat comunitats força empobrides pel que fa als valors de densitats i biomasses de peixos.
- S'han observat valors de densitat i biomassa més elevats a les zones no protegides.
 - Tot i que el Litoral del Baix Empordà presenta l'hàbitat idoni per al bon desenvolupament de poblacions de peixos, s'han trobat valors que disten molt d'altres zones en bon estat de conservació. És per això que es recomanen mesures de protecció en aquesta zona.

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 tenen una història de vida lenta, amb un creixement lent i taxes de reproducció 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 Àrees Marines Protegides (AMPs) han demostrat ser una eina molt efectiva per a la recuperació d'aquestes espècies sobreexplotades. Aquestes 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), tot i que altres espècies no han mostrat signes de recuperació, probablement a la mida petita de les reserves en funció del seu moviment i àrea d'hàbitat. És fonamental, doncs, conèixer quines espècies que poden quedar impactades per la pesca es recuperen o no amb la creació de les AMPs.

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.

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, sent 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.

Les Zones d'Especial Conservació (ZECs) del litoral català no estan explícitament protegides envers aquests impactes 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 anàlisi del seu estat de conservació.

La Zona d'Especial Conservació del Litoral del Baix Empordà presenta diferents impactes, especialment perquè és una zona amb una elevada pressió turística. Pel que fa a les comunitats de peixos, el principal impacte és la pesca, especialment la recreativa. Cal destacar que hi ha una petita zona al nord de la ZEC on s'ha establert la Zona vedada del Cap Negre al Pa de Pessic (Ses Negres), a la qual no s'hi permet cap

tipus de pesca, la recol·lecció de fauna i/o flora, la immersió amb escafandre autònoma, l'ancoratge d'embarcacions i la navegació a més de 3 nusos (Figura 9) (Generalitat de Catalunya, 2022). En aquesta zona s'hi ha col·locat una estació de mostreig per a poder determinar si aquesta reserva té l'efecte esperat sobre les poblacions de peixos.

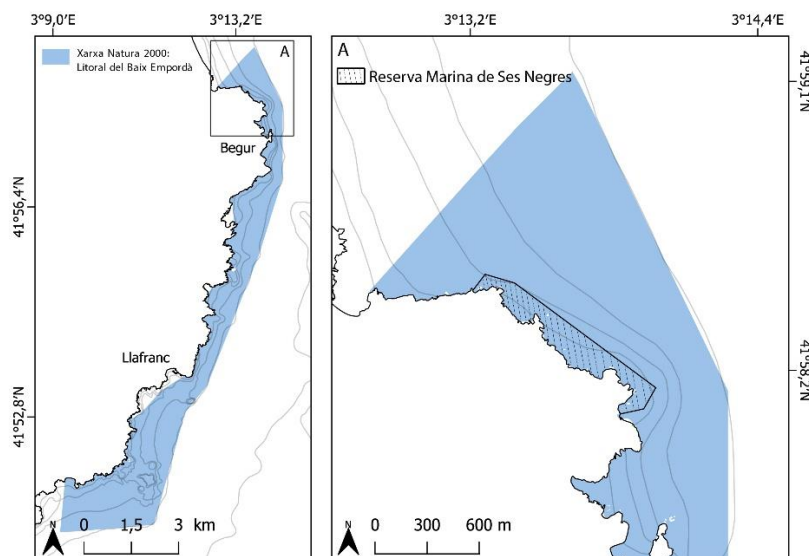


Figura 9. Mapa de la Reserva Marina de Ses negres situada a la ZEC del Litoral del Baix Empordà.

El 2017 es va crear la Taula de Cogestió Marítima del Litoral del Baix Empordà, un espai permanent de participació on es debaten i concreten propostes de gestió i ordenació dels usos i activitats en l'àmbit marí protegit inclòs dins la Xarxa Natura 2000 Litoral del Baix Empordà. En aquest espai s'elabora un Pla d'acció anual o bianual que recull les accions que es consideren prioritàries a realitzar al llarg del període escollit (www.cogestibaixemporda.org).

Material i mètodes

Disseny de mostreig

Per a l'estudi de les comunitats de peixos al Litoral del Baix Empordà es van seleccionar 3 estacions que, de nord a sud, són: Ses Negres, Aigua Xelida i Illes Formigues (Figura 10, Taula 5).

Taula 5. Estacions de mostreig de comunitats de peixos de la ZEC del Litoral del Baix Empordà de l'any 2023.

ZEC	Protecció	Estació	Fondària (m)	Tipus de fons	Data mostreig
Litoral del Baix Empordà	AMP	Ses Negres	5-7	Roca base i pedra	2023-07-04
	No-AMP	Aigua Xelida	5-7	Roca base	2023-07-05
		Illes Formigues	5	Roca base i <i>Posidonia</i>	2023-07-06

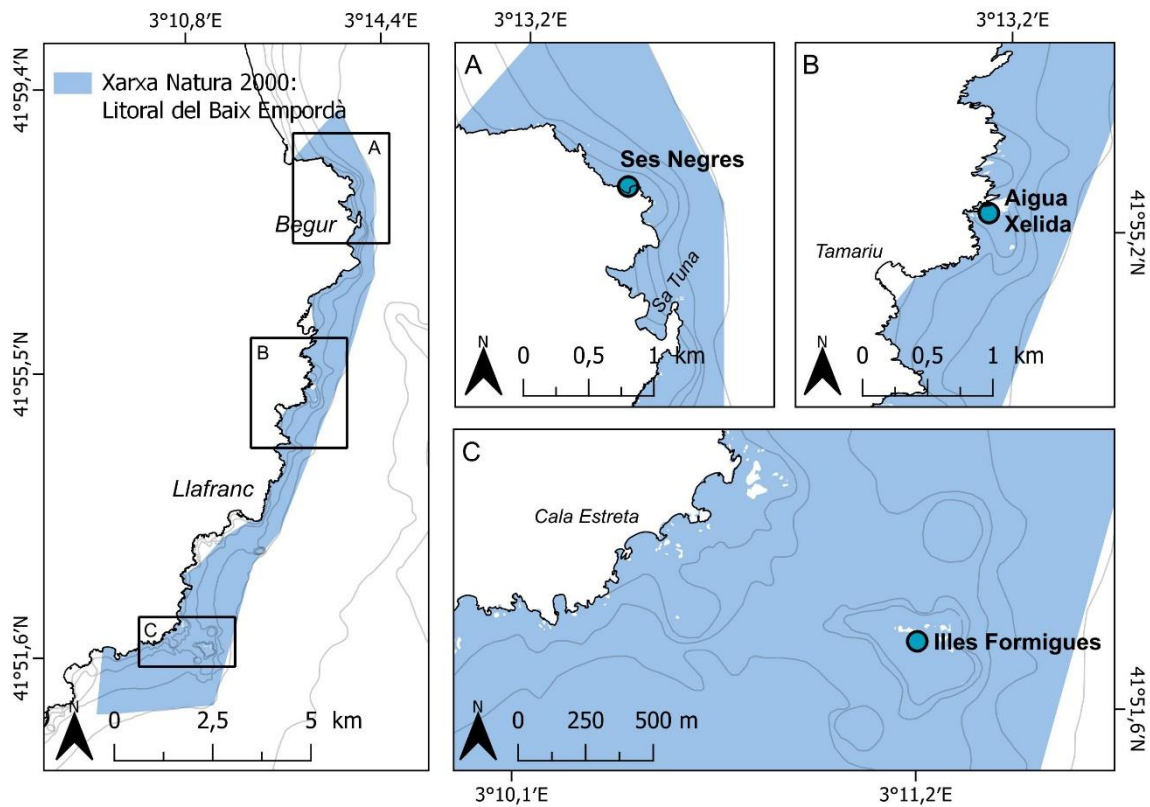


Figura 10. Mapa de les estacions de mostreig de comunitats de peixos de la ZEC del Litoral del Baix Empordà de l'any 2023.

Metodologia de mostreig

La zona de mostreig a la ZEC del Litoral del Baix Empordà s'ha escollit tenint en compte diferents criteris. D'una banda, la fondària: el tipus de mostreig de la comunitat de peixos es du a terme a una fondària d'uns 5-7 m. D'altra banda, el tipus de fons: en aquest cas s'ha mostrat sobre un fons rocós amb alguns blocs mitjans i grans (Figura 11a); cal destacar que a l'estació de les Illes Formigues els transectes passaven per algunes taques de *P. oceanica* que se situava sobre la roca base (Figura 11b).

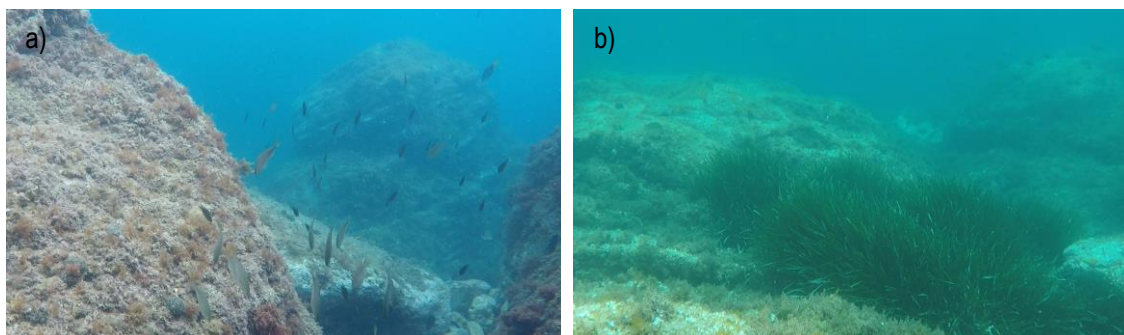


Figura 11. Fons on s'ha dut a terme el mostreig de peixos: a) Fons rocós fotòfil amb presència de blocs mitjans i grans, juntament amb roca base, i b) fons fotòfil amb roca base i presència de *P. oceanica*, a l'estació de les Illes Formigues.

Les comunitats de peixos s'estimen mitjançant censos visuals amb escafandre autònom en transectes de 50 m de llarg per 5 m d'amplada (Harmelin-Vivien *et al.*, 1985).

Pet tal de minimitzar la variabilitat degut al tipus d'hàbitat, tots els transectes es duen a terme sobre fons rocosos a una fondària mitjana de 6 metres. A més, per a reduir la possible variabilitat a petita escala, en cada un dels llocs estudiats es realitzen tres transectes de 50x5 m². A partir d'un punt donat seleccionat de forma aleatòria dins de la zona d'estudi, l'observador llança al fons un pes lligat a una cinta mètrica de 50 m de longitud que porta enganxada a l'equipament, i neda en una direcció determinada mantenint una fondària aproximada de 6 m fins a completar els 50 metres de la cinta. Durant aquest recorregut, s'identifica l'espècie i es comptabilitzen tots els individus de peixos observats que es troben dins d'una amplada de 5 m (2,5 m a cada banda del recorregut del submarinista), aconseguint així rèpliques corresponents a una superfície mostrejada de 250 m². A més, s'estima de forma visual la talla aproximada de tots els individus comptabilitzats, en classes de talla de 2 cm per als individus més petits (< 40 cm) i classes de 5 cm per a les espècies que assoleixen talles més grans (> 40 cm). En el cas d'observar moles denses de peix de la mateixa espècie que fa impossible comptabilitzar tots els individus, es fa una estima del nombre total i s'assigna a tots els individus una talla mitjana estimada.

Per evitar la variabilitat deguda al comportament circadià de les comunitats de peixos i a les condicions d'il·luminació, els censos es van dur a terme entre les 10 i les 15 h, i sempre que les condicions del mar i de visibilitat fossin favorables.

A més de les dades referents al poblament de peixos, sobre cada transecte es realitza una caracterització de l'hàbitat en base als trets més rellevants del fons (Garcia Charton i Pérez Ruzafa, 1999).

Cal aclarir que els observadors s'han centrat en l'estudi de la ictiofauna dels fons rocosos. La ictiofauna dels fons de roca és la més diversa i la que millor es pot avaluar mitjançant els inventaris visuals, que perden bona part de llur eficàcia en fons de sorra, o en l'herbei dens de *Posidonia oceànica* o *Cymodocea nodosa*, ja sigui degut a la baixa densitat i gran dispersió dels individus degut a la gran extensió d'aquests hàbitats, o bé per la seva capacitat d'amagar-se sota el dosser de fulles que els fan críptics per a l'observador (Francour, 1997; Guidetti, 2000).

Els inventaris visuals en base a transectes permeten una avaluació qualitativa i quantitativa relativament ràpida de la ictiofauna d'una zona determinada i, si bé tendeixen a subestimar les petites espècies críptiques de caràcter marcadament bentònic, la seva eficàcia en la caracterització i comparació de la ictiofauna litoral sobre substrat rocós a la Mediterrània, ha estat a bastament comprovada. En no ser un mètode de presa de dades destructiu, la seva aplicació és especialment adient en estudis relacionats amb les reserves marines.

Tots els transectes han estat filmats paral·lelament amb un sistema d'estereo-vídeo (Stereo-DOVs) pels mateixos submarinistes que realitzaven els censos. Aquestes filmacions ens permeten tenir un registre gràfic de cada cens, i ens han ajudat a determinar el nombre detallat d'individus en agrupacions nombroses i a verificar la presència d'espècies rares o que no hagin pogut ser correctament identificades als censos. No obstant, s'han analitzat les dades obtingudes mitjançant els censos visuals, tenint en compte l'esforç que requereix l'anàlisi dels vídeos, i la similitud en els resultats de les dues tècniques (Grané-Feliu *et al.*, 2019).

Anàlisi de les dades

La biomassa de les espècies estudiades a cada tram es va calcular a partir de les estimes de les talles aplicant l'equació exponencial que relaciona els dos paràmetres:

$$W=a \cdot L^b$$

on W és la biomassa, L és la longitud total de l'individu, i a i b són dos coeficients específics per a cada espècie. Els coeficients es van extreure de estudis previs realitzats al nord-oest de la Mediterrània (Morey *et al.*, 2003; Crec'hriou *et al.*, 2012) i de la base de dades FishBase (Froese i Pauly, 2018).

Amb les dades obtingudes, es van calcular diferents paràmetres per cada estació:

- **Densitat:** individus/250 m².
- **Biomassa:** g/250 m².
- **Mitjana d'espècies.**
- **Nombre d'espècies.**
- **Nombre total d'individus.**
- **Biomassa total:** g/250 m².
- **Índex de riquesa específica de Margalef:** valors per sota de 2 serien comunitats amb poca diversitat i superior a 5 amb molta diversitat.
- **Índex de diversitat de Shannon-Wiener H':** valors alts indiquen alta diversitat, mentre que valors baixos n'indiquen poca. Valors d'1 indiquen que totes les espècies tenen el mateix nombre d'individus.
- **Índex d'uniformitat de Pielou:** indica com d'igual distribuïdes estan les espècies a la comunitat. Els valors van de 0 a 1: 0 indica que no estan distribuïdes uniformement, mentre que 1 indica que estan perfectament distribuïdes.

Per analitzar diferències entre els diferents graus de protecció es va utilitzar test de Kruskal-Wallis. Per tal de veure quines espècies eren les responsables principals de les diferències observades, es va fer un anàlisi de percentatge de similituds (SIMPER). Per a analitzar si hi havia diferències qualitatives importants entre els graus de protecció es va fer un anàlisi multivariant de coordenades principals (PCoA), utilitzant la biomassa de totes les espècies censades a cada transecte. Per a l'anàlisi es va calcular una matriu de similitud basat en distàncies Bray-Curtis, amb les dades transformades logísticament per a evitar la sobrerepresentació de les espècies més comunes. Es van identificar les espècies de peixos més responsables de l'ordenació de les mostres utilitzant correlacions de Pearson entre els dos primers eixos del PCoA i la biomassa d'espècies de peixos, identificades per una correlació amb els eixos de $|r| > 0,4$.

Tots els càlculs i anàlisi estadístics han estat realitzats utilitzant el software de programari lliure "R" (R Core Team, 2017) i el paquet "vegan" per aquest mateix software (Oksanen *et al.*, 2018).

Resultats

Patró general

Enguany s'han observat un total de 24 espècies a la ZEC del Litoral del Baix Empordà, pertanyents a 7 famílies diferents; l'estació amb un major nombre d'espècies és Aigua Xelida, mentre que la que en presenta menys és Ses Negres (Taula 6).

Taula 6. Espècies observades en els mostrejos de peixos a la ZEC del Litoral del Baix Empordà de l'any 2023.

Família	Espècie	AMP		
		Ses Negres	Aigua Xelida	No-AMP Illes Formigues
Bleniidae	<i>Parablennius garttorigine</i>	-	+	-
	<i>Coris julis</i>	+	+	+
	<i>Labrus merula</i>	+	+	+
	<i>Labrus viridis</i>	-	+	-
Labridae	<i>Symphodus mediterraneus</i>	+	+	+
	<i>Symphodus ocellatus</i>	+	+	+
	<i>Symphodus roissali</i>	-	-	+
	<i>Symphodus tinca</i>	-	+	-
	<i>Thalassoma pavo</i>	+	+	+
Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i>	+	+	+
Muraenidae	<i>Muraena helena</i>	+	-	-
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i>	+	+	+
Serranidae	<i>Serranus cabrilla</i>	+	+	+
	<i>Serranus scriba</i>	+	+	+
Sparidae	<i>Boops boops</i>	-	+	-
	<i>Diplodus annularis</i>	-	+	+
	<i>Diplodus puntazzo</i>	-	+	-
	<i>Diplodus sargus</i>	+	+	+
	<i>Diplodus vulgaris</i>	+	+	+
	<i>Oblada melanura</i>	+	+	+
	<i>Pagellus erythrinus</i>	-	+	-
	<i>Sarpa salpa</i>	+	+	+
	<i>Sparus aurata</i>	-	+	-
	<i>SpondylIOSoma cantharus</i>	-	+	-
Total		14	22	15

El nombre mitjà d'espècies observades per transsecte no varia significativament entre les diferents estacions mostrejades ($X=2,40$, $p\text{-valor}=0,3$), ni tampoc s'han trobat diferències entre l'AMP de Ses Negres i la resta d'estacions no protegides ($X=1,80$, $p\text{-valor}=0,18$) (Figura 12).

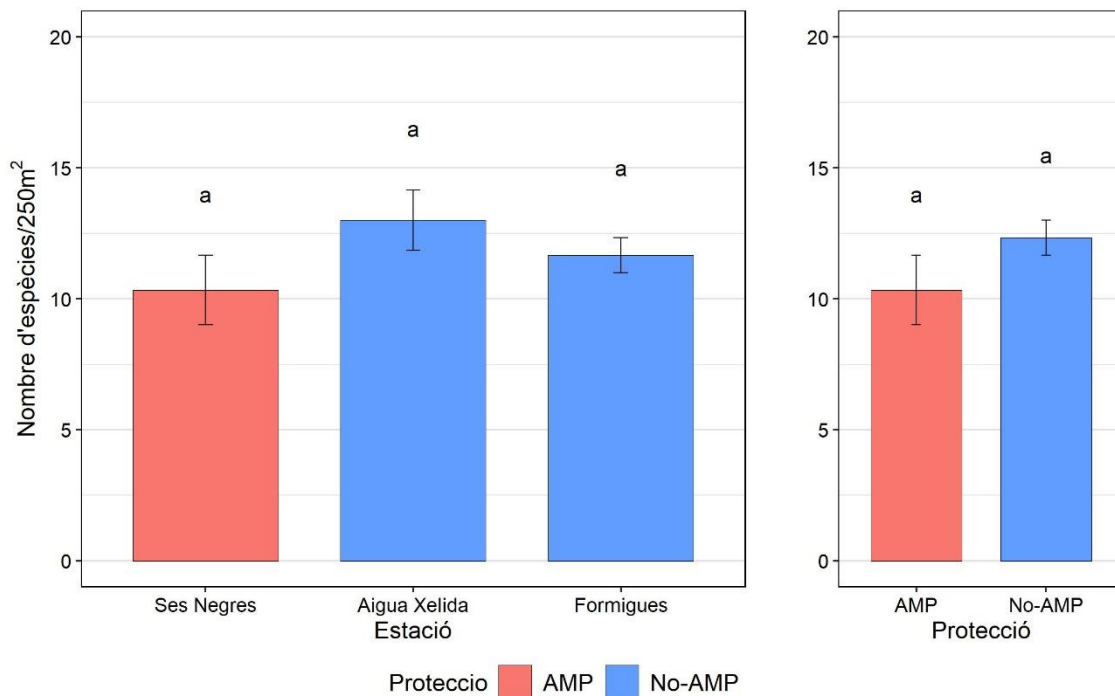


Figura 12. Nombre mitjà d'espècies observades per tram (mitjana \pm error estàndard) a cada estació (esquerra) i grau de protecció (dreta) a la XEC del Litoral del Baix Empordà. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p -valor $< 0,05$) segons el test de Bonferroni. Grau de protecció: Àrea Marina Protegida (AMP) i No Àrea marina Protegida (No-AMP).

Pel que fa a l'anàlisi de l'abundància del conjunt d'espècies observades, veiem que hi ha algunes diferències. D'una banda, la densitat entre estacions no mostra diferències significatives ($X=4,62$, p -valor= $0,1$). Malgrat es vegi una densitat molt elevada a l'estació d'Aigua Xelida, aquesta presenta molta variabilitat entre transsectes, amb un error estàndard molt elevat, que fa disminuir la significació del test. Tot i això s'observen diferències entre graus de protecció, sent significativament superior la densitat a la zona no protegida ($X=4,27$, p -valor $<0,05$).

Fent l'anàlisi dels valors de biomassa entre estacions s'observen diferències significatives entre les estacions de Ses Negres i Aigua Xelida, obtenint la segona un valor més elevat, mentre que l'estaciuo de Illes Formigues es troba en valors entremitjos, sense mostrar diferències significatives amb cap de les dues altres estacions ($X=5,07$, p -valor= $0,08$; Test Bonferroni Ses Negres vs. Aigua Xelida p -valor $<0,05$). També es troben diferències significatives entre la biomassa dels dos graus de protecció, tenint un valor més elevat la zona no protegida ($X=4,27$, p -valor $<0,05$) (Figura 13).

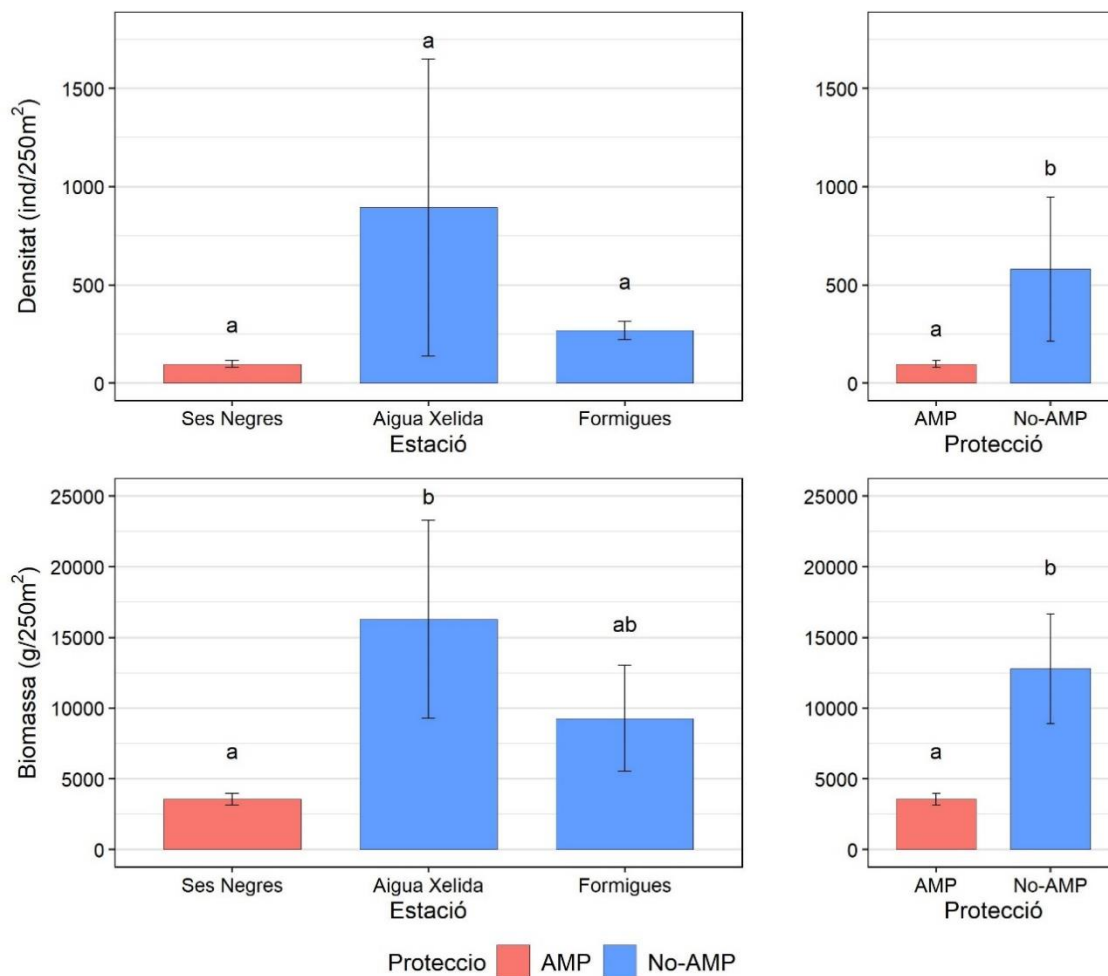


Figura 13. Densitat (dalt) i biomassa (baix) de totes les espècies (mitjana \pm error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) a la ZEC del Litoral del Baix Empordà. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p -valor $<$ 0,05) segons el test de Bonferroni. Grau de protecció: Àrea Marina Protegida (AMP) i No Àrea marina Protegida (No-AMP).

S'observa que les estacions mostrejades presenten valors que mostren unes comunitats poc diverses pel que fa al nombre d'espècies, ja que els valors de l'índex de Margalef es troben al voltant de 2. L'estació menys diversa és Illes Formigues mentre que la més diversa és Aigua Xelida. No obstant, tenint en compte l'abundància relativa de cada espècie, l'índex de Shannon-Wiener ens mostra una menor diversitat a Aigua Xelida, ja que en aquesta estació l'abundància de les diferents espècies és poc homogènia i poques espècies acumulen la major part de la biomassa, tal com indica l'índex de Pielou (Taula 7).

Taula 7. Valors dels paràmetres de diversitat i abundància de la comunitat de peixos observats a les diferents estacions de la ZEC del Litoral del Baix Empordà. Es mostra el nombre total d'espècies observades, la mitjana del nombre d'espècies, individus i biomassa observat per transecte, de riquesa específica de Margalef, l'índex de diversitat de Shannon-Wiener H' i l'índex d'uniformitat de Pielou.

Estació	Protecció	Total espècies	Mitjana espècies	Nombre mitjà individus	Biomassa mitjana	Margalef	Shannon	Pielou
Ses Negres	AMP	14	10,33	97,33	3.560,15	2,29	1,74	0,66
Aigua Xelida	No-AMP	22	13,00	893,00	16.282,36	2,66	0,99	0,32
Illes Formigues	No-AMP	15	11,67	267,67	9.270,72	2,09	1,67	0,62

Anàlisi per estació

Ses Negres

En aquesta estació, situada al nord del Litoral del Baix Empordà, s'hi ha observat 14 espècies, pertanyents a 6 famílies diferents. L'espècie amb una densitat més elevada és *C. chromis*, seguida de *D. vulgaris* i *S. salpa*. La resta d'espècies presenten valors inferiors a 10 ind/250 m² (Figura 14a, Taula 8). Pel que fa a les famílies, la més abundant són els espàrids (Sparidae), seguida dels pomacèntrids (Pomacentridae) (Figura 14b).

En termes de biomassa, l'espècie amb un valor més elevat és *D. vulgaris*, seguida de *S. Salpa* i *D. sargus* (Figura 14c, Taula 8). Agrupant per famílies, la que mostra una major biomassa són els espàrids (Sparidae), molt per sobre de la resta (Figura 14d).

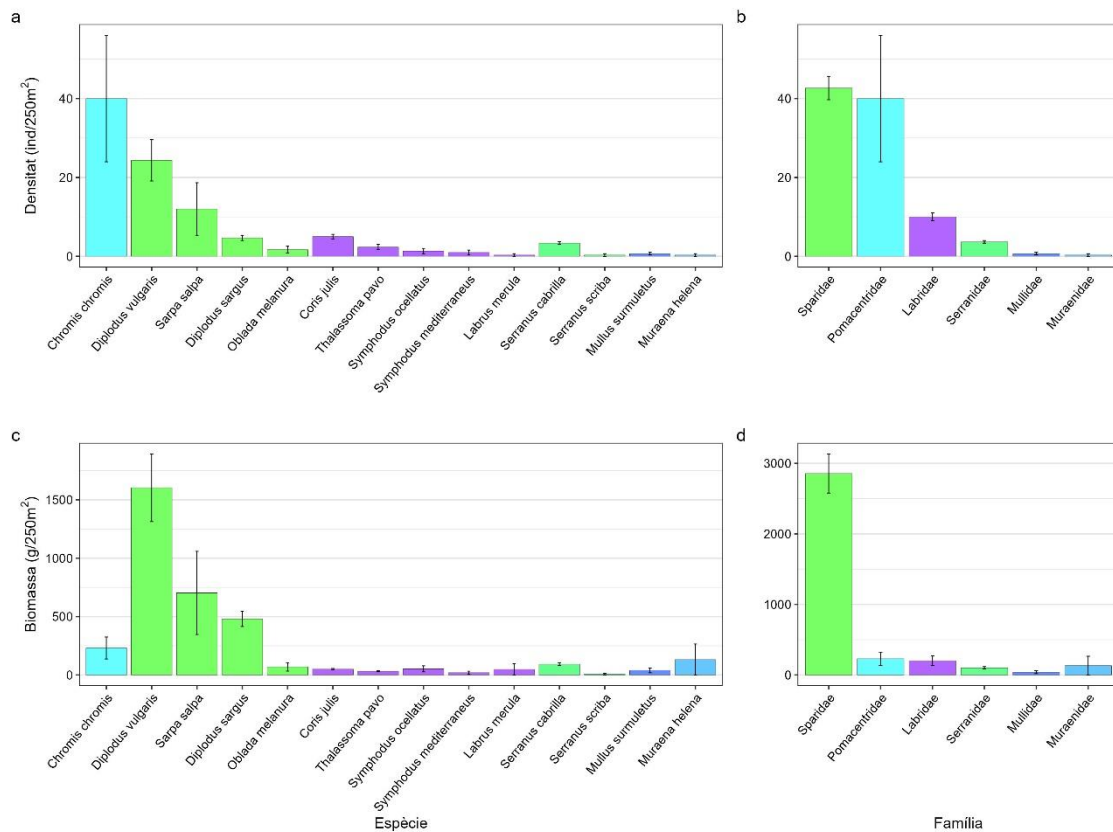


Figura 14. Densitat (mitjana i \pm error estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i \pm error estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d), observades a l'estació de Ses Negres. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

Taula 8. Mitjanes de densitat (ind/250 m²) i biomassa (g/250 m²) de cada espècie de l'estació de Ses Negres a la ZEC del Litoral del Baix Empordà de l'any 2023. Els valors destacats en negreta corresponen als més elevats de cada espècie, ja sigui pel que fa a la densitat o a la biomassa.

Família	Espècie	Densitat (ind/250 m ²)		Biomassa (g/250 m ²)	
		Mitjana	ES	Mitjana	ES
Labridae	<i>Coris julis</i>	5,00	0,58	50,22	5,60
	<i>Labrus merula</i>	0,33	0,33	47,96	47,96
	<i>Symphodus mediterraneus</i>	1,00	0,58	19,78	12,63
	<i>Symphodus ocellatus</i>	1,33	0,67	52,34	26,17
	<i>Thalassoma pavo</i>	2,33	0,67	30,97	4,07
Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i>	0,67	0,33	39,00	20,47
Muraenidae	<i>Muraena helena</i>	0,33	0,33	132,43	132,43
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i>	40,00	16,04	231,11	93,81
Serranidae	<i>Serranus cabrilla</i>	3,33	0,33	92,78	10,40
	<i>Serranus scriba</i>	0,33	0,33	7,88	7,88
Sparidae	<i>Diplodus sargus</i>	4,67	0,67	480,17	65,14
	<i>Diplodus vulgaris</i>	24,33	5,24	1.603,37	289,72
	<i>Oblada melanura</i>	1,67	0,88	69,43	36,74
	<i>Sarpa salpa</i>	12,00	6,66	702,71	356,21

Pel que fa a la classe de talles dels espàrids es pot observar com la majoria d'espècies presenten tallés més aviat mitjanes, de 14-16 cm, tot i que *D. sargus* mostra alguns individus de talla més aviat petita (6-8 cm), i *D. vulgaris* i *S. salpa* presenten alguns individus de més de 18 cm. També es van observar 5 individus d'*O. melanura*, i aquests mesuraven 14 cm (Figura 15).

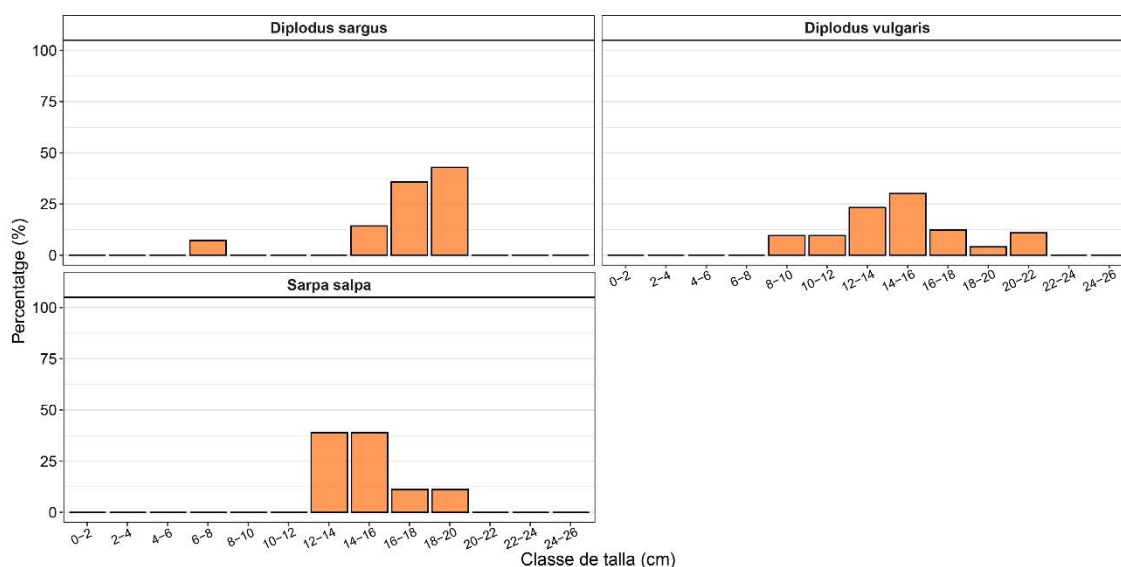


Figura 15. Estructura de talles dels espàrids observats a l'estació de Ses Negres: *Diplodus sargus* (n=14), *Diplodus vulgaris* (n=73), i *Sarpa salpa* (n=36).

Aigua Xelida

A l'estació d'Aigua Xelida, situada prop de Tamariu, s'hi ha observat 22 espècies, pertanyents a 6 famílies diferents. L'espècie amb una major densitat és la boga (*B. boops*), tot i que amb una variabilitat molt elevada degut a la seva distribució gregària. La segona espècie amb una densitat més elevada és *S. salpa*, seguida de *C. chormis*, i la resta d'espècies mostren densitats inferiors a 30 ind/250 m² (Figura 16a, Taula 9). La família amb una densitat més elevada, molt per sobre de la resta, és la dels espàrids, seguida de Pomacentridae (Figura 16b).

Pel que fa a la biomassa, l'espècie amb un valor més elevat és *S. Salpa*, molt per sobre de *D. sargus*, *D. vulgaris*, *O. melanura* i *B. boops* i la resta d'espècies, que es troben per sota dels 1.000 g/250 m² (Figura 16c, Taula 9). Totes aquestes espècies formen part de la família dels espàrids (*Sparidae*), sent aquesta la que presenta una major biomassa (Figura 16d).

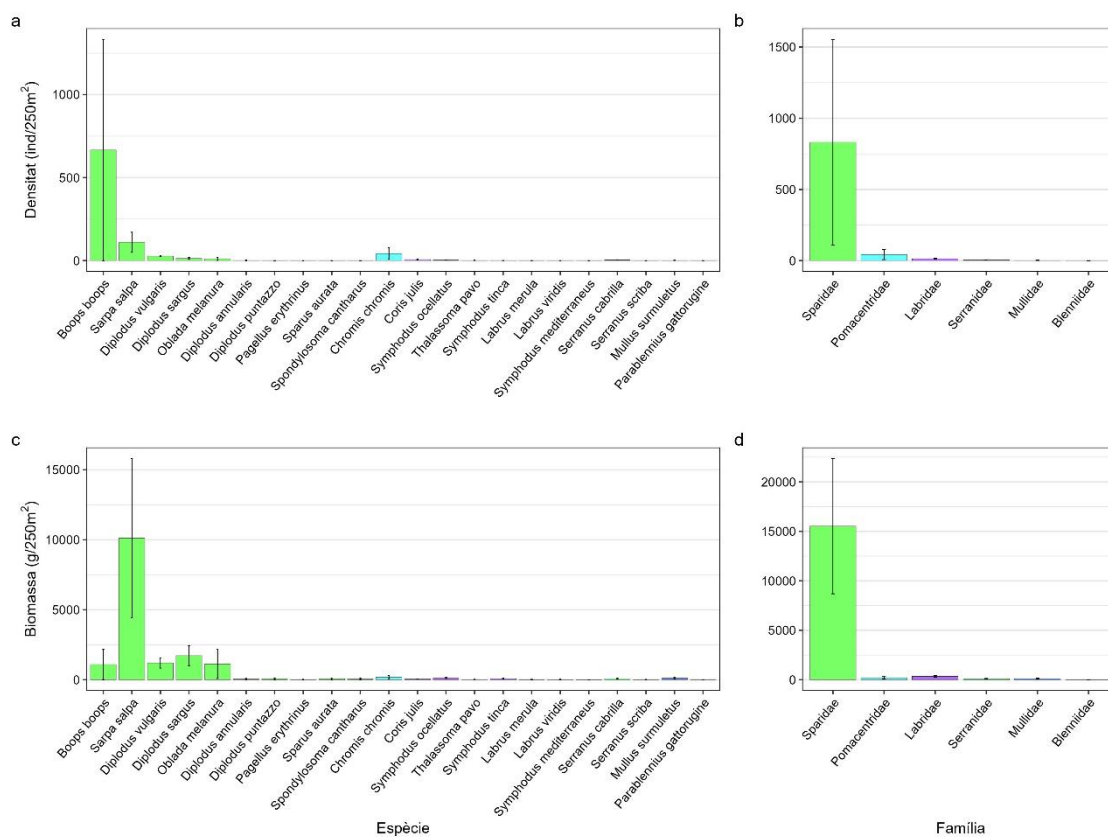


Figura 16. Densitat (mitjana i \pm error estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i \pm error estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació d'Aigua Xelida. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

Taula 9. Mitjanes de densitat (ind/250 m²) i biomassa (g/250 m²) de cada espècie de l'estació d'Aigua Xelida a la ZEC del Litoral del Baix Empordà de l'any 2023. Els valors destacats en negreta corresponen als més elevats de cada espècie, ja sigui pel que fa a la densitat o a la biomassa.

Família	Espècie	Densitat (ind/250 m ²)		Biomassa (g/250 m ²)	
		Mitjana	ES	Mitjana	ES
Bleniidae	<i>Parablennius gattorugine</i>	0,33	0,33	3,83	3,83
	<i>Coris julis</i>	6,67	1,45	56,30	6,96
	<i>Labrus merula</i>	0,33	0,33	17,39	17,39
	<i>Labrus viridis</i>	0,33	0,33	21,39	21,39
Labriidae	<i>Symphodus mediterraneus</i>	0,33	0,33	2,82	2,82
	<i>Symphodus ocellatus</i>	3,33	0,67	137,90	43,81
	<i>Symphodus tinca</i>	0,67	0,33	83,69	41,85
	<i>Thalassoma pavo</i>	1,67	0,88	25,37	13,30
Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i>	1,67	0,88	118,09	61,98
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i>	42,00	34,77	184,48	127,90
Serranidae	<i>Serranus cabrilla</i>	3,67	1,20	90,21	22,65
	<i>Serranus scriba</i>	0,33	0,33	12,73	12,73
Sparidae	<i>Boops boops</i>	666,67	666,67	1.092,54	1.092,54
	<i>Diplodus annularis</i>	2,00	2,00	46,96	46,96
	<i>Diplodus puntazzo</i>	0,33	0,33	67,36	67,36
	<i>Diplodus sargus</i>	13,67	5,04	1.728,31	713,09
	<i>Diplodus vulgaris</i>	27,00	2,00	1.201,20	371,16
	<i>Oblada melanura</i>	10,67	9,68	1.129,35	1040,79
	<i>Pagellus erythrinus</i>	0,33	0,33	14,43	14,43
	<i>Sarpa salpa</i>	110,33	60,67	10.124,95	5684,27
	<i>Sparus aurata</i>	0,33	0,33	67,71	67,71
<i>Spondylosoma cantharus</i>	0,33	0,33	55,34	55,34	

A l'estació d'Aigua Xelida s'han pogut representar les classes de talles de les 3 espècies més abundants. *D. sargus* presenta una estructura unimodal, amb el màxim d'individus a la talla 18-20, amb la talla més petita entre 14 i 16 cm, i la més gran entre 22 i 24 cm. *S. salpa* mostra una distribució amb els individus força repartits entre les talles 14 i 22 cm, amb una talla mínima de 12-14 cm, i una de màxima de 22-24 cm. *D. vulgaris* mostra individus representats en gairebé tots els rangs de talles, des de reclutes (2-4 cm), fins a grans (20-22 cm) (Figura 17). D'altra banda, s'han observat fins a 2.000 individus de *B. boops* amb només dos rangs de talles de 2-4 cm i 4-6 cm.

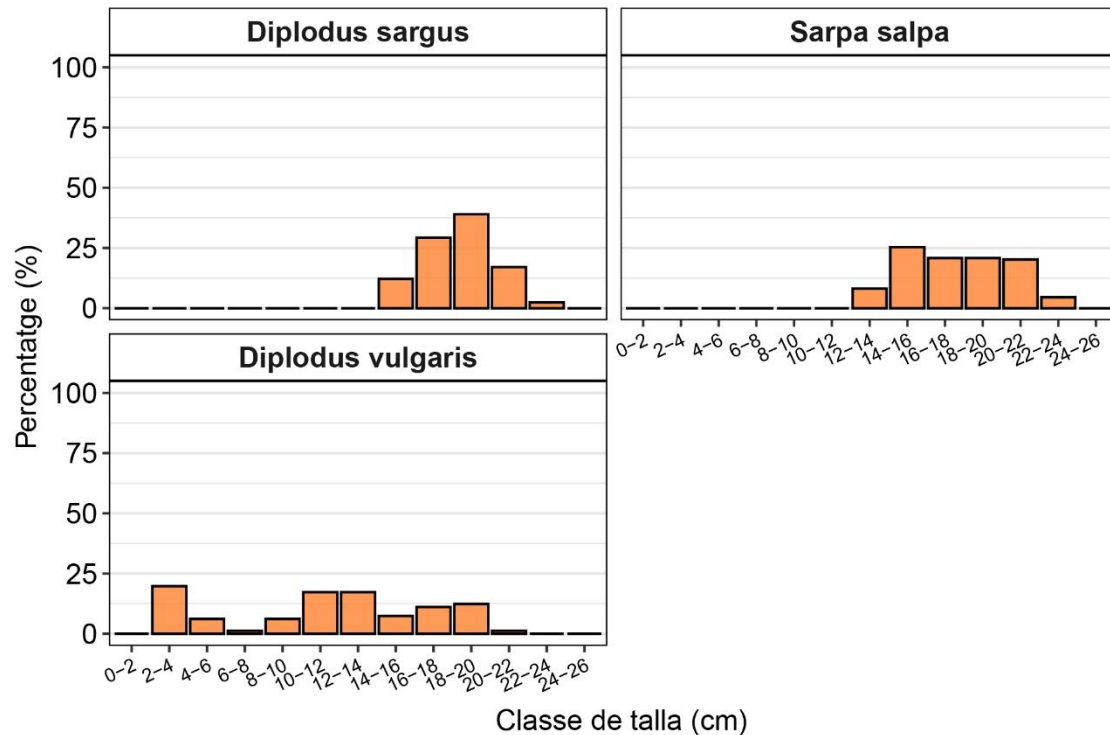


Figura 17. Estructura de talls dels espàrids observats a l'estació d'Aigua Xelida: *Diplodus sargus* (n=41), *Sarpa salpa* (n=331) i *Diplodus vulgaris* (n=81).

Illes Formigues

A l'estació d'Illes Formigues, la més meridional del Litoral del Baix Empordà, s'hi han observat 15 espècies, pertanyents de 5 famílies diferents. L'espècie amb una major densitat ha estat *C. chromis*, seguida de *S. salpa*, *C. julis*, *D. vulgaris* i *S. ocellatus*. La resta d'espècies es troben amb valors inferiors a 10 ind/250 m² (Figura 18a, Taula 10). En aquest cas, la família amb una major densitat mitjana és la dels pomacèntrids (Pomacentridae), seguida dels espàrids (Sparidae), i els làbrids (Labridae). La resta de famílies es troben amb valors per sota els 10 ind/250 m² (Figura 18b).

L'espècie amb una major biomassa és *S. Salpa*, seguida de *D. vulgaris*. La resta d'espècies presenten una biomassa inferior a 1.000 g/250 m² (Figura 18c, Taula 10). Agrupant per famílies, els espàrids són els que presenten un valor més elevat de biomassa, seguida dels làbrids (Figura 18d).

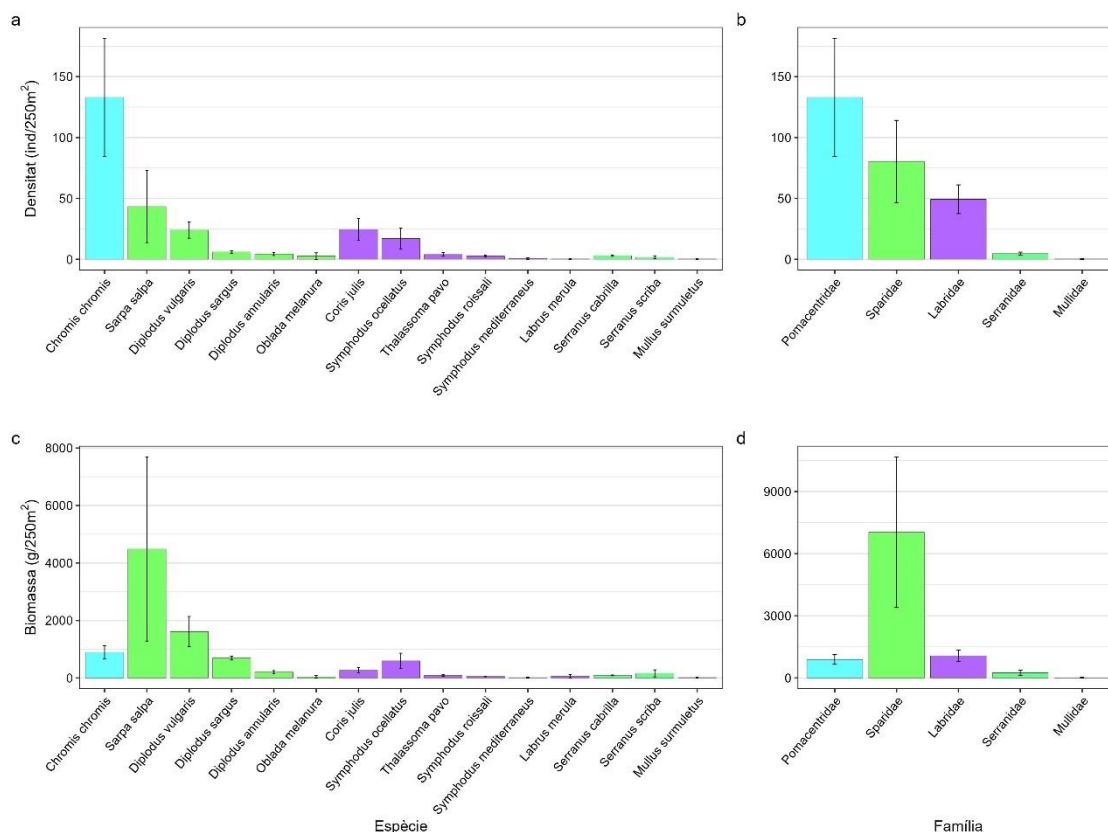


Figura 18. Densitat (mitjana i \pm error estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i \pm error estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació d'Illes Formigues. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

Taula 10. Mitjanes de densitat (ind/250 m²) i biomassa (g/250 m²) de cada espècie de l'estació d'Illes Formigues a la ZEC del Litoral del Baix Empordà de l'any 2023. Els valors destacats en negreta corresponen als més elevats de cada espècie, ja sigui pel que fa a la densitat o a la biomassa.

Família	Espècie	Densitat (ind/250 m ²)		Biomassa (g/250 m ²)	
		Mitjana	ES	Mitjana	ES
Labriidae	<i>Coris julis</i>	24,67	8,84	267,46	94,72
	<i>Labrus merula</i>	0,33	0,33	63,29	63,29
	<i>Symphodus mediterraneus</i>	0,67	0,67	14,42	14,42
	<i>Symphodus ocellatus</i>	17,00	8,50	594,95	267,12
	<i>Symphodus roissali</i>	2,67	0,67	51,47	8,46
	<i>Thalassoma pavo</i>	4,00	1,53	83,12	28,20
Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i>	0,33	0,33	15,90	15,90
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i>	133,00	48,54	890,28	232,72
Serranidae	<i>Serranus cabrilla</i>	3,00	0,58	92,46	11,24
	<i>Serranus scriba</i>	1,67	1,20	160,61	121,31
Sparidae	<i>Diplodus annularis</i>	4,33	1,20	205,82	51,78
	<i>Diplodus sargus</i>	6,00	1,00	692,85	67,71
	<i>Diplodus vulgaris</i>	24,00	6,66	1.611,81	527,73
	<i>Oblada melanura</i>	2,67	2,67	39,69	39,69
	<i>Sarpa salpa</i>	43,33	29,63	4.486,58	3.203,68

A l'estació d'Illes Formigues s'han pogut representar les estructures de talles de 4 espècies d'espàrids: l'espècie *D. annularis* presenta els seus individus sobretot en les talles 8-10 cm i 16-18 cm (talla màxima); la talla mínima es troba entre 6 i 8 cm. *D. sargus* i *D. vulgaris* presenten una distribució unimodal, amb un pic d'individus, en el cas de la primera espècie, a la talla 16-18 cm, i en la segona entre 14 i 16 cm. La talla màxima de *D. sargus* és de 22-24 cm i la mínima és d'entre 14 i 16 cm; la talla màxima de *D. vulgaris* és d'entre 20 i 22 cm, mentre que la talla mínima és de 8-10 cm. Pel que fa a *S. salpa*, els individus observats només es troben en 3 classes de talles: 16-18 cm, 18-20 cm i 20-22 cm (Figura 19). A més, també s'han observat 8 individus d'*O. melanura*, tots dins el rang de 8-10 cm.

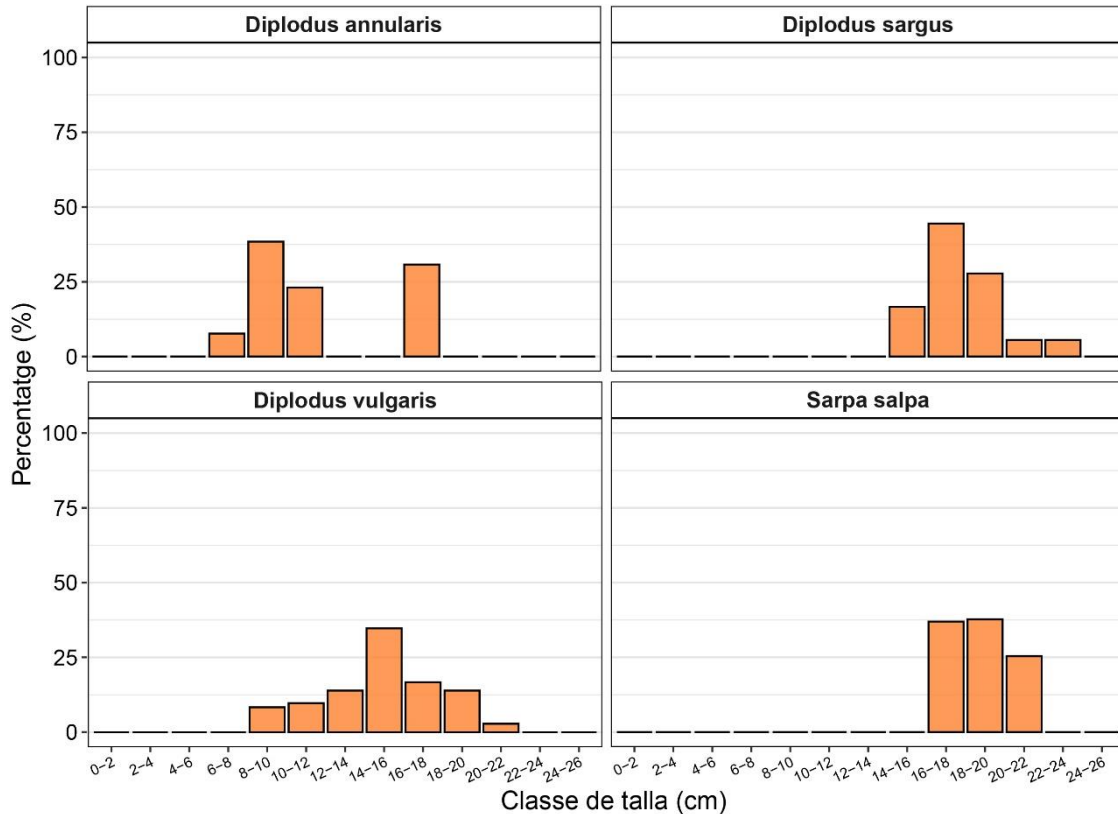


Figura 19. Estructura de talles dels espàrids observats a l'estació d'Illes Formigues: *Diplodus annularis* (n=13), *Diplodus sargus* (n=18), *Diplodus vulgaris* (n=72) i *Sarpa salpa* (n=130).

Patró global

L'anàlisi de coordenades principals (PCoA) representa la desigualtat entre transectes, que es troben ordenats al voltant dels dos eixos principals, els quals integren el 28,7% (eix 1) i el 26,2% (eix 2) de la variància. Els transectes que es troben més propers seran els que s'assemblaran més entre ells i els més allunyats seran els més diferents. S'observa que les estacions de Ses Negres i Illes Formigues presenten més similituds en la comunitat de peixos, mentre que els transectes d'Aigua Xelida, mostren més variabilitat dos dels quals es diferencien molt de la resta d'estacions.

Això es deu, principalment, a la presència d'espècies com *S. aurata*, *S. cantharus* i *B. boops*, que es troben en aquesta estació, però no a les altres, i a l'elevat nombre d'individus de *S. salpa* observats en aquesta estació en comparació amb les altres, on no se n'han observat tants (Figura 20). Si comparem aquests resultats amb els anàlisis SIMPER, ens mostren que les espècies *C. chromis*, *S. salpa* i *B. boops* són les que més contribueixen a les diferències entre Aigua Xelida i les altres dues, mentre que entre Illes Formigues i Ses Negres ho són *S. salpa* i *S. ocellatus* (Taula 11).

Malgrat aquests resultats, l'anàlisi PERMANOVA per determinar diferències entre estacions mostra que no hi ha diferències entre elles ($F=1,08$, $p\text{-valor}=0,38$).

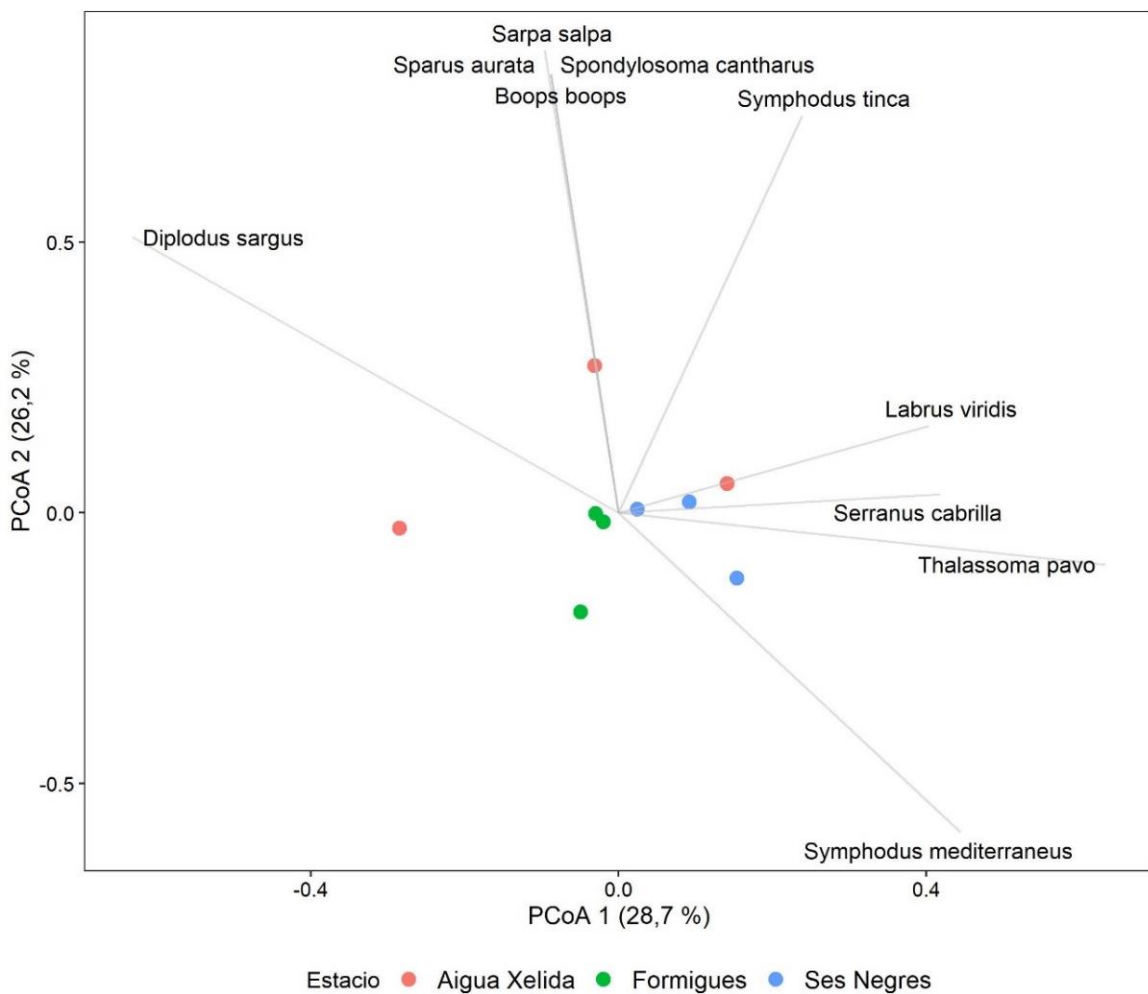


Figura 20. Anàlisi de coordenades principals (PCoA) de les comunitats de peixos de les tres estacions mostrejades a la ZEC del Litoral del Baix Empordà, en base a la distància Bray-Curtis entre els transsectes realitzats. Els dos primers eixos acumulen el 54,9% de la variància observada a les dades. Les espècies representades estan identificades per una correlació amb els eixos de $|r| > 0,4$. Els colors dels punts símbols representen les diferents estacions, mentre que cada punt representa un transsecte mostrejat.

Taula 11. Anàlisi SIMPER que mostra el percentatge de contribució de cada espècie en la desigualtat entre les diferents estacions de mostreig a la ZEC del Litoral del Baix Empordà. El percentatge de contribució de cada espècie és acumulatiu, de manera que la primera espècie és la que té una contribució més elevada.

Combinació	Espècie	Contribució acumulativa (%)
Aigua Xelida-Formigues		
	<i>Chromis chromis</i>	13,0
	<i>Boops boops</i>	24,3
	<i>Sarpa salpa</i>	35,2
	<i>Oblada melanura</i>	43,1
	<i>Symphodus roissali</i>	49,6
	<i>Symphodus ocellatus</i>	55,7
	<i>Diplodus annularis</i>	61,8
	<i>Coris julis</i>	67,5
	<i>Thalassoma pavo</i>	71,5
Aigua Xelida-Ses Negres		
	<i>Sarpa salpa</i>	15,6
	<i>Boops boops</i>	29,3
	<i>Chromis chromis</i>	42,0
	<i>Oblada melanura</i>	50,8
	<i>Diplodus sargus</i>	56,1
	<i>Symphodus ocellatus</i>	60,6
	<i>Diplodus annularis</i>	65,0
	<i>Mullus surmuletus</i>	69,4
	<i>Thalassoma pavo</i>	73,2
Formigues-Ses Negres		
	<i>Sarpa salpa</i>	14,5
	<i>Symphodus ocellatus</i>	27,7
	<i>Diplodus annularis</i>	39,1
	<i>Chromis chromis</i>	49,0
	<i>Coris julis</i>	58,6
	<i>Symphodus roissali</i>	67,5
	<i>Oblada melanura</i>	74,6

Discussió

A la Zona d'Espècial Conservació del Litoral del Baix Empordà s'hi ha observat un elevat nombre d'espècies (24 espècies pertanyents a 7 famílies diferents). En general, aquests resultats mostren una diversitat relativament elevada, i una composició específica comparable amb altres treballs realitzats a la Mediterrània occidental. Tot i així, els valors de diversitat d'espècies, abundància relativa i biomassa són inferiors als valors de referència que podem trobar a les zones protegides dels PN del cap de Creus i el PN del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, amb 36 i 38 espècies observades respectivament (Hereu *et al.*, 2023a), amb unes condicions molt semblants pel que fa a la zona biogeografia i els hàbitats presents (Hereu *et al.*, 2023b).

Cal esmentar que la majoria de les espècies altament vulnerables a la pesca no s'han pogut comptabilitzar en aquest seguiment, ja que la seva baixa densitat, la seva major àrea de distribució i la seva distribució heterogènia, fa que el mètode de mostreig emprat en aquest indicador, amb transectes curts de 50 metres centrats en espècies bentòniques, no permeti una estima adequada de les seves poblacions. Per a completar els censos i abundàncies d'espècies vulnerables caldria consultar el recent treball realitzat en aquest àmbit, en el que s'ha utilitzat metodologia específica per a espècies vulnerables a la pesca amb distribució més heterogènia (Hereu *et al.*, 2023).

Tot i el nombre elevat d'espècies censades, la composició, l'abundància relativa de les espècies i l'estructura de talles de les espècies vulnerables a la pesca, denoten que aquestes poblacions de peixos el Litoral del Baix Empordà estan sota una elevada pressió de pesca.

Un aspecte rellevant a tenir en compte és la Reserva Marina de Ses Negres, on no s'hi pot dur a terme cap tipus d'extracció. El que podríem esperar d'una zona protegida són poblacions de peixos ben desenvolupades, amb densitats i biomasses elevades i amb presència d'espècies vulnerables a la pesca. No obstant, s'ha observat un patró contrari, en el que la zona d'AMP és la que presenta valors més baixos tant de diversitat com de densitat i biomassa d'espècies.

Tot i això, en aquesta zona s'ha observat una major abundància de mero i corball, espècies altament vulnerables a la pesca, (Hereu *et al.*, 2023).

Això ens fa pensar que aquesta àrea protegida és insuficient per a la recuperació de les poblacions de peixos, i que hi ha altres factors que poden determinar la seva eficiència, com el tipus d'hàbitat menys favorable (amb roca llisa sense blocs i amb poca heterogeneïtat espacial, i amb el fons sedimentari molt proper), que l'àrea protegida sigui suficientment gran (cosa que no sembla que es compleixi en aquest cas) o que estigui prou aïllada de les zones de pesca (Edgar *et al.*, 2014).

Pel que fa a les altres estacions, Illes Formigues i Aigua Xelida, on la pesca sí que està permesa, les densitats i biomasses presenten valors propis de zones impactades, i amb cap individu d'espècie altament vulnerable a la pesca, tot i que els hàbitat en aquestes estacions, amb major presència de blocs i una estructura espacial més complexa, són més favorables. Tot i que en ambdues estacions s'ha observat una elevada biomassa de *S. salpa*, aquesta és una espècie herbívora que no és pescada, pel que la seva elevada biomassa no indica un bon estat de conservació.

En conclusió, la ZEC del Litoral del Baix Empordà és una zona molt impactada per la sobrepesca, i aquesta impedeix que les poblacions es recuperin a uns valors mínims per a que hi pugui haver una composició i funcionament òptim dels ecosistemes litorals. Els valors de densitat i biomassa de la comunitat de peixos, i dels peixos vulnerables a la pesca en aquesta zona queden per sota dels enregistrats als Parcs Naturals de Catalunya (Hereu *et al.*, 2023). Tot i això, aquesta zona té un elevat potencial per albergar comunitats de peixos ben conservades amb una elevada biomassa, ja que l'hàbitat és idoni perquè les espècies, especialment les altament vulnerables a la pesca, puguin desenvolupar-se (Hereu *et al.*, 2023).

Adicionalment, s'ha demostrat que existeix una connectivitat efectiva entre els Parcs Naturals (Montgrí, Illes Medes i Baix Ter i Cap de Creus) i la costa del Baix Empordà (Projecte RESMED, Hereu *et al.*, 2022), de manera que amb una protecció adequada de les poblacions de peixos, la ZEC del Litoral el Baix Empordà té el potencial suficient per recuperar les poblacions de peixos i pugui formar part de la xarxa de reserves marines distribuïdes al llarg de la Costa Brava (Reserva Marina de Banyuls, PN del Cap de Creus i PN del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter).

És per això que es recomanen mesures de protecció efectives per a la recuperació de les poblacions de peixos. .

Conclusions

La Zona d'Especial Conservació del Litoral del Baix Empordà mostra un elevat nombre d'espècies de peixos a les estacions mostrejades en aquesta ZEC; tot i això, la diversitat, de densitat i biomassa estan per sota dels valors de referència de les zones protegides dels PN de Catalunya.

Només s'ha observat una espècie altament vulnerable, individu d'orada a l'estació d'Aigua Xelida, de mida petita (26 cm).

A l'estació de Ses Negres, situada dins de la Reserva Marina on no s'hi pot dur a terme cap tipus d'extracció, s'han observat comunitats força empobrides pel que fa als valors de densitats i biomasses de peixos.

A l'Àrea Marina Protegida s'han trobat valors de densitats i biomassa significativament inferiors a les zones no protegides, possiblement per un hàbitat menys favorable.

Tot i que el Litoral del Baix Empordà presenta l'hàbitat idoni per al bon desenvolupament de poblacions de peixos, s'han trobat valors que disten molt de ser una zona en bon estat de conservació. És per això que es recomanen mesures de protecció en aquesta zona.

Comunitats algals i poblacions de garotes

- La ZEC del Litoral del Baix Empordà compta amb fons rocosos on es desenvolupen comunitats infralitorals diverses segons l'estació de mostreig.
 - No s'ha observat diferències significatives entre les densitats de *Paracentrotus lividus* a les tres estacions de mostreig, ni entre la reserva pesquera de Ses Negres i les zones no vedades com esperariem a priori pel seu nivell de protecció.
 - La densitat de *Arbacia lixula* és significativament menor a Aigua Xelida que a les Illes Formigues, que és on s'ha observat major densitat d'aquesta espècie. No s'han observat diferències significatives entre la densitat de *A. lixula* a la reserva pesquera de Ses Negres i les zones no vedades.
 - Ses Negres destaca per l'elevada presència d'algues fotòfiles de dinàmica ràpida, espècies esciòfiles del gènere *Codium*, i de l'alga invasora *Caulerpa cylindracea*. Aquesta pot tenir impactes adversos sobre la comunitat nativa, i no s'ha observat en les altres dues estacions. La reserva de pesca de Ses Negres no es tradueix en un millor estat de conservació de les comunitats rocoses.
- Les Illes Formigues destaca per elevada presència de l'alga calcificant *Liagora viscida* i de algues frondoses erectes formadores d'hàbitat. Aquesta estació presenta comunitats típiques de fons ben il·luminats.
 - Aigua Xelida destaca per l'elevada presència d'algues frondoses erectes formadores de boscos, coincidint amb els valors més baixos de densitat de garotes i una estructura de talles típica de poblacions que pateixen major depredació. Això podria indicar un control tròfic de les comunitats infralitorals en aquesta estació, indicant la importància de conservar els peixos depredadors en aquesta estació i en la ZEC en general.
 - La protecció d'aquestes comunitats en aquesta ZEC front als diversos impactes que pateixen, així com el seu monitoratge continuat és essencial per preservar-les i els serveis ecosistèmics que proporcionen.

Introducció

Les comunitats dominades per 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 (Figueroa *et al.*, 2014). La composició d'espècies algals de les comunitats rocoses pot estar determinada per diversos factors ambientals i pressions antròpiques. En el cas dels fons infralitorals rocosos Mediterranis, les espècies amb un valor estructural més rellevant són les dels gèneres *Cystoseira sensu lato*, les quals tenen formes arborescents i configuren comunitats complexes, pròpies de les zones més ben conservades i amb bona qualitat de l'aigua (Sala *et al.*, 2012).

Les algues de les comunitats rocoses infralitorals al mediterrani proporcionen hàbitat i aliment per una multitud d'altres organismes (Cheminée *et al.*, 2013). Aquests hàbitats són vulnerables a una sèrie d'impactes derivats de les activitats antròpiques com ara la contaminació, la modificació del litoral, la introducció d'espècies exòtiques, l'erosió causada per arts de pesca i l'herbivorisme excessiu com a resultat de la sobrepesca (Mineur *et al.*, 2015). Els efectes del canvi climàtic, com l'augment de la temperatura de l'aigua, també poden afectar les comunitats algals (Verdura *et al.*, 2021, Montserrat *et al.*, 2022). Al mediterrani, així com a altres mars temperats s'han descrit mortalitats de macroalgues i canvis en les comunitats degut a l'augment de la temperatura (Wernberg *et al.*, 2016; Verdura *et al.*, 2021).

Una de les causes més rellevants de la davallada de les algues formadores d'hàbitat arreu de la Mediterrània és la sobrepastura per part d'herbívors, principalment les garotes. Aquesta en molts casos és derivada de la sobrepesca de peixos (principals depredadors de les garotes), que pels anomenats efectes tròfics en cascada ha causat la proliferació excessiva d'aquests herbívors, i pot portar a canvis dràstics en l'estat de l'ecosistema cap a blancalls amb molt poca cobertura algal i biodiversitat associada (Sala *et al.*, 1998, Thibaut *et al.*, 2005, Giakoumi *et al.*, 2012, Ling *et al.*, 2015). Així doncs, la composició de les comunitats algals i el seu estat de conservació pot estar relacionat amb la densitat i estructura de les poblacions de garotes.

Al mediterrani les dues espècies de garotes més freqüents són *Paracentrotus lividus* i *Arbacia lixula*. La garota *P. lividus* es una espècie que històricament ha patit una major pressió per recol·lecció a la costa catalana, ja que es tracta d'una espècie comercial i d'alt interès gastronòmic. El marisqueig d'aquesta espècie 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). També s'han descrit diferències en el seu paper estructural a les comunitats rocoses infralitorals. *P. lividus* sembla consumir més aviat algues frondoses erectes, i quan la seva densitat és elevada pot formar blancalls extensos (Sala *et al.*, 1998; Privtera *et al.*, 2008; Agnetta *et al.*, 2015). *A. lixula*, en canvi, sembla alimentar-se més d'algues calcàries incrustants i d'algues reclutes, i per tant la seva presència pot mantenir blancalls i dificultar la recuperació dels boscos algals (Privtera *et al.*, 2008; Bonaviri *et al.*, 2011). A més, *A. lixula* no pateix una depredació tan important com *P. lividus* (Guidetti 2004; Guidetti i Mori 2005).

Una altra de les pressions preocupants que pateixen aquestes comunitats, que podria comportar canvis molt significatius en les comunitats algals és l'arribada d'espècies invasores. L'alga verda *Caulerpa cylindracea* és una de les espècies invasora que pot causar diversos efectes adversos sobre els ecosistemes Mediterranis (Klein i Verlaque 2008; Ceccherelli *et al.*, 2000). A Catalunya es va detectar per primer cop el 2008 a les costes del Garraf, i posteriorment s'ha observat extensament en diversos llocs de la costa catalana.

Una de les eines de conservació més estudiades i utilitzades en la conservació d'aquests hàbitats és l'establiment de reserves de pesca. Segons el model teòric, la recuperació de les poblacions de peixos depredadors a les reserves pot ajudar a restaurar la xarxa tròfica i a establir un control natural sobre les poblacions de garotes. D'aquesta manera, els efectes en cascada podrien restablir les comunitats algals i la seva funció ecosistèmica. S'ha demostrat l'efectivitat d'algunes reserves marines en restaurar la xarxa tròfica (Guidetti i Sala 2007; Sala *et al.*, 2012). Tot i així, la dinàmica de les comunitats rocoses no segueix relacions tant senzilles. Per una banda, l'alternança entre estats estables de bosc algal i blancall no és lineal, si no que actuen diversos mecanismes de retroalimentació que dificulten la transició entre els dos. Per tant per molt que dins d'una reserva marina es puguin recuperar les poblacions de peixos, això no necessàriament es tradueix en la recuperació de boscos algals. Per altra banda, no totes les reserves marines són igual d'efectives en la recuperació dels peixos (Sala *et al.*, 2012). Hi ha diversos factors que condicionen l'efectivitat de les reserves, principalment la mida, la presència d'hàbitats essencials per a les espècies, l'aïllament respecte a les zones on es pesca i el grau de vigilància implementat (Edgar *et al.*, 2014).

La Zona d'Especial Conservació (ZEC) del Litoral del Baix Empordà compta amb una línia de costa de penya-segats rocosos i amb un fons generalment rocós, amb orientacions diverses i règims hidrodinàmics variables segons la morfologia de la costa. Aquestes condicions donen lloc a hàbitats infralitorals amb una elevada presència d'algues formadores d'hàbitat dels gèneres *Cystoseira*, *Ericaria* i *Gongolaria* (Mariani *et al.*, 2019), que proporcionen importants serveis ecosistèmics (Cheminée *et al.*, 2013; Pinna *et al.*, 2020). En aquesta ZEC, aquestes comunitats són vulnerables a una sèrie de pressions antròpiques, incloent tant perturbacions més locals com ara la urbanització de la costa i l'activitat pesquera, com pressions globals com els efectes del canvi climàtic. Hi ha poca informació disponible sobre l'estat general d'aquestes comunitats al llarg de la ZEC, tot i que es tenen observacions d'unes poques zones de blancall (Observadores del Mar, Deserts Submarins), que suggereixen un impacte per excés d'herbivorisme en algunes zones.

En aquesta ZEC existeix una reserva de pesca: la Zona vedada del Cap Negre al Pa de Pessic (Ses Negres), la qual es va establir l'any 1993. En aquesta zona d'aproximadament 80 hectàrees es prohibeix l'extracció de qualsevol recurs marí viu, la pràctica del submarinisme, la navegació i el fondeig. Segons el model teòric descrit, en aquesta zona s'esperaria trobar evidències dels efectes en cascada i per tant una menor densitat de les dues espècies de garotes i comunitats algals ben desenvolupades respecte a altres punts de la ZEC.

Aquest capítol té com a objectiu descriure les comunitats rocoses infralitorals i el seu estat de conservació en tres estacions de mostreig d'aquesta ZEC, una de les quals es troba dins de la reserva pesquera de Ses Negres. Concretament, es comparen les composicions específiques de la comunitat algal i les densitats i estructures de talles de les dues espècies de garotes en les tres

estacions. D'aquesta manera, es descriuen de forma general diferències a nivell ecològic entre les estacions i es suggereixen prioritats d'estudi i conservació d'aquestes comunitats en aquesta ZEC.

Material i mètodes

Disseny de mostreig

Per a l'estudi de les comunitats algals i les poblacions de garotes en la ZEC del Litoral del Baix Empordà s'han seleccionat els punts suggerits en l'exploració duta a terme l'any 2021, que de nord a sud són els següents: de la Zona vedada del Cap Negre al Pa de Pessic (Ses Negres), Aigua Xelida i les Illes Formigues (Linares *et al.*, 2022). Totes les estacions es situen en un rang de fondària d'entre 5-7m i dins de comunitats infralitorals de fons rocós dominades per algues fotòfiles. La Taula 12 i la Figura 21 mostren les dates de mostreig d'aquest indicador.

Taula 12. Estacions de mostreig de comunitats d'algues i poblacions de garotes del 2023 a la ZEC del Litoral del Baix Empordà.

ZEC	Estació	Data mostreig	Fondària (m)
Litoral del Baix Empordà	Ses Negres	2023-07-04	5-7
	Aigua Xelida	2023-07-04	5-7
	Illes Formigues	2023-06-28	5

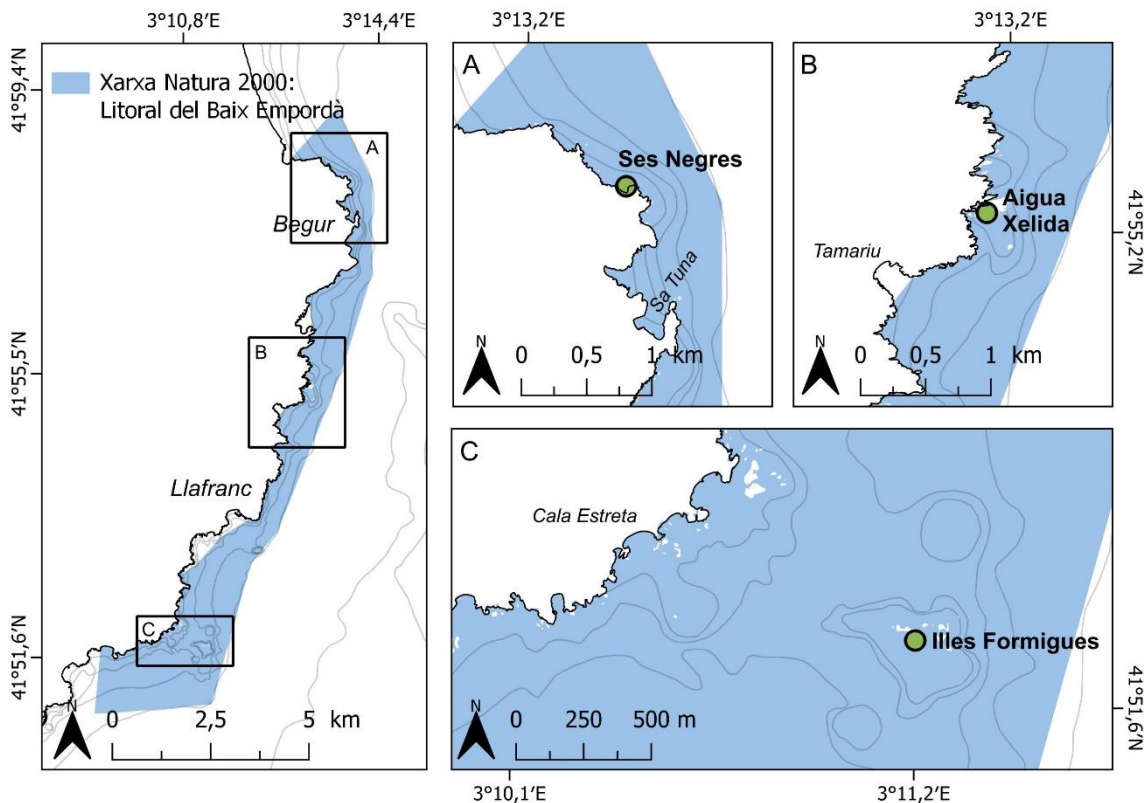


Figura 21. Mapa de les estacions de mostreig de comunitats d'algues i poblacions de garotes de la ZEC del Litoral del Baix Empordà l'any 2023.

Metodologia de mostreig

A cada estació, s'ha dut a terme el mostreig dels indicadors de la següent manera:

- **Poblacions de garotes:** S'han realitzat 3 transectes de 30 metres de llarg, subdividits en trams de 10 m, i 1 metre d'ample a cada estació, anotant el nombre d'exemplars de garotes observades, així com l'espècie a la que pertanyien, la seva mida, fondària i l'hàbitat sobre el qual es trobaven.
- **Comunitats algals:** Les comunitats algals s'han caracteritzat en la mateixa àrea delimitada pels transectes utilitzats per monitoritzar les poblacions de garotes. Per fer-ho, s'ha quantificat la cobertura de cada espècie d'algues d'una llista predeterminada, en les que s'inclouen les espècies més abundants a la costa catalana i alhora de fàcil identificació, per tal de reduir la probabilitat d'errors durant el comptatge (Taula 13). La composició i cobertura algal s'ha caracteritzat mitjançant quadrats de 50x50 cm subdividits en 25 quadrats de 10x10 cm. A cada quadrat s'han anotat les espècies presents en cadascun dels subquadrats, determinant així tant la cobertura de cada espècie i la composició de la comunitat. S'ha realitzat un total de 10 quadrats al llarg dels 3 transectes utilitzats pel comptatge de garotes.

Taula 13. Llistat d'espècies d'algues utilitzat en el mostreig d'algues a la ZEC del Litoral del Baix Empordà l'any 2023.

Algues brunes	Algues vermelles	Algues verdes
<i>Acinetospora crinita</i>	<i>Amphiroa</i> sp.	<i>Acetabularia acetabulum</i>
<i>Cladostephus spongiosus</i>	<i>Asparagopsis armata</i>	<i>Caulerpa cylindracea</i>
<i>Colpomenia sinuosa</i>	<i>Bonnemaisonia</i> sp.	<i>Codium bursa</i>
<i>Cystoseira compressa</i>	<i>Ceramium ciliatum</i>	<i>Codium effusum</i>
<i>Cystoseira zosteroides</i>	<i>Ellisolandia elongata</i>	<i>Codium vermilara</i>
Dictiotals	<i>Gelidium spinosum</i>	<i>Flabellia petiolata</i>
<i>Gongolaria elegans</i>	<i>Jania rubens</i>	<i>Halimeda tuna</i>
<i>Halopteris scoparia</i>	<i>Laurencia</i> sp.	<i>Valonia utricularis</i>
<i>Padina pavonica</i>	<i>Liagora viscida</i>	
<i>Phyllariopsis</i> sp.	<i>Lithophyllum incrustans</i>	
<i>Sargassum</i> sp.	<i>Mesophyllum alternans</i>	
<i>Zanardinia typus</i>	<i>Peyssonnelia rubra</i>	
	<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	
	<i>Wrangelia penicillata</i>	

Anàlisis de dades

Les dades s'han analitzat de la següent forma:

- **Poblacions de garotes:** s'han calculat les densitats de cada espècie de garota a cada estació, en nombre d'individus per 10 m². Posteriorment s'ha realitzat un ANOVA, seguit d'un test post-hoc de Tukey, per determinar si existien diferències significatives en la densitat de cada espècie a les diferents estacions. S'ha realitzat també un test de Kruskal-Wallis per veure l'efecte de la protecció (reserva o no reserva) sobre la densitat de garotes.

- **Comunitats algals:** En primer lloc, s'ha realitzat un Anàlisi de Variància Multivariant per Permutació (PERMANOVA) amb tots els quadrats mostrejats utilitzant com a factor explicatiu l'estació de mostreig, en base a les distàncies Bray-Curtis entre els quadrats. Aquestes diferències s'han representat en dues dimensions utilitzant l'Anàlisi de Coordenades Principals (PCoA), on també s'ha representat espècies algals amb correlacions elevades amb els eixos principals de variació. S'ha realitzat un anàlisi de similitud per percentatges (SIMPER) per identificar les espècies que contribueixen més a les diferències multivariants entre estacions. Per complementar aquesta informació, s'ha realitzat un Anàlisi d'Espècies Indicadores (Dufrêne i Legendre, 1997; De Cáceres *et al.*, 2010) per a identificar quines espècies estan estadísticament correlacionades a cadascuna de les estacions, tenint en compte tant la especificitat com la fidelitat de cada espècie a cada estació.

Resultats

Poblacions de garotes

Paracentrotus lividus

Les densitats mitjanes de les poblacions de garotes de la ZEC del Litoral del Baix Empordà oscil·len entre els $13,9 \pm 4,7$ ind/10m² a Ses Negres, $8,8 \pm 2,6$ individus/10m² a Aigua Xelida, i $14,2 \pm 5,8$ ind/10m² a les Illes Formigues. No s'observen diferències significatives en la densitat de *P. lividus* entre les tres estacions mostrejades, ni entre els nivells de protecció (Figura 22, test Kruskal-Wallis: KS = 0,02, p= 0,9).

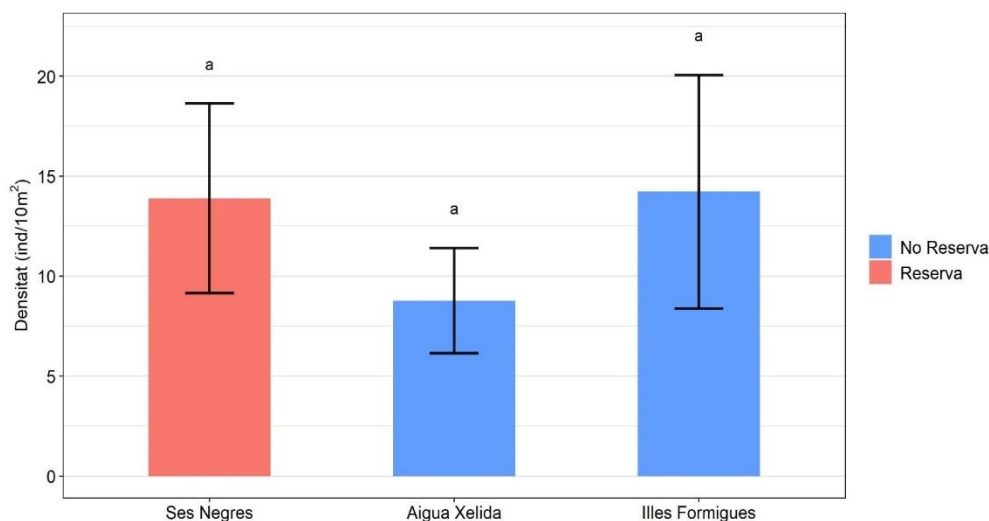


Figura 22. Densitats mitjanes de *Paracentrotus lividus* a les tres estacions mostrejades de la ZEC del Litoral del Baix Empordà l'any 2023. Les barres d'error corresponen a l'error estàndard. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p-valor < 0,01) segons el test de Tukey.

Quant a l'estructura de talles de *P. lividus*, s'ha observat una estructura bimodal amb un pic als 1-2 cm (reclutes) i un als 4-5 cm a Ses Negres, una estructura unimodal amb el pic als 5-6 cm de

diàmetre a Aigua Xelida, i una estructura bimodal amb un pic als 3-4 cm i un als 5-6 cm de diàmetre a les Illes Formigues (Figura 23).

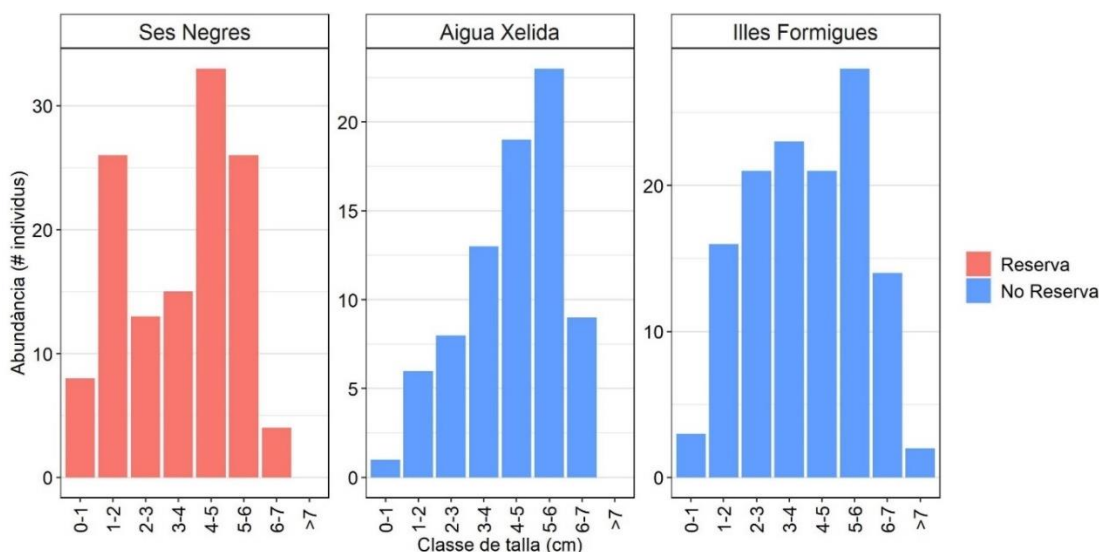


Figura 23. Estructura de talls de *Paracentrotus lividus* a les tres estacions mostrejades de la ZEC del Litoral del Baix Empordà l'any 2023.

Arbacia lixula

A Aigua Xelida s'ha observat una mitjana de $3,7 \pm 0,9$ individus/10m² de *Arbacia lixula* mentre que a les Illes Formigues i Ses Negres s'ha observat una densitat mitjana de $12 \pm 3,3$ ind/10m² i $7,2 \pm 2,2$ ind/10m², respectivament. La densitat de *A. lixula* és significativament menor a Aigua Xelida que a les Illes Formigues, però no en comparació a Ses Negres (Figura 24). No hi ha diferències significatives en la densitat de *A. lixula* segons la protecció (Kruskal-Wallis: KS=0,001; p=0,98). Aquestes són més baixes que les trobades per *P. lividus*, excepte en el cas de Ses Negres que són similars.

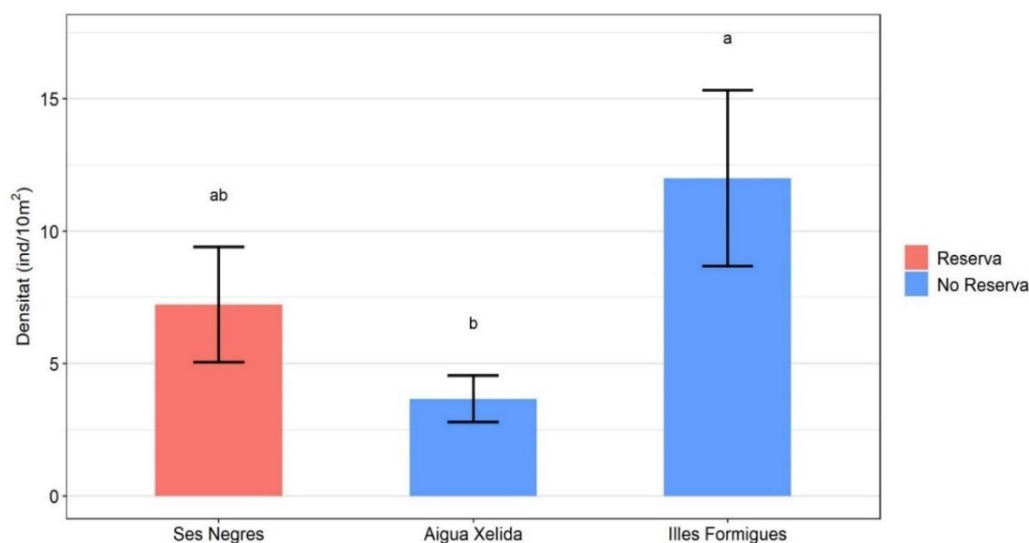


Figura 24. Densitats mitjanes de *Arbacia lixula* a les tres estacions mostrejades de la ZEC del Litoral del Baix Empordà l'any 2023. Les barres d'error corresponen a l'error estàndard. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p-valor < 0,01) segons el test de Tukey.

L'estructura de talles és unimodal a les tres estacions amb el pic d'abundància als 4-5 cm de diàmetre (Figura 25). A Aigua Xelida i a Ses Negres s'ha observat un recluta a cadascuna, mentre que a les Illes Formigues no se n'ha observat cap.

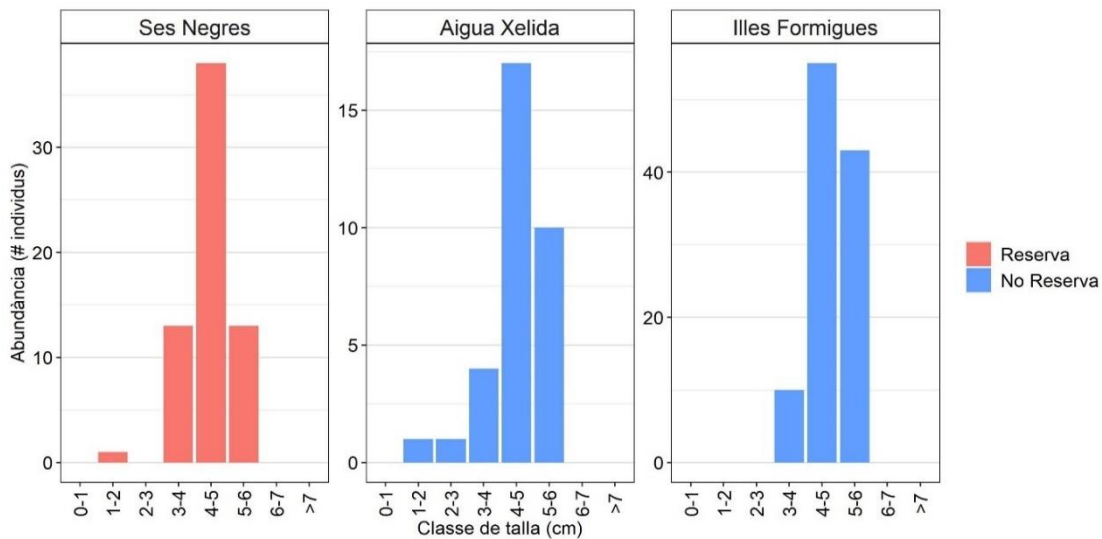


Figura 25. Estructura de talles de *Arbacia lixula* a les tres estacions mostrejades de la ZEC del Litoral del Baix Empordà l'any 2023.

Comunitats algals

L'anàlisi de variància multivariant per permutació (PERMANOVA) mostra que la variabilitat en la composició de la comunitat algal és major dins d'una mateixa estació que entre estacions (Taula 13). Tot i així, hi ha diferències entre les comunitats algals de les tres estacions. La Figura 26 mostra en l'anàlisi de coordenades principals (PCoA) aquestes diferències i les espècies més correlacionades amb els eixos que separen els quadres de les diferents estacions. Les diferències són més importants entre Ses Negres i les altres dues estacions que entre Aigua Xelida i les Illes Formigues. Ses Negres mostra una gran variabilitat entre els diferents quadres mostrejats, generalment relacionats amb elevades abundàncies de les espècies *Halopteris scoparia*, *Cladostephus spongiosus*, *Mesophyllum alternans*, *Ellisolandia elongata* i l'alga invasora *Caulerpa cylindracea*. A les Illes Formigues, trobem quadres amb majors abundàncies de *Laurencia* sp., i alguns amb elevada presència de *Cystoseira compressa* i *Padina pavonica*. Els quadres mostrejats a Aigua Xelida destaquen per la seva abundància d'algues estructurals Fucals com ara *Gongolaria elegans* i *Sargassum* sp. L'anàlisi de similitud per percentatges (SIMPER) mostra que *G. elegans* és l'espècie que més contribueix a les diferències entre Aigua Xelida i les altres dues estacions, i que *P. pavonica* és l'espècie que més contribueix a la diferència entre Ses Negres i les altres dues estacions.

Taula 13: Resultats del PERMANOVA aplicada a la comunitat algal de les tres estacions mostrejades a la ZEC del Litoral del Baix Empordà l'any 2023, utilitzant com a sol factor fix estació de mostreig. DF: graus de llibertat.

	DF	Suma de Quadrats	R ²	F	P
Estació	2	2.12	0.37	8.46	<0.001
Residus	29	3.63	0.63		
Total	31	5.75	1.00		

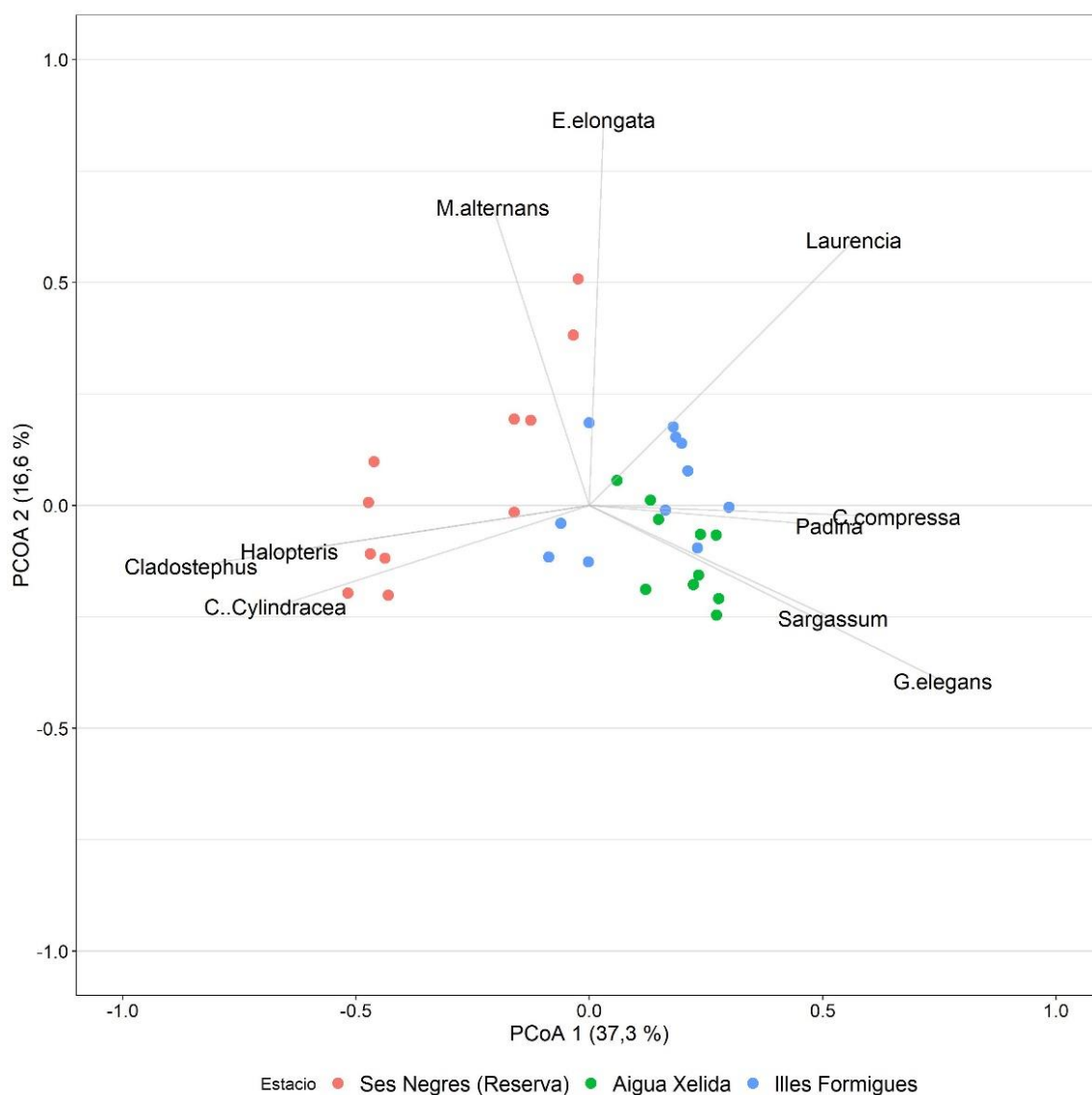


Figura 26. PCoA de les comunitats algals a les tres estacions de mostreig de la ZEC del Litoral del Baix Empordà l'any 2023. Cada punt representa un quadrat de mostreig. Les espècies representades són només aquelles que tenen una correlació igual o superior a $R^2=0,6$ amb un dels dos eixos principals.

Els resultats de l'anàlisi d'espècies indicadores mostren resultats similars al PCoA, amb algunes petites diferències (Taula 14). Cal destacar les espècies indicadores de Ses Negres, que a més de les esmentades a dalt inclouen els cloròfits *Codium bursa* i *C. vermilara*. Les algues *G. elegans*, *C. compressa*, *Laurencia* sp. i *Sargassum* sp. són indicadores d'Aigua Xelida i les Illes Formigues.

Taula 14. Espècies algals determinades com a significativament relacionades a diferents combinacions d'estacions segons l'Anàlisi d'Espècies Indicadores aplicada a la comunitat algal de les tres estacions mostrejades a la ZEC del Litoral del Baix Empordà l'any 2023.

Grups d'Estacions	Espècies Indicadores	Estadístic	p
Aigua Xelida	<i>Wrangelia penicillata</i>	0.864	0.005
Illes Formigues	<i>Liagora viscida</i>	0.858	0.005
Ses Negres	<i>Cladostephus spongiosus</i>	0.915	0.005
	<i>Codium bursa</i>	0.719	0.015
	<i>Codium vermilara</i>	0.632	0.035
	<i>Caulerpa cylindracea</i>	0.603	0.025
Aigua Xelida + Illes Formigues	<i>Gongolaria elegans</i>	1	0.005
	<i>Cystoseira compressa</i>	0.904	0.005
	<i>Laurencia sp.</i>	0.885	0.01
	<i>Sargassum sp.</i>	0.754	0.02

Discussió

Enguany s'ha fet un primer mostreig de les tres estacions definides per al seguiment de les comunitats rocoses infralitorals en aquesta ZEC.

Poblacions de garotes

A les tres estacions s'han observat poblacions de *P. lividus* ben desenvolupades amb densitats moderades, i sense diferències significatives entre les tres estacions, ni entre graus de protecció. Les expectatives per tant, de trobar densitats menors de *P. lividus* en la reserva de Ses Negres per una major abundància de peixos esperada no s'han complert, doncs com mostren els resultats dels indicadors de peixos, aquesta estació es la que presenta una menor densitat i biomasses de la ZEC al contrari del que esperaríem. Les estructures de talles són variables entre les tres estacions. A Aigua Xelida, l'estructura unimodal amb un pic a les classes de talla grans podria indicar una elevada pressió de depredació per part dels peixos sobre els reclutes i les classes de talla petites (Sala *et al.*, 1998), que coincideix amb una major densitat de peixos en aquesta estació com mostren els resultats d'aquest indicador. A les Illes Formigues i Ses Negres, en canvi, s'observen majors densitats de reclutes i estructures de talles més aviat bimodals, possiblement suggerint una menor depredació per peixos en aquestes estacions. Aigua Xelida també és l'estació amb la menor densitat de *P. lividus*, tot i què no és significativa aquesta diferència.

Les densitat de *Arbacia lixula* en aquesta ZEC són menors a les de *P. lividus*. A Aigua Xelida la densitat és baixa, i és significativament menor a Aigua Xelida que a les Illes Formigues. No s'han trobat diferències significatives en la densitat de *A. lixula* entre graus de protecció, i per tant tampoc s'han complert les hipòtesis de trobar menor densitat d'aquesta espècie a la reserva de Ses Negres. Les estructures de talles són totes unimodals amb una abundància molt reduïda de reclutes, indicant una manca de fort assentament de *A. lixula* en aquesta ZEC. Aquesta espècie s'ha descrit com a termòfila (Wangensteen *et al.*, 2013) i pateix una menor pressió de depredació que *P. lividus* (Guidetti, 2004; Guidetti i Mori, 2006), i per tant podria ser la seva proporció respecte *P. lividus* creixés en el futur. Aquesta espècie també s'alimenta principalment d'algues coral·lines incrustants, i pot mantenir els blancalls un cop formats, dificultant la

recuperació dels boscos algal. A les Illes Formigues, la elevada densitat de *A. lixula*, per tant, podria dificultar la recuperació de boscos algal en zones de blancall.

Comunitats algal

S'han detectat diferències significatives en la comunitat algal entre les tres estacions, indicant condicions ambientals, com l'exposició a corrents i disponibilitat de llum, i/o graus d'impacte diferents en les diferents estacions. En aquest estudi no s'ha fet una caracterització detallada dels factors que puguin determinar aquestes diferències, però els resultats presentats poden donar una idea de l'estat de conservació i de les prioritats a nivell de recerca i gestió de les comunitats infralitorals en aquesta ZEC.

A Ses Negres, la comunitat algal està dominada per gesses i per les algues erectes *Halopteris scoparia* i *Cladostephus spongiosus*. S'ha trobat certa presència de cloròfits amb valor estructural com ara *Codium vermilara* i *Codium bursa*, que destaquen aquesta estació respecte les altres dues. Mentre que *H. scoparia* i *C. spongiosus* són típiques d'ambients ben il·luminats, generalment les espècies de *Codium* són més esciòfiles (Ballesteros, 1993; Prieto *et al.*, 2013). Aquests resultats probablement reflecteixin el tipus de fons present en aquesta estació i l'orientació de la línia de costa cap al nord-est. Tot i no ser els boscos madurs de *Cystoseira sensu lato*, aquest tipus de comunitats poden comptar amb força biodiversitat (Ballesteros, 1993, Ballesteros *et al.*, 2014). Tot i així, s'ha detectat una abundància relativament alta de l'alga invasora *Caulerpa cylindracea*, la qual no s'ha detectat en els transectes realitzats a les altres dues estacions. La presència d'aquesta espècie pot tenir una sèrie d'impactes sobre la comunitat, afavorint l'extensió de gesses en lloc d'algues erectes formadores d'hàbitat, alterant la sedimentació i fins i tot tenint impactes sobre el metabolisme de peixos com ara el sarg (*Diplodus sargus*) (Bulleri *et al.*, 2010; Felling *et al.*, 2012).

Aigua Xelida destaca principalment per la elevada presència d'algues fucals com *Gongolaria elegans* i *Sargassum sp.*, formadores de boscos i amb elevat valor estructural i ecosistèmic. Aquest tipus de boscos algal generalment són indicadors d'un bon estat ambiental de la comunitat, i un bon estat ecològic de la qualitat de l'aigua (Ballesteros *et al.*, 2007). La pressió de la freqüentació humana, la pesca i la navegació en aquesta cala podria ser una amenaça per aquestes comunitats diverses, sobretot en el context del canvi global.

L'abundància de l'alga erecte calcificant *Liagora viscida* i les algues del gènere *Laurencia* destaquen a les Illes Formigues, respecte les altres dues estacions. Generalment aquestes espècies s'associen a zones calmes amb una elevada disponibilitat de llum. La presència d'altres algues formadores d'hàbitat en aquesta estació, com ara *Cystoseira compressa*, *Gongolaria elegans*, *Sargassum sp.* indica un elevat valor estructural de la comunitat algal aquí, i remarca la importància de la conservació i protecció d'aquestes comunitats en aquesta estació.

Gestió i conservació

A la reserva pesquera de Ses Negres no s'ha observat un millor estat de conservació de les comunitats infralitorals rocoses, de fet, les comunitats algal tenen menor estructura tridimensional i és l'única estació on s'ha trobat *C. cylindracea*. Això no vol dir que necessàriament estiguin en un estat de conservació pobre, si no que probablement es deu a les condicions ambientals naturals d'aquesta zona, principalment al tipus d'hàbitat i a l'exposició i disponibilitat de llum. És possible, per tant, que les condicions naturals de Ses Negres facin que no sigui la més adequada per a la concentració d'esforços de conservació en aquesta ZEC, i probablement seria més efectiva la protecció d'altres zones amb comunitats més madures i diverses com les dominades per boscos d'espècies de *Cystoseira sensu lato* (amb l'excepció de *C. compressa*) doncs són indicadors d'un elevat estat ambiental (Ballesteros *et al.*, 2007).

Una possible zona on concentrar majors esforços de conservació, segons els resultats presentats aquí, seria la zona d'Aigua Xelida. Com s'ha esmentat abans, en aquesta estació trobem boscos algals de *G. elegans* i *Sargassum sp.* ben desenvolupats, i una estructura de talles de garotes que indicaria una major depredació per part dels peixos, el que concorda amb una major abundància de depredadors, segons els resultats del indicador de peixos (veure capítol "Comunitat de Peixos" d'aquest informe). Aquesta estació també compta amb els valors més baixos de densitat de garotes, tot i què en el cas de *P. lividus* aquestes diferències no han estat significatives. Aquestes diferències podrien indicar que en aquesta estació existeix un cert control tròfic "top-down" en les comunitats infralitorals, donant evidència per mantenir i implementar mesures per conservar els peixos depredadors voltant aquesta estació ja que la seva sobreexplotació podria portar a aquestes comunitats a estats empobrits de blancall.

Aquestes mesures, aplicades a la ZEC en general, podrien ajudar també a recuperar zones ja impactades per aquest herbivorisme excessiu i on s'hi troben blancalls a altres punts de la ZEC, fora de les estacions mostrejades, com ara voltant el Port de Llafranc i a la Cala d'Aiguafreda (Observadores del Mar, Deserts Submarins). Enguany, en el marc del descriptor Prospeccions d'aquest mateix seguiment, s'ha observat també un blancall important a la reserva de Ses Negres (veure capítol "Prospeccions" d'aquest informe).

Així doncs, en aquesta ZEC trobem comunitats infralitorals rocoses diverses i generalment amb un elevat valor estructural i de formació d'hàbitat per les comunitats associades. Tot i així, aquestes comunitats pateixen una sèrie de pressions locals, entre les quals estan la pesca, tant professional com recreativa, la navegació i la freqüentació humana, i la urbanització de la costa (Mariani *et al.*, 2019). Aquestes comunitats també poden ser sensibles als efectes del canvi climàtic (Verdura *et al.*, 2021; Montserrat *et al.*, 2022). Els resultats presentats en aquest informe serveixen de línia de base pel seguiment continuat d'aquestes comunitats, fonamental per a la seva conservació. Tot i així, tenint en compte l'elevat valor de conservació de les comunitats algals en aquesta zona, és recomanable investigar i cartografiar en major detall la distribució, extensió i localització de tant les zones que estan en bon estat de conservació com les que estan dominades per blancalls. El monitoratge continuat és essencial per entendre com responen aquestes comunitats als impactes i mesures de gestió. Les activitats de ciència ciutadana, molt extenses en aquesta zona, també poden ser una eina útil per obtenir aquest tipus d'informació. En tot cas, reduir les diverses pressions antròpiques anteriorment esmentades és fonamental en aquesta ZEC per conservar les comunitats infralitorals i els serveis ecosistèmics que proporcionen.

Conclusions

La ZEC del Litoral del Baix Empordà compta amb fons rocosos on es desenvolupen comunitats infralitorals diverses segons l'estació de mostreig.

No s'ha observat diferències significatives entre les densitats de *Paracentrotus lividus* a les tres estacions de mostreig, ni entre la reserva pesquera de Ses Negres i les zones no vedades com esperariem a priori pel seu nivell de protecció.

La densitat de *Arbacia lixula* és significativament menor a Aigua Xelida que a les Illes Formigues, que és on s'ha observat major densitat d'aquesta espècie. No s'han observat diferències significatives entre la densitat de *A. lixula* a la reserva pesquera de Ses Negres i les zones no vedades.

Ses Negres destaca per l'elevada presència d'algues fotòfiles de dinàmica ràpida, espècies esciòfiles del gènere *Codium*, i de l'alga invasora *Caulerpa cylindracea*. Aquesta pot tenir impactes adversos sobre la comunitat nativa, i no s'ha observat en les altres dues estacions. La reserva de pesca de Ses Negres no es tradueix en un millor estat de conservació de les comunitats rocoses.

Les Illes Formigues destaca per elevada presència de l'alga calcificant *Liagora viscida* i de algues frondoses erectes formadores d'hàbitat. Aquesta estació presenta comunitats típiques de fons ben il·luminats.

Aigua Xelida destaca per l'elevada presència d'algues frondoses erectes formadores de boscos, coincidint amb els valors més baixos de densitat de garotes i una estructura de talles típica de poblacions que pateixen major depredació. Això podria indicar un control tròfic de les comunitats infralitorals en aquesta estació, indicant la importància de conservar els peixos depredadors en aquesta estació i en la ZEC en general.

La protecció d'aquestes comunitats en aquesta ZEC front als diversos impactes que pateixen, així com el seu monitoratge continuat és essencial per preservar-les i els serveis ecosistèmics que proporcionen.

Comunitats mediolitorals

- Els valors més elevats de cobertura de *Ericaria mediterranea* s'han observat a l'estació d'Aigua Xelida i els més baixos a Ses Negres. Totes les estacions presenten valors similars de densitat.
- Els valors de densitat i cobertura de *E. mediterranea* a la ZEC del Litoral del Baix Empordà corresponen a valors normals d'una comunitat mediolitoral sana i són comparables amb els valors observats al PN del Cap de Creus i PN del Montgrí, les Illes Medes i Baix Ter.

- Pertorbacions locals com el trepig o la contaminació poden tenir un impacte significatiu en l'estat d'aquest hàbitat.
- Tot i la bona catalogació de l'estat ecològic i de l'estat general de les masses d'aigua costaneres d'aquesta zona, cal prendre mesures cautelars durant les èpoques de més afluença, per tal d'assegurar una bona conservació d'aquest hàbitat.

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 aquests zones (Harley *et al.*, 2006; Airoidi 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 pertorbacions 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). 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 les modificacions del paisatge tan marí com terrestre (Ballesteros *et al.*, 2007). Entre els organismes que s'han fet servir com a indicadors, els més rellevants pel present seguiment són les macroalgues. Aquests organismes són els principals formadors d'hàbitat de la franja mediolitoral de costes del Mediterrani, i estan conformades per organismes pertanyents a grups taxonòmics dispars, amb diferents graus de vulnerabilitat a les alteracions del medi (Figura 27).



Figura 27. Estatge mediolitoral dominat per *Ericaria mediterranea* a la ZEC del Litoral del Baix Empordà al 2023.

Dins el marc de la costa catalana, a la zona d'estudi (ZEC del Litoral del Baix Empordà) trobem alguns hàbitats mediolitorals rocosos i batuts per l'onatge, especialment representatius i dominats per espècies com *Ericaria mediterranea*, *Ellisolandia elongata* o *Halopteris scoparia*. Menys freqüentment i en punts localitzats, trobem l'hàbitat "Fons infralitorals rocosos, calms i ben il·luminats amb *Lithophyllum byssoides*" (Ballesteros *et al.*, 2014; Generalitat de Catalunya, 2017). A la zona d'estatge mediolitoral 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. 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; Rodriguez-Prieto *et al.*, 2013).

La contaminació i eutrofització de les zones costaneres és un dels agents que més afecta a aquest hàbitat, sobretot a espècies amb un rol ecològic clau com les del gènere *Cystoseira sensu lato* per espècies de creixement més ràpid, com altres espècies d'algues vermelles (*Ellisolandia elongata*), musclos (*Mytilus galloprovincialis*) o, quan els nivells de contaminació són molt elevats, per algues verdes (*Ulva*, *Cladophora* i *Enteromorpha*). D'altra banda, aquestes són especialment vulnerables a l'abració i pel trepig, degut a la seva exposició a zones de fàcil accés per embarcacions, caiacs i per l'accés de turistes a determinats llocs de la costa. L'augment de les temperatures també sembla que pot afectar negativament a aquests hàbitats, ja sigui perjudicant a determinats processos poblacionals (e.g. reclutament de certes espècies de *Cystoseira sensu lato* (Montserrat *et al.*, 2022).

A més, els boscos de *E. mediterranea* són molt sensibles a l'alteració de l'hàbitat, així com a l'excessiu grau d'herbivorisme per part dels principals herbívors mediterranis: la salpa (*Sarpa salpa*) i especialment les garotes (*Paracentrotus lividus*), que poden tenir creixements poblacionals excessius en absència de depredadors i poden eliminar completament la cobertura algal. De fet, la regressió de boscos de *E. mediterranea* en indrets teòricament favorables s'ha descrit en diverses zones de la Mediterrània. Quan aquest hàbitat és degradat, sol substituir-se per comunitats dominades per *Ellisolandia elongata*, amb una baixa diversitat associada. Un cop degradat, aquest hàbitat es recupera molt lentament a causa de la dinàmica lenta de *E. mediterranea* i de la seva baixa capacitat de dispersió.

En el present treball, per tal de mesurar el possible impacte que pateix el mediolitoral en aquest tram de costa, es va triar una espècie representant de la comunitat i formadora d'hàbitat com a principal espècie indicadora: l'alga bruna *Ericaria mediterranea*. Aquesta és una espècie d'alga arborescent que creix en substrats rocosos, moderadament batuts per l'onatge (Ballesteros, 1984). Els seus màxims de producció es produeixen a la primavera (Ballesteros, 1988), i a l'estiu presenten un pic màxim de biomassa, quan les seves frondes estan ben desenvolupades, donant l'aspecte de "boscos". Aquesta espècie forma hàbitats continus però limitats i molt ben definits en l'estatge infralitoral superior, entre 0 i 0,5 metres de fondària, en zones situades just on baten les ones en llocs rocosos ben il·luminats i exposats a l'onatge. Aquesta espècie forma boscos en miniatura en què la capçada d'aquests vegetals pot arribar als 30 – 40 cm d'alçada, i els hàbitats que forma són molt abundants, especialment a la costa nord de Catalunya, incloent la costa del Montgrí i el cap de Creus, degut a la costa rocosa. Els boscos de *E. mediterranea* són considerats

hàbitats madurs, i que reflecteixen un millor estat de conservació de les zones costaneres i batudes del Mediterrani (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 del Litoral del Baix Empordà amb l'objectiu de determinar el seu estat de conservació i possibles pertorbacions que estiguin afectant negativament aquest hàbitat tant fràgil.

Material i mètodes

Disseny de mostreig

Degut a que la zona del Litoral del Baix Empordà és una zona prèviament estudiada i del qual es tenen coneixement previs, es va procedir a seleccionar els punts de la ZEC on aquesta comunitat es trobava més representada per tal de realitzar l'estudi de les comunitats mediolitorals. Descendint de nord a sud per la costa els punts seleccionats són els següents: Ses Negres, Aigua Xelida i Illes Formigues.

Entre el 5 i el 7 de Juliol del 2023 es van dur els mostrejos d'aquest indicador a les tres estacions (Taula 15, Figura 28).

Taula 15. Estacions de mostreig de comunitats mediolitorals del 2023 a la ZEC del Litoral del Baix Empordà.

ZEC	Estació	Data mostreig
Litoral del Baix Empordà	Ses Negres	2023-07-07
	Aigua Xelida	2023-07-05
	Illes Formigues	2023-07-06

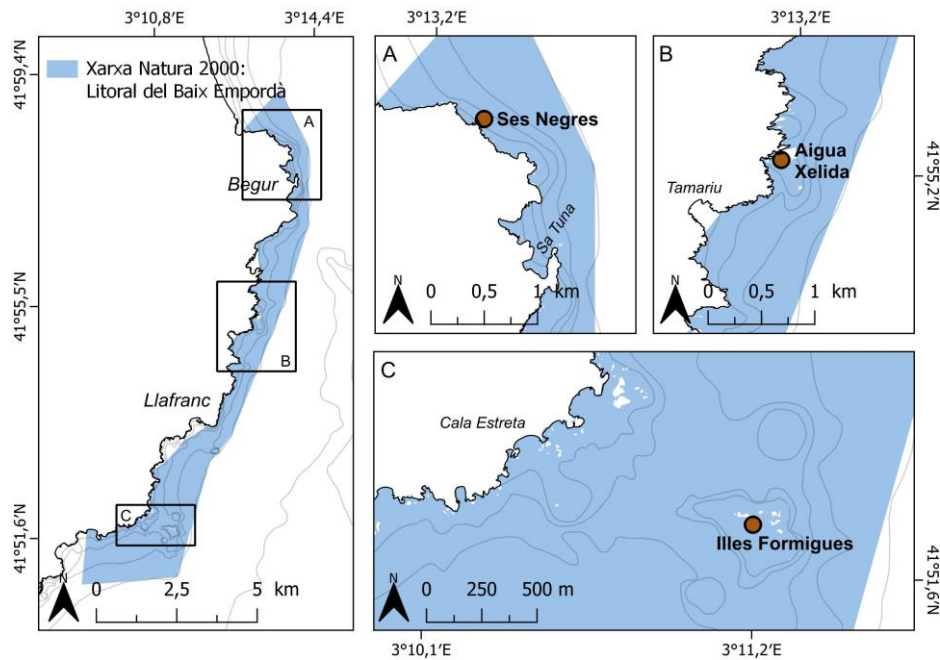


Figura 28. Mapa de les estacions de mostreig de comunitats mediolitorals de la ZEC del Litoral del Baix Empordà a l'any 2023.

Metodologia de mostreig

La zona d'estudi d'aquest indicador ha estat el Litoral del Baix Empordà, una zona costanera caracteritzada per zones i penya-segats rocósos, batuts per l'onatge i modelats per l'acció de l'aigua, així com fons marins on predominen biocenosis d'algues i animals bentònics de fons rocós (Generalitat de Catalunya, 2009).

Un cop identificats els punts de mostreig de les comunitats mediolitorals, cada estació es va subdividir en 4 subzones amb presència abundant de *Ericaria mediterranea*. Cadascuna d'aquestes subzones es va mostrejar mitjançant 5 quadres de 25 x 25 cm distribuïts a l'atzar (Figura 29). De cada quadre es mesurava:

- **Cobertura:** percentatge (%) d'alga que recobria el quadre. En cada estació s'han analitzat un total de 20 quadres aleatoris que representen aquesta comunitat mediolitoral.
- **Densitat:** nombre d'individus dins el quadre.
- **Alçada (en cm)** de l'individu més gran dins del quadre.
- **Fondària (en cm)** en la que es trobava el quadre.



Figura 29. Mostreig de les comunitats mediolitorals a la ZEC del Litoral del Baix Empordà al 2023.

Resultats

Densitat

Els valors de densitats de *Ericaria mediterranea* observats el 2023 en la ZEC del Litoral del Baix Empordà són pràcticament iguals per a les tres estacions, amb un valor de 9 individus per quadre, tal com s'observa en la Figura 30.

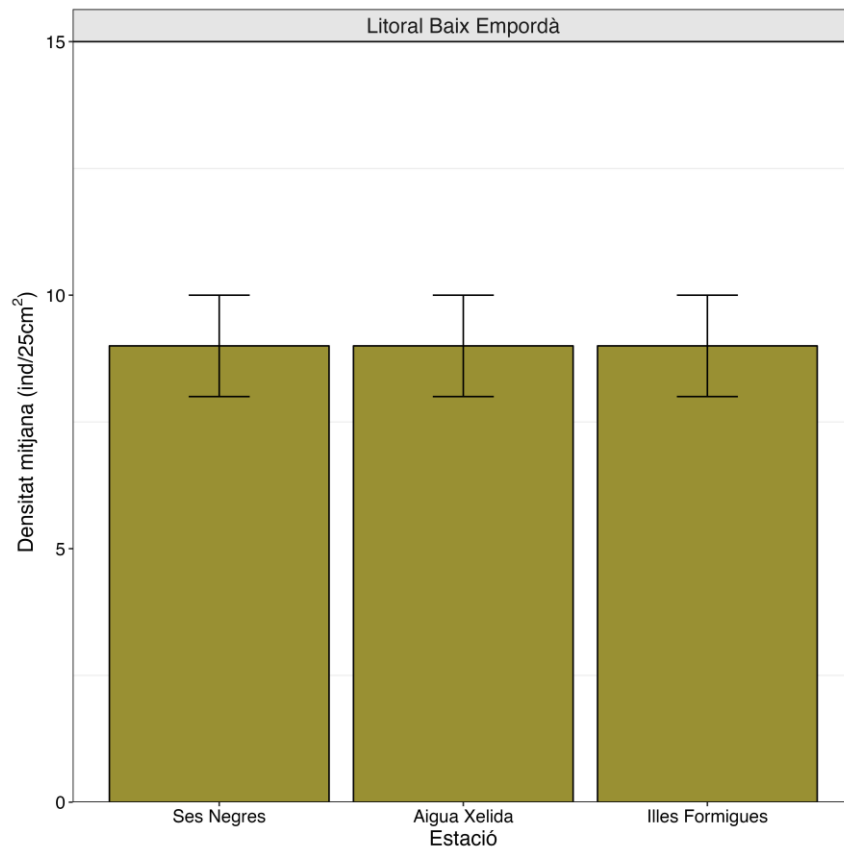


Figura 30. Densitat de *Ericaria mediterranea* (mitjana \pm error estàndard) calculades el 2023 a les diferents estacions, a la ZEC del Litoral del Baix Empordà.

Cobertura

En el següent gràfic (Figura 31) es pot observar els valors de cobertura de *E. mediterranea* que varien en les diferents estacions de la ZEC del Litoral del Baix Empordà: Ses Negres, Aigua Xelida i Illes Formigues.

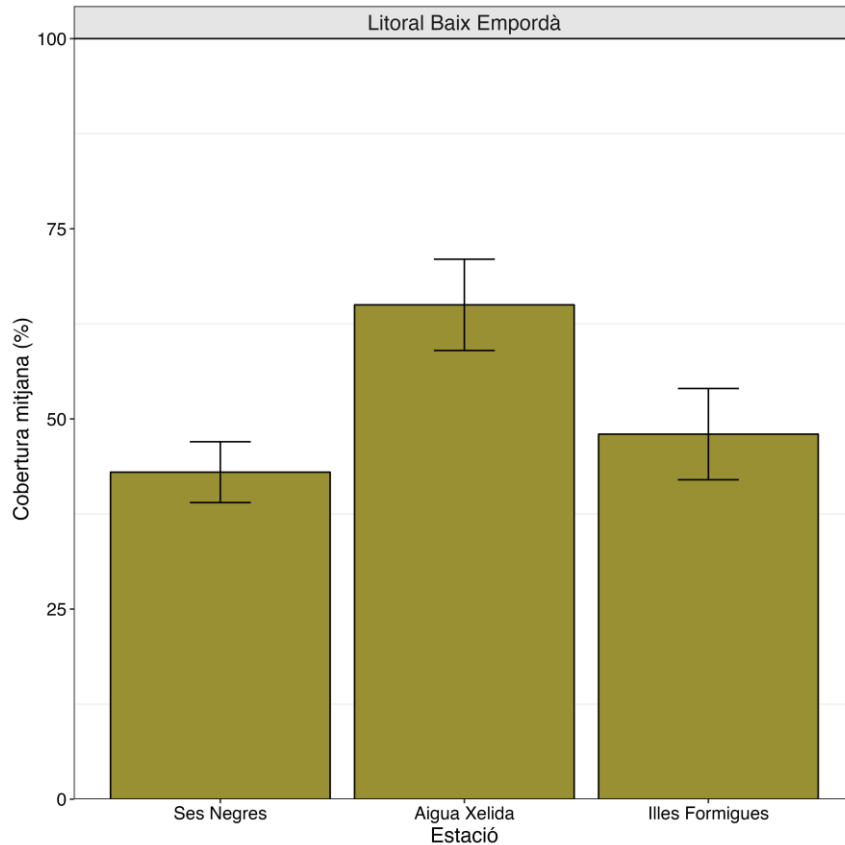


Figura 31. Cobertura de *Ericaria mediterranea* (mitjana \pm error estàndard) calculades el 2023 a les diferents estacions, a la ZEC del Litoral del Baix Empordà.

Els resultats obtinguts mostren una major cobertura mitjana a l'estació d'aigua Xelida (65%), seguit de l'estació d'Illes Formigues i Ses Negres (48 i 43% respectivament) (Figura 31). Si comparem entre estacions, s'observa que hi ha diferències significatives entre els valors de cobertura de Ses Negres i Aigua Xelida que tenen els valors més alts i baixos de cobertura (Kruskal-Wallis $\chi^2= 8.37$; p-valor <0.05) però en canvi, no s'observen diferències significatives entre les altres estacions.

Discussió

Les comunitats mediolitorals formen hàbitats situats entre el nivell més alt i més baix de les mareas. La seva extensió és variable, però al Mediterrani l'amplada d'aquest hàbitat sol ser estreta, destacant-se com la franja litoral amb la major productivitat del bentos, estant directament relacionada amb l'hidrocinemisme i les mareas (Polo i Rodríguez, 1989).

Enguany s'ha dut a terme un mostreig de la distribució de l'espècie *Ericaria mediterranea*, espècie formadora d'hàbitat més abundant i representativa de la comunitat mediolitoral, a 3 punts de la ZEC del Litoral del Baix Empordà. En aquest treball s'ha pogut determinar la densitat i percentatge de cobertura mitjana d'aquesta espècie en les diferents estacions mostrejades, tenint així una visió general de l'estat d'aquest hàbitat, així com l'impacte que pateix el mediolitoral en aquests punts del litoral del Baix Empordà.

A les estacions analitzades s'observa un cert patró en comú, amb valors de densitat gairebé idèntics en les tres estacions. Per altra banda, pel que fa als valors de cobertura cal destacar els valors observats a l'estació d'Aigua Xelida, mentre que les estacions de Ses Negres i Illes Formigues presenten uns valors lleugerament més baixos.

Aquestes semblances i diferències es poden donar per diferents factors, com la topografia de la línia de costa, els vents dominants i l'exposició a mar obert o zones arrecerades, els qual poden determinar la densitat i cobertura de *E. mediterranea* (Cefali *et al.*, 2016). Ses Negres es traca d'una àrea marina protegida situada davant del municipi de Begur, ocupant una àrea aproximada de 42 ha i un perímetre de 4,5 km, i molt exposada als freqüents temporals de tramuntana. Per altra banda l'estació d'Aigua Xelida es troba pròxima a la Cala d'Aigua Xelida, al Nord de Tamariu, una zona més protegida de l'hidrodinamisme però amb un alt grau de freqüentació humana, sobretot en els mesos d'estiu. Per últim, les Illes Formigues són un grup de petits illots situats a 3 milles de la costa de Palamós i que estan exposats a un alt hidrodinamisme sobretot en situacions de mala mar i que també sol ser altament freqüentat (Generalitat de Catalunya, 2022).

La influència de l'exposició a l'hidrodinamisme en la dinàmica poblacional de *E. mediterranea*, així com d'altres macroalgues presents en el franja mediolitoral juga un paper significatiu, el qual pot donar forma a la densitat i cobertura d'aquestes algues en comunitats mediolitorals (Polo i Rodriguez, 1989). Així doncs, zones on l'hidrodinamisme és elevat, els estressos físics a través de turbulències ocasionades per les onades, abrasió, etc. seran majors, provocant que *E. mediterranea* experimenti un major dany mecànic, afectant al seu creixement, reproducció i taxes de supervivència. Per altra banda però, aquest major hidrodinamisme donarà lloc a una major renovació i circulació de l'aigua, augmentat així la disponibilitat de nutrients, el qual pot beneficiar a les poblacions d'aquesta alga proporcionant els nutrients necessaris pel seu creixement i productivitat. Per últim, zones exposades a un major onatge poden experimentar esdeveniments de pertorbació més freqüents, creant oportunitats de colonització per *E. mediterranea* i altres algues. Per contra, a les zones arrecerades amb menor exposició a les ones, la competència d'altres algues o organismes sèssils pot ser més intensa, limitant l'establiment i el creixement de les poblacions de *Ericaria* (Cefali *et al.*, 2016).

Els resultats obtinguts mostren un bon estat general de les comunitats mediolitorals a la ZEC del Litoral del Baix Empordà. Si comparem els resultats obtinguts amb els valors obtinguts al PN del Cap de Creus (PNCC) i el PN del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter (PNMMBT) observem que els valors de densitat són similars i els de cobertura lleugerament inferiors. Aquest fet significa que els valors de densitat i cobertura de *E. mediterranea* observats a la ZEC del Litoral del Baix Empordà corresponen a valors normals d'una comunitat mediolitoral sana, i comparable amb zones protegides, com el PNCC i PNMMBT.

No obstant, tot i que *E. mediterranea* és una espècie altament estesa en diferents zones del Mediterrani i comuna a la costa catalana, també es tracta d'una comunitat altament sensible a l'alteració de l'hàbitat, a l'augment global de la temperatura de l'aigua i a factors vinculats a l'activitat humana, ja que són zones de molt fàcil accés i exposades a l'hidrodinamisme de la zona (Ballesteros *et al.*, 2014). Així doncs, encara que no sigui possible evitar o intervenir en l'avanç del canvi climàtic, sí que és factible prendre mesures en les pertorbacions locals que poden actuar de forma sinèrgica, com el trepig o la contaminació (Hereu *et al.*, 2018), ja que a part de la vulnerabilitat d'aquesta comunitat, es tracta d'un hàbitat amb un potencial de recuperació molt lent, limitat i variable (Thibaut *et al.*, 2016), així com una capacitat de dispersió baixa (Ballesteros *et al.*, 2014). De fet, diversos estudis mostren que la mitigació dels impactes locals pot tenir un impacte significatiu en la capacitat de recuperació de les poblacions d'aquesta espècie en concret, però també d'altres poblacions de *Cystoseira sensu lato* (Strain *et al.*, 2015).

Tot i que l'estat ecològic i l'estat general de les masses d'aigua costaneres d'aquesta zona està catalogat com a bo (Ballesteros *et al.*, 2007; ACA, 2018), cal destacar que és una zona amb una considerable pressió i explotació costanera. Així doncs, 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, així com altres possibles riscos, ja que l'eutrofització, contaminació, o l'augment de temperatura poden provocar canvis en l'estat d'aquest hàbitat (Littler i Murray, 1975; Chappuis *et al.*, 2014).

Així doncs, podem constatar com una sèrie de factors influeixen en la dinàmica i conservació d'aquesta comunitat, determinant així la seva densitat i cobertura. La ZEC del Litoral del Baix Empordà es caracteritza per comunitats mediolitorals sanes amb valors normatius de densitat i cobertura. Destaca la cobertura d'Aigua Xelida, amb els valors més alts de les 3 estacions estudiades, tractant-se d'una zona protegida de l'hidrodinamisme i amb una major freqüentació humana. Per altra banda també destaca Ses Negres, una àrea marina protegida, la qual presenta els valors més baixos de cobertura. I és que tot i ser un espai marí protegit, amb una mínima freqüentació, les condicions abiòtiques i biòtiques poden no ser les més adequades per al desenvolupament d'aquesta comunitat.

Conclusions

Els valors de densitat són similars i els de cobertura lleugerament inferiors a altres espais protegits de la costa Brava. Aquest fet significa que la densitat i cobertura de *E. mediterranea* observats a la ZEC del Litoral del Baix Empordà corresponen a valors normals d'una comunitat mediolitoral sana, i comparable amb zones protegides com el PNCC i PNMMBT.

Mentre que totes les estacions presenten valors similars de densitat, els valors de cobertura més elevats s'han observat a l'estació d'Aigua Xelida, i els més baixos a Ses Negres

Pertorbacions locals com el trepig o la contaminació poden tenir un impacte significatiu en l'estat d'aquest hàbitat, ja que es tracta d'un hàbitat amb un potencial de recuperació molt lent, limitat i variable.



Tot i que la catalogació de l'estat ecològic i l'estat general de les masses d'aigua costaneres d'aquesta zona és bona, es tracta d'una zona amb una considerable pressió antròpica, i caldria considerar accions de gestió per a minimitzar els potencials riscos i assegurar la conservació d'aquestes comunitats.

Comunitats de coral·ligen

- Les poblacions de *P. clavata* mostren valors de densitat, estructura de talles, biomassa i mortalitat dins dels rangs observats en els Parcs Naturals de Cap de Creus i Montgrí, Illes Medes i Baix Ter.
- Destaca l'estació de Furió Fitó seguida del Furió d'Aigua Xelida pels seus valors de biomassa i una elevada proporció de gorgònies de mida gran. Les poblacions de *P. clavata* de Ullastres III i Formigues mostren una elevada densitat però amb colònies de mida petita.
- La mortalitat de *P. clavata* a la ZEC del Litoral del Baix Empordà no és tan elevada com la que s'està observant al Parc Natural del Montgrí, Illes Medes i Baix Ter, però totes les estacions mostren mortalitats més elevades del que seria natural, indicant l'impacte de les onades de calor en aquesta ZEC. Ullastres III seguida de Formigues seria l'estació amb una major mortalitat.

- Els resultats de comunitat coincideixen amb els observats per les gorgònies, on destaquen Furió Fitó i Furió d'Aigua Xelida amb una comunitat en un estat de qualitat bo i amb una major proporció d'espècies estructurals, mentre que Ullastres III i Formigues mostren un estat de qualitat moderat, amb una menor diversitat i major proporció de turf algal.
- La metodologia utilitzada amb la combinació de les dues aproximacions, demogràfica i de comunitat, sembla que és l'òptima per avaluar l'estat de conservació d'aquest hàbitat, així com també la selecció de l'índex de qualitat INDEX-COR .
- A part de l'impacte del canvi climàtic, l'impacte més important en aquesta ZEC són les xarxes de pesca, bé en actiu o abandonades. L'elevada vulnerabilitat a les pertorbacions i la lenta dinàmica d'aquest hàbitat, fa que sigui crucial gestionar molt bé els impactes locals, per augmentar la resiliència del coral·ligen al canvi climàtic.

Introducció

El coral·ligen, definit com una bioconstrucció formada principalment per algues coral·linàcies que creixen en condicions de baixa irradiància, és un hàbitat marí endèmic de la Mediterrània i d'elevat interès patrimonial, ja que és considerat un *hot-spot* de biodiversitat marina que concentra un 10 % de les espècies marines presents al Mar Mediterrani, esdevenint una prioritat per a la conservació. Aquest hàbitat es caracteritza per la presència d'algues dels gèneres *Lithophyllum*, *Lithothamnion*, *Mesophyllum*, *Neogoniolithon*, *Peyssonnelia* i *Halimeda*, que es desenvolupen entre els 20 i 120m de fondària, limitant el creixement de les algues fotòfiles degut a la limitada quantitat de llum disponible que arriba al fons (Ballesteros, 2006; Linares *et al.*, 2012; Garrabou *et al.*, 2017). En aquestes condicions, les algues calcàries esdevenen les espècies dominants, i conjuntament amb una varietat d'organismes invertebrats, formen comunitats d'alta complexitat estructural (Linares *et al.*, 2012).

Originalment, el concepte de coral·ligen va sorgir al segle XIX a la regió de Marsella i s'atribueix al científic francès A. F. Marion (1833), el qual es dedicava a l'estudi de la biologia del corall vermell *Corallium rubrum*, espècie de gran importància pesquera a aquesta regió. En aquest context, com que el corall vermell era extret en zones amb gran abundància d'algues calcàries, aquest hàbitat "productor de corall" va adoptar aquest nom. No obstant, el terme agrupa una gran diversitat de comunitats dominades per diversos tipus d'algues calcàries i invertebrats que, independentment de la seva composició, es caracteritzen per la capacitat de formar importants bioconcrecions, que poden arribar fins als 2 m d'alçada, en diferents zones geogràfiques de la Mediterrània (Ballesteros, 2006; Linares *et al.*, 2012; Garrabou *et al.*, 2017).

La formació del coral·ligen és un procés extremadament lent que dona lloc a una estructura complexa i heterogènia. En aquest sentit, les comunitats de coral·ligen es caracteritzen per la presència de tres estrats diferents en els quals hi habiten diferents tipus d'espècies segons la forma de creixement, mida i requeriments ecològics. L'estrat basal es troba constituït per diferents tipus d'algues coral·linàcies i espècies de creixement incrustant i/o poca alçada (rodòfits, algues verdes, briozous coralls o esponges). L'estrat mig està dominat per espècies amb un creixement massiu i d'alçada moderada (fins uns 15 cm) com el cas de briozous, antozous, ascidis esponges i algunes algues (*Halimeda tuna* i *Flabellia petiolata*) i finalment trobem l'estrat superior dominat per gorgònies i esponges de forma arborescent i de gran envergadura (Ballesteros, 2006).

Malauradament, les comunitats de coral·ligen, a l'igual que la gran majoria d'hàbitats, no estan exemptes de pressions i perturbacions vinculades a l'activitat humana. Entre aquestes hi trobem l'augment de la turbulència de l'aigua, l'eutrofització i els efectes erosius de les àncores i els arts de pesca, com la pesca d'arrossegament (Ballesteros, 2006). Actualment, a aquestes perturbacions més locals, cal afegir-hi els efectes de dos impactes importants d'abast regional, el canvi climàtic i l'arribada d'espècies invasores. Així doncs, en un món cada vegada més canviant degut al canvi climàtic, amb augments de temperatura i onades de calor cada vegada més elevats i recurrents, les espècies del coral·ligen es troben entre els organismes més vulnerables en els ecosistemes costaners del Mar Mediterrani, el qual ha registrat màxims històrics de temperatures ens els últims anys (Garrabou *et al.*, 2022). Al canvi climàtic, s'ha d'afegir l'arribada d'espècies invasores (com *Caulerpa cylindracea* i *Womersleyella setacea*) vinculada a l'increment del transport marítim i el desenvolupament de l'aqüicultura (Linares *et al.*, 2012). La suma d'aquestes perturbacions, ja

siguin directes o combinades, pot comportar conseqüències greus per a la conservació d'aquestes valuoses comunitats, el qual accentua la gran fragilitat d'aquest hàbitat davant les pertorbacions.

Donada la seva elevada vulnerabilitat a aquestes pressions, el coral·ligen ha estat objecte de diverses mesures de protecció preses per diferents administracions i organitzacions. Concretament, la Unió Europea va prohibir la pesca amb arts d'arrossegament, dragues, xarxes de platja o xarxes similars sobre les comunitats del coral·ligen (CE Num. 1967/2006, Article 4.2). Més recentment, els països signataris de la Convenció de Barcelona (entre ells Espanya) varen aprovar un pla d'acció per la protecció del coral·ligen compromentent-se a promoure la seva conservació i gestió sostenible (UNEP-MAP RAC/SPA 2008). Finalment, l'any 2016, el coral·ligen ha estat inclòs a la llista vermella d'hàbitats europeus com gairebé amenaçada (NT) (http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/redlist_en.htm). Cal afegir que algunes de les seves espècies emblemàtiques com el corall vermell *Corallium rubrum* i la gorgònia *Paramuricea clavata* han estat recentment incloses dins la llista vermella d'Antozous del Mediterrani de la IUCN com en perill i vulnerable, respectivament (Otero *et al.*, 2017).

Per tal d'avaluar l'estat de la comunitat del coral·ligen en general, s'ha estimat la riquesa de principals grups taxonòmics, morfològics i també se n'ha calculat un índex de qualitat. De tots els índexs descrits pel coral·ligen (Di Camillo *et al.*, 2023), s'ha triat l'INDEX-COR (IC, Sartoretto *et al.*, 2017), ja que no necessita d'una estació de referència dins la zona d'estudi, i integra 3 components per a valorar l'estat de conservació del coral·ligen: la sensibilitat de les espècies presents a pertorbacions, i per tant de forma indirecta la presència d'aquestes; la biodiversitat de la comunitat, que sustenta les funcions ecosistèmiques d'aquesta comunitat (Paoli *et al.*, 2017); i finalment la complexitat estructural de la comunitat, essencial per tota la biodiversitat que viu associada al coral·ligen (Ballesteros, 2006).

En el present treball, per tal de mesurar el possible impacte que pateix aquest hàbitat a part d'estudiar tota la comunitat en conjunt, s'han escollit també les gorgònies com a principal espècie indicadora d'aquest hàbitat, donat el seu paper com formadores d'hàbitat. Concretament, a la ZEC del Litoral del Baix Empordà s'ha seleccionat la gorgònia vermella, *Paramuricea clavata* per la seva abundància i coneixement ecològic que tenim d'aquesta espècie, la qual també forma part del monitoreig dels Parcs Naturals.

La gorgònia vermella *P. clavata* és una espècie molt emblemàtica de la Mediterrània per la seva bellesa i el seu paper ecològic (Figura 32). La seva forma arborescent genera una estructura tridimensional que serveix de substrat i refugi per a moltes espècies associades, desenvolupant així comunitats molt complexes a nivell estructural amb una elevada biodiversitat, presents sobretot a l'estatge infralitoral i circalitoral (Ballesteros, 2006; Casas *et al.*, 2015; Gómez-Gras *et al.*, 2021). Aquest elevat valor ecològic també ve acompanyat d'un alt valor paisatgístic, que representa un reclam turístic molt important. Aquesta espècie presenta una dinàmica poblacional molt lenta, la qual ve donada per la longevitat de les colònies (fins a més de cent anys), per les taxes de creixement somàtic baixes (per sota d'un centímetre a l'any), una maduresa reproductiva tardana i taxes de reclutament molt baixes (Coma *et al.*, 1995a, b, 1998; Linares *et al.*, 2007). Degut a aquesta dinàmica, aquesta espècie pot viure bé en ambients estables, on poden amortir bé petites variacions, però aleshores això els hi confereix una major vulnerabilitat a pertorbacions

més fortes, fet que està ocorrent cada vegada més en els ecosistemes marins somers a causa de l'impacte creixent de les activitats humanes.



Figura 32. Imatge de la gorgònia vermella (*Paramuricea clavata*).

Una de les principals amenaces per aquesta espècie són les onades de calor, esmentades anteriorment, les quan han comportat mortalitats massives de gorgònies des de fa dècades, com les observades al 1999 o 2003 (Cerrano *et al.*, 2000; Linares *et al.*, 2005; Garrabou *et al.*, 2009, 2019), i que s'han tornat més intenses i recurrents entre el 2015 i el 2019 (Garrabou *et al.*, 2022). Una problemàtica afegida a l'increment de la temperatura del mar és la creixent presència d'activitats humanes en els ecosistemes litorals (Halpern *et al.*, 2008). En el cas de la gorgònia vermella, la seva sensibilitat a pertorbacions físiques implica que es puguin veure perjudicades per les activitats recreatives que es donen en els Parcs Naturals de Catalunya, com és el cas del busseig (Coma *et al.*, 2004; Linares i Doak, 2010). El turisme de busseig és una de les formes més importants d'ús comercial de les àrees marines protegides de tot el món (Rouphael i Inglis 2001; Lloret *et al.*, 2006; Parsóns i Thur 2008). Tanmateix, un elevat nombre de bussejadors han comportat una altra causa de mortalitat que no per involuntària resulta menys preocupant. La mortalitat causada per escafandristes provoca l'arrabassament total o parcial de les colònies degut als cops que pot rebre aquesta. L'erosió involuntària produïda pels bussejadors, tot i causar un augment relativament petit de les taxes de mortalitat anual, pot arribar a comprometre la viabilitat de les poblacions a llarg termini en alguns llocs molt visitats (Linares *et al.*, 2007; Linares i Doak, 2010; Zentner *et al.*, 2023), ja que comporta una mortalitat extra que augmenta la vulnerabilitat d'aquests organismes, actualment molt amenaçats pel canvi climàtic.

Els esdeveniments de mortalitat, lligats a l'augment de la temperatura, conjuntament amb les pertorbacions causades per la pressió de busseig, entre d'altres activitats humanes com la pesca

(Bavestrello *et al.*, 1997; Betti *et al.*, 2020) o l'ancoratge, poden generar efectes sinèrgics que empitjoren els impactes del canvi climàtic i comprometen la conservació de les poblacions de gorgònia vermella (Linares i Doak, 2010; Zentner *et al.*, 2023). En aquesta línia, entre l'any 2017 i 2018 es van produir per primer cop a la costa catalana, fenòmens d'anomalies tèrmiques que al 2017 van coincidir amb una proliferació excessiva d'algues filamentoses, lligada a condicions ambientals particulars com augment de la temperatura, irradiància i manca d'hidrodinamisme (Mistri i Cecchereli 1996; Schiaparelli *et al.*, 2007) i que va tenir un efecte molt important en els nostres parcs (Hereu *et al.*, 2017). Aquestes algues poden quedar atrapades en les ramificacions de les gorgònies, on poden seguir creixent, generant una pel·lícula que ofega a aquests organismes, amb la conseqüent aparició de teixit necrosat. Tant els efectes directes (augment de la temperatura) com indirectes (proliferació d'algues filamentoses) del canvi global resulten difícils de gestionar a petita escala.

Així doncs, l'objectiu d'aquest programa de seguiment és avaluar l'estat de conservació de l'hàbitat de coral·ligen de la ZEC del Litoral del Baix Empordà a partir de l'avaluació de la comunitat del coral·ligen i de les poblacions de l'espècie indicadora d'aquest hàbitat, la gorgònia vermella (*Paramuricea clavata*). Aquesta és una espècie que presenta molts atributs per fer estudis de seguiment, com la relativa facilitat amb la qual es pot censar, la seva gran mida, i la seva sensibilitat a perturbacions de diferents orígens (Linares *et al.*, 2010). El seu monitoratge ens permet, per un costat, tenir un control dels efectes del canvi climàtic en aquestes espècies, a més de controlar l'impacte del busseig recreatiu en les zones d'elevada freqüentació de submarinistes que es poden donar en aquesta ZEC.

Material i mètodes

Disseny de mostreig

Per a l'estudi de les comunitats de coral·ligen i les poblacions de gorgònies es varen seleccionar els punts de manera que quedessin ben representats al llarg de tota la ZEC del Litoral del Baix Empordà. De nord a sud, aquestes estacions van ser: Furió Fitó, Furió d'Aigua Xelida, Ullastres III i Illes Formigues (Figura 33, Taula 16).

Taula 16. Estacions de mostreig de comunitats de coral·ligen de la ZEC del Litoral del Baix Empordà de l'any 2023.

ZEC	Estació	Fondària (m)	Data mostreig
Litoral del Baix Empordà	Furió Fitó	35	2023-07-10
	Furió Xelida	25	2023-07-10
	Ullastres III	27-32	2023-07-11
	Formigues	17	2023-07-11

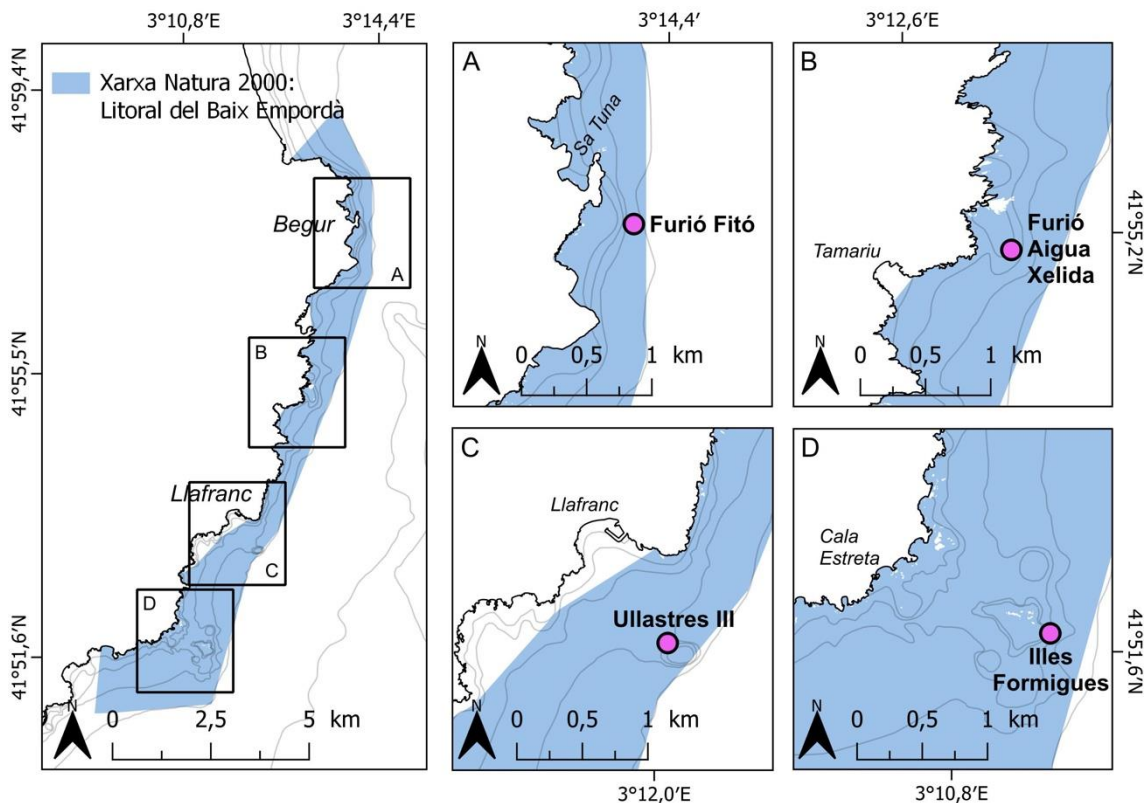


Figura 33. Mapa de les estacions de mostreig de comunitats de coral·ligen de la ZEC del Litoral del Baix Empordà de l'any 2023.

Metodologia de mostreig

Per aquest mostreig es van dur a terme dues aproximacions: d'una banda es va dur a terme un mostreig de gorgònia vermella, i per altra, un mostreig fotogràfic de la comunitat del coral·ligen a la mateixa zona de les poblacions de gorgònia vermella

Mostreig de *Paramuricea clavata*

A cada estació es varen col·locar un mínim de 30 quadrats de 50x50 cm de forma aleatòria dins de cada població (Figura 34).



Figura 34. Mètode de mostreig mitjançant quadrats aleatoris.

A cada quadrat es mesurava l'alçada màxima de totes les gorgònies vermelles presents, així com el percentatge i tipus de mortalitat observada (recent o antiga). Entenem per mortalitat recent (anomenada com a necrosi) aquella que es manifesta en forma de teixits ennegrits i que es va desprendre o nus, els quals recentment (prop d'un parell de mesos com a màxim) han perdut el teixit viu de color violaci o groc (Figura 35a). En el cas de la mortalitat antiga (anomenada com a epibiosi), la mort dels teixits s'ha produït temps enrere, i les parts mortes queden cobertes per organismes epibionts que creixen sobre l'esquelet de les gorgònies (Figura 35b).

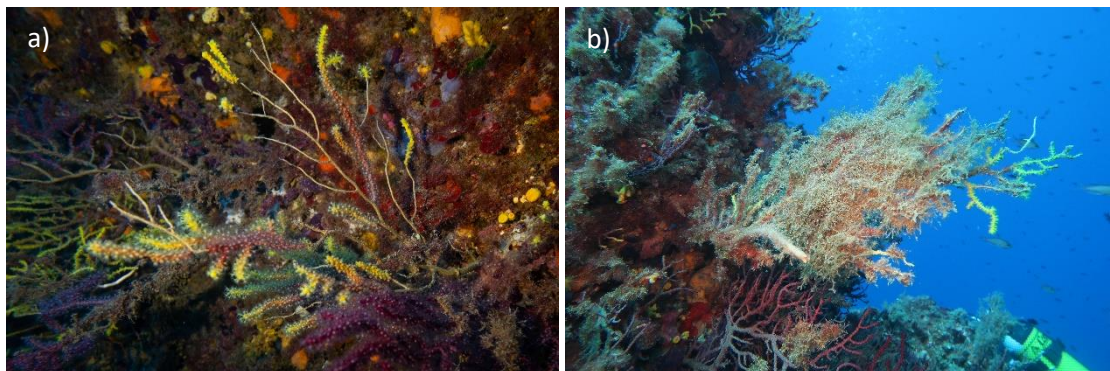


Figura 35. Gorgònia vermella amb a) mortalitat recent (necrosi) i b) mortalitat antiga (epibiosi).

Les dades recollides permeten mesurar el reclutament de nous individus a les diferents poblacions, estudiar l'estructura de les classes de talla a cada estació de mostreig, i avaluar el grau de mortalitat total i parcial de les colònies que, conjuntament amb el tipus d'afectació, permet inferir les causes de mortalitat, com l'efecte de l'escalfament de l'aigua, d'algues filamentosos o dels submarinistes. Al mateix temps, s'anotava la possible presència d'espècies introduïdes (especialment *Womersleyella setacea*, però també d'altres possibles) dins de les poblacions.

Finalment, es van prendre fotografies de les zones d'estudi, de colònies de gorgònies a l'atzar i dels efectes més palesos de la mortalitat de les colònies. Aquestes fotografies serveixen com a referència per a futurs mostrejos.

Resumint, els descriptors estudiats a partir dels quadres aleatoris a cada localitat són:

- **Densitat.**
- **Biomassa:** s'ha utilitzat l'alçada de les colònies per al seu càlcul i s'ha seguit la relació descrita per Coma i companyia al 1998:

$$Biomassa (g) = 0.002 * Alçada (cm)^{2.61}$$

Aquesta biomassa ha estat corregida com a biomassa viva, restant els percentatges de superfície que presenten mortalitat a la biomassa obtinguda anteriorment. A més a més, per a avaluar la reducció d'aquesta, s'ha calculat la variació percentual de la biomassa entre el primer i l'últim any de mostreig.

- **Estructura de talles en alçada (cm)** a partir de les mides individuals de les colònies. Les classes de mida emprades són en intervals de 10 cm, com les descrites per Linares i Doak (2010).
- **Grau de necrosi:** percentatge (%) mitjà de teixit denudat.
- **Grau d'epibiosi:** percentatge (%) mitjà de teixit epibiotat (teixit cobert d'organismes epibionts).
- **Percentatge de colònies afectades** per algun tipus de mortalitat (parcial i total), considerades com afectades aquelles que presenten >10% de superfície afectada per necrosi o epibiosi (segons Linares *et al.*, 2008).
- **Tipus d'afectació** (si s'observa necrosi dels teixits o hi ha parts arrencades).
- **Detecció d'impactes.**
- **Presència d'altres espècies vulnerables.**
- **Presències d'espècies exòtiques.**

Anàlisi de dades

Per determinar si hi havia diferències significatives entre les densitats entre les estacions mostrejades es va utilitzar el test estadístic Kruskal Wallis, el qual ens permet testar diferències sense assumir una distribució normal de les dades (Kruskal i Wallis, 1952). Per determinar entre quines estacions es trobaven les diferències es va utilitzar un test post-hoc de comparacions mitjançant la correcció de Bonferroni.

Mostreig de la comunitat del coral·ligen

Per a mostrejar la comunitat de coral·ligen associada a la gorgònia vermella, es van fotografiar els organismes sèssils macrobentònics situats entre les colònies de *P. clavata*. Específicament, es va fer servir una càmera Nikon D7000, per a mostrejar fotogràficament 3 transectes aleatoris per estació. Cada transecte estava compost per 8 quadrats de 25 x 25 cm, donant-nos un total de 24 fotografies (Figura 36). Es va decidir aquesta quantitat per a cobrir l'àrea òptima, respecte l'esforç de mostreig, per capturar la biodiversitat de comunitats coral·lígenes (Kipson *et al.*, 2011).

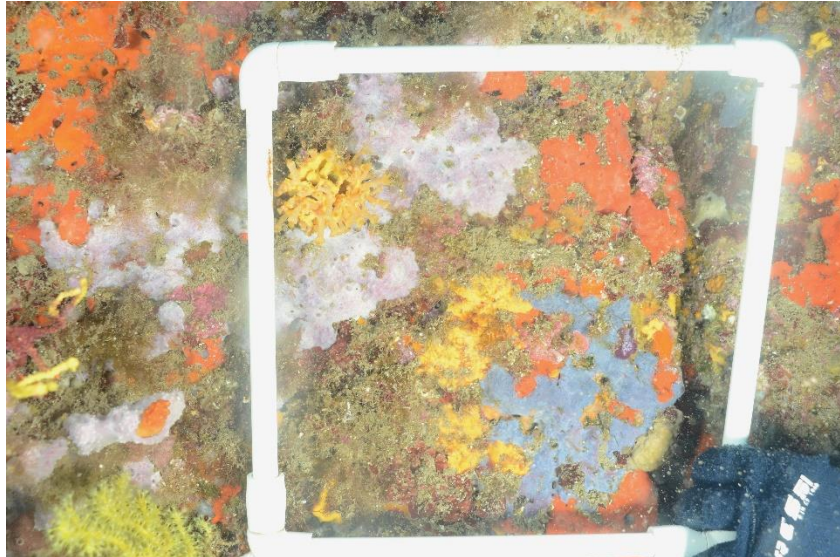


Figura 36. Metodologia de mostreig de la comunitat del coral·ligen. A la fotografia es pot observar el quadre de 25x25 cm que s'ha utilitzat.

Un cop realitzades les fotografies, es van analitzar amb el programari lliure PhotoQuad (Trygonis i Sini, 2012), amb l'objectiu d'obtenir la cobertura dels diferents organismes. És a dir, el percentatge d'àrea que ocupa cada un dels organismes dins la comunitat, i en aquest cas en les fotografies. Per a fer-ho, es van plotejar de forma aleatòria 100 punts en cada fotografia i es va identificar l'espècie al nivell taxonòmic més baix possible. Amb aquestes dades, s'ha realitzat una exploració taxonòmica, un anàlisi centrat en les morfologies de les espècies presents i, conjuntament amb les dades de la gorgònia vermella, s'ha calculat l'índex INDEX-COR (Sartoretto *et al.*, 2017) per a categoritzar el seu estat de conservació.

L'exploració taxonòmica, ha consistit en agrupar i representar la cobertura de les espècies en els següents grups taxonòmics: algues cloròfitas, algues feòfitas, algues rodòfitas, bivalves, briozous, cnidaris poliquets, porífers i tunicats. A part d'aquests grups, també s'ha representat la cobertura de "turf algal", és a dir, la gespa d'algues que no es pot identificar de forma macroscòpica. També s'ha representat la cobertura del "mixture complex", entesa com la matriu biòtica basal que en volta la resta d'organismes identificats, també un aspecte tipus "turf", però que està composta per un conjunt d'invertebrats, d'algues, i altres espècies que no es poden identificar de forma macroscòpica.

Amb l'objectiu d'explorar la complexitat estructural del coral·ligen, i per tant la seva capacitat d'oferir hàbitat, s'ha categoritzat les espècies en diferents grups morfològics. Adaptat de Casas *et al.*, 2015, els grups morfològics són: algues incrustants, tipus turf, foliars, articulades i massives; invertebrats incrustants, amb forma de copa, massius, arborescents, perforants i epibionts obligats; i el "mixture complex". De cada grup s'ha calculat la cobertura en percentatge i representat en la gràfica en ordre ascendent de complexitat.

Finalment, per a avaluar l'estat del coral·ligen, s'ha calculat un índex de qualitat. Dels índexs descrits pel coral·ligen (Di Camillo *et al.*, 2023), s'ha triat l'INDEX-COR (IC, Sartoretto *et al.*, 2017), que integra tres components: la sensibilitat, la biodiversitat i la complexitat estructural de la

comunitat. Fent servir un llistat d'espècies publicat pels autors de l'índex, el primer component es calcula classificant les espècies identificades en diferents grups de sensibilitat a pressions antropogèniques, en aquest cas centrat en qualitat de l'aigua (matèria orgànica, sediment) i pertorbacions físiques (ancoratge, pesca, submarinisme). El segon component, la biodiversitat, es calcula a partir del nombre d'unitats taxonòmiques identificades en el mostreig. Finalment, el tercer component es basa en dividir el coral·ligen en 3 capes: basal (espècies incrustants < 5cm), intermèdia (espècies de creixement erecte limitat < 20cm) i superior (espècies > 20cm) i calcular la seva proporció dins la comunitat. De les espècies de la capa superior (principalment gorgònies), també pondera el seu estat d'afectació per temperatura. A partir dels 3 components, seguint la metodologia del autors es pot calcular el valor de l'índex per cada estació i classificar-lo en 5 estats: "dolent" (IC < 20), "pobre" (20 < IC < 40), "moderat" (40 < IC < 60), "bo" (60 < IC < 80) i "alt" (IC > 80).

Resultats

Poblacions de la gorgònia vermella (*Paramuricea clavata*)

Densitats

Les densitats de gorgònia vermella al Litoral del Baix Empordà presenten diferències entre algunes de les estacions mostrejades ($X=30,76$, $p\text{-valor}<0,05$). Les dues estacions amb una densitat més elevada de colònies no mostren diferències entre elles, i són Ullastres III, amb 31 colònies/m², i Formigues, amb 29 colònies/m². Les altres dues estacions sí que presenten una densitat significativament més baixa, tot i que entre elles són similars, i són Furió Fitó, amb unes 21 colònies/m², i Furió d'Aigua Xelida, amb unes 20 colònies/m² (Figura 37).

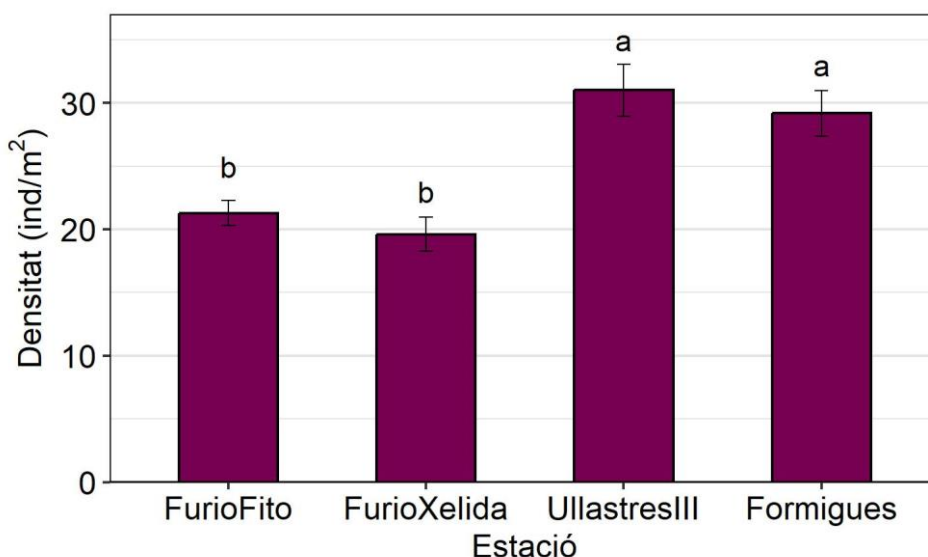


Figura 37. Densitat de gorgònia vermella (mitjana i error estàndard) a les diferents estacions mostrejades a la ZEC del Litoral del Baix Empordà l'any 2023. Les lletres mostren les diferències estadístiques entre les estacions.

Estructura de talles

Les estructures de talla de gorgònia vermella mostren una distribució unimodal en les estacions mostrejades, amb una màxima proporció de colònies entre les talles 10 i 30 en el cas de Formigues i Ullastres III, entre 20 i 50 a Furió Fitó, i entre 20 i 40 en el cas de Furió d'aigua Xelida. Les estacions de Formigues i Ullastres III presenten una proporció més elevada de colònies de mida més petita (0-10 cm), amb valors del 21% i 12% respectivament. En el cas de Furió Fitó i Furió d'Aigua Xelida aquest valor és del 12% en ambdós casos. Per contra, aquestes dues últimes estacions presenten colònies de mida més gran (70-80 cm), encara que amb percentatges molt baixos (1,35% i 0,68% respectivament), mentre que les dues primeres no mostren aquestes colònies de mida més gran. De fet, la classe de talla més gran que s'ha trobat a l'estació de Formigues es troba entre 50 i 60 cm, i amb una proporció molt baixa (0,51%) (Figura 38).

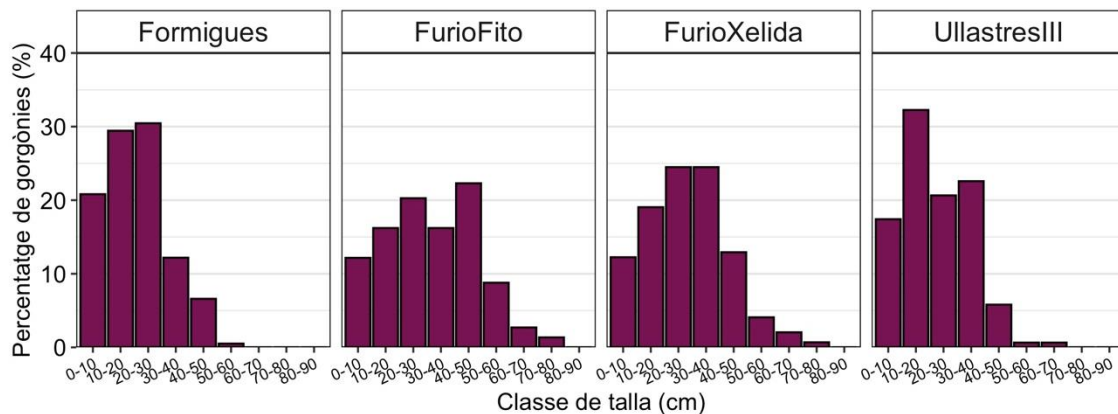


Figura 38. Estructura de talles de gorgònia vermella de les diferents estacions mostrejades a la ZEC del Litoral del Baix Empordà l'any 2023. A la capçalera s'indica el nom de cada estació.

Mortalitat

El percentatge de colònies afectades és elevat en totes les estacions tot i que mostren algunes diferències significatives ($X=8,32$, p -valor $<0,05$): Furió Fitó mostra un percentatge significativament inferior (33,5%, sent el valor més baix) que Ullastres III (55%, sent el valor més elevat). D'altra banda, les estacions de Furió d'Aigua Xelida i Formigues i mostren valors entremetijats, del 40% i del 41,6% respectivament (Figura 39).

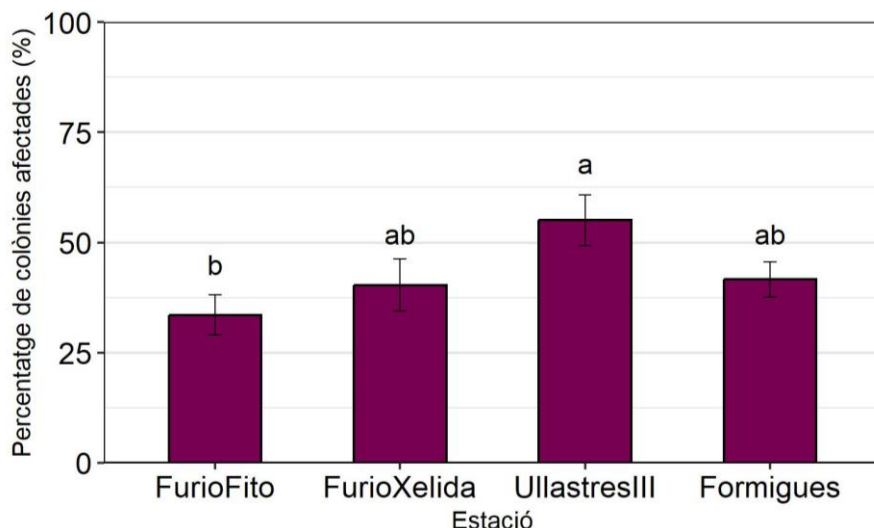


Figura 39. Percentatge de colònies de gorgònia vermella amb signes de mortalitat (>10% de la superfície afectada) (mitjana i error estàndard) en les diferents estacions mostrejades a la ZEC del Litoral del Baix Empordà l'any 2023. Les lletres mostren les diferències estadístiques entre les estacions.

De les estacions mostrejades aquest 2023 al Litoral del Baix Empordà no n'hi ha cap que presenti més d'un 50% de colònies totalment sanes; la que en mostra un percentatge més elevat és Furió d'Aigua Xelida, amb un 49%, i la que menys és Ullastres III amb tant sols un 17%. D'alta banda, la major part de la mortalitat observa es tracta de mortalitat antiga (epibiosi), amb poca mortalitat recent (necrosi) detectada. L'estació amb un percentatge més elevat de colònies afectades per epibiosi és Ullastres III, amb un 79%, mentre que la que presenta un valor més baix és Furió Fitó, amb un 46% (Figura 40).

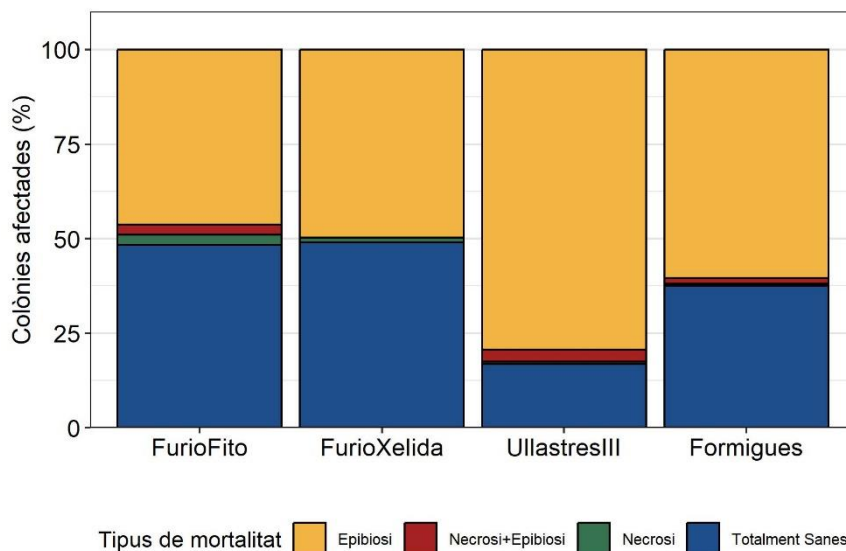


Figura 40. Percentatge de colònies afectades per mortalitat de gorgònia vermella a les diferents estacions mostrejades a la ZEC del Litoral del Baix Empordà l'any 2023. S'han comptat les colònies totalment sanes com aquelles que tenen menys d'un 10% de mortalitat. Els valors de les barres indiquen el percentatge de colònies afectades segons el tipus de mortalitat: Epibiosi, Necrosi, Necrosi i Epibiosi, o Totalment Sanes.

La superfície total afectada per mortalitat és, en general, baixa a totes les estacions, tot i que totes superen el llindar del 10% que correspondrien a poblacions totalment sanes. L'estació que presenta un percentatge superior al 20% és Ullastres III, i és la que mostra un valor significativament més alt ($X=36,26$, $p\text{-valor}<0,05$). Les altres tres estacions no mostren diferències significatives entre elles; Furió Fitó és la que presenta un valor més baix, amb un 13% de superfície afectada, seguit de Furió d'Aigua Xelida, amb un 16%, i de Formigues, amb un 19% (Figura 41).

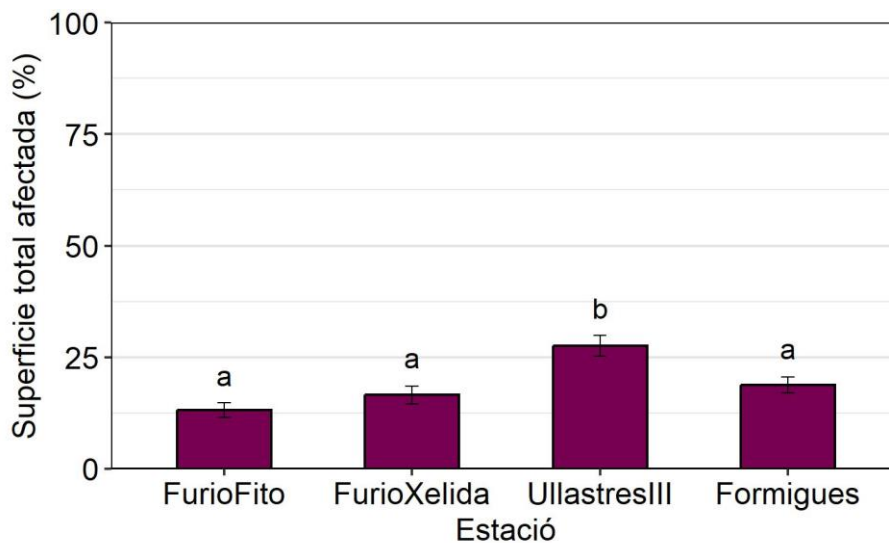


Figura 41. Percentatge de superfície afectada per mortalitat total de gorgònia vermella (mitjana i error estàndard) a les diferents estacions de la ZEC del Litoral del Baix Empordà l'any 2023. Les lletres mostren les diferències estadístiques entre les estacions.

Biomassa

La biomassa de gorgònia vermella presenta diferències significatives entre algunes de les estacions mostrejades a la ZEC del Litoral del Baix Empordà aquest 2023 ($X=18,18$, $p\text{-valor}<0,05$). L'estació amb una major biomassa és Furió Fitó, amb un valor de 526 g/m^2 , la qual es diferencia significativament de les estacions d'Ullastres III i Formigues, que presenten valors de 268 g/m^2 i 209 g/m^2 , respectivament. L'estació de Furió d'Aigua Xelida presenta valors entremitjos (345 g/m^2) (Figura 42).

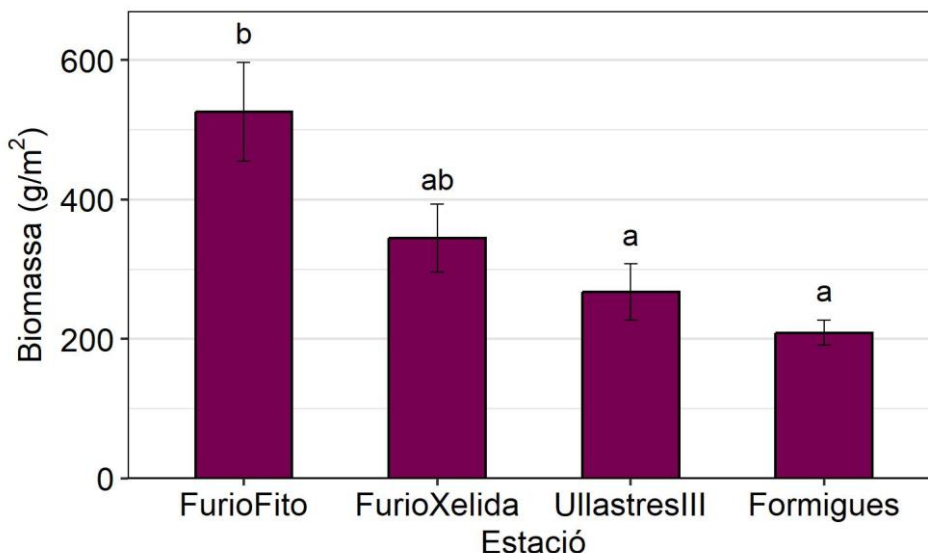


Figura 42. Biomassa de colònies de gorgònia vermella (mitjanes i error estàndard) a les diferents estacions de mostreig de la ZEC del Litoral del Baix Empordà l'any 2023. Les lletres mostren les diferències estadístiques entre les estacions.

Comunitat del coral·ligen

Exploració taxonòmica

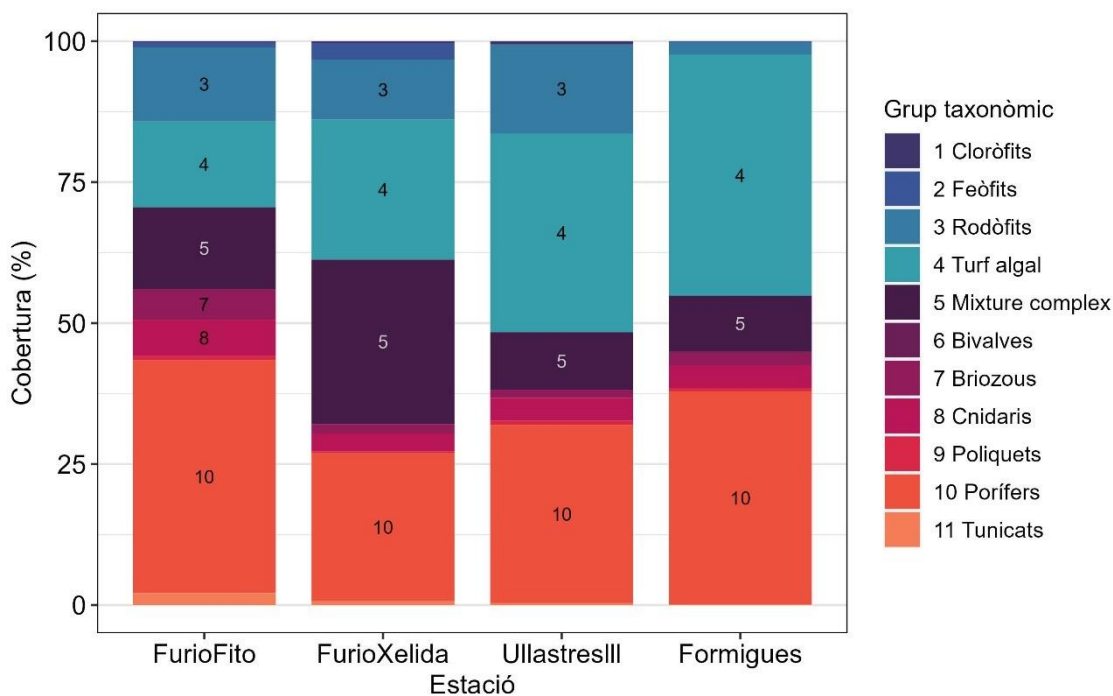


Figura 43. Cobertura en percentatge dels principals grups taxonòmics identificats en la comunitat associada de la gorgònia vermella al ZEC del Litoral del Baix Empordà l'any 2023. Els colors blaus indiquen grups autotròfics mentre els colors vermells indiquen grups amb estratègies principalment heterotròfiques. La categoria "mixture complex" es defineix com la matriu basal de la comunitat composta per un conjunt d'invertebrats i algues que no són identificables a nivell macroscòpic. En el gràfic, només s'han etiquetat els grups que superen el 5%.

Les comunitats estudiades presenten a grans trets una composició taxonòmica similars (Figura 43), ja que estan compostes principalment per esponges, algues vermelles, turf algal i “mixture complex”. El Furió Fitó presenta la major proporció de taxons amb estratègia principalment heterotròfica (50,01%), amb una elevada cobertura de porífers (41,31%) i amb una cobertura de cnidaris i briozous, major que la resta d'estacions (6,45% i 5,41%). En contrapartida, els Ullastres III presenten la major proporció d'algues (51,61%), sent una gran part turf algal (35,23%). Formigues també presenta una elevada cobertura tant de porífers (37,85%) com de turf algal (42,76%), però en comparació a la resta d'estacions una baixa proporció de rodòfits (2,17%). Furió d'Aigua Xelida presenta la composició de taxons més equilibrada, però amb una elevada part de la comunitat composta per “mixture complex” (19,12%).

Complexitat estructural

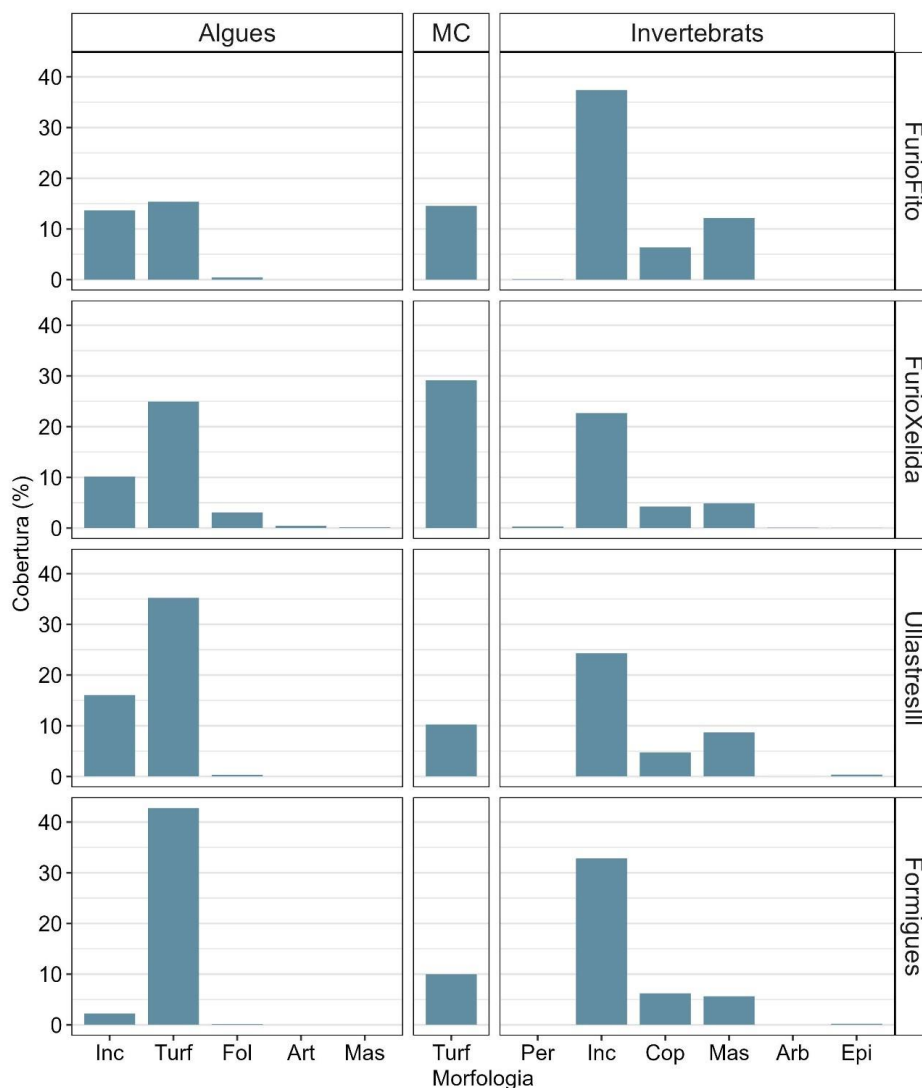


Figura 44. Cobertura en percentatge dels principals grups morfològics identificats en la comunitat associada de la gorgònia vermella al ZEC del Litoral del Baix Empordà l'any 2023. Les abreviacions signifiquen: Incrustants, Turf, Foliars, Articulada, Massiva, Turf, Perforant, Incrustant, Forma de Copa, Massiva, Arborescent i Epibiont. La categoria “MC” s’entén com la matriu basal de la comunitat composta per un conjunt d’invertebrats i algues que no són identificables a nivell macroscòpic.

En les comunitats estudiades, les morfologies més presents són les incrustants i el turf, amb alguna morfologia més complexa tipus copa o massiva (Figura 44). L'estació Furió Fitó presenta la major cobertura d'espècies incrustants (37,38% i 13,65%, invertebrats i algues respectivament) però també la major proporció espècies amb morfologia complexes (6,36%, 12,12% respectivament). De forma oposada Furió Aigua Xelida en presenta els valors més baixos de morfologies complexes (4,23% i 4,85% respectivament), acompanyat d'una elevada proporció de morfologies tipus turf (24,94% i 29,12% d'algues i "mixture complex" respectivament). A diferència de la resta d'estacions Formigues presenta un nombre d'algues incrustants molt baix (2,23%) però una proporció de turf molt gran (42,76%).

Estat de conservació

Taula 17. Resultats de INDEX-COR en el coral·ligen al ZEC del Litoral del Baix Empordà l'any 2023. Aquí s'observen els valors dels 3 components: TS (Sensitivitat), OTR (Biodiversitat), SC (Complexitat estructural) i el valor de l'índex (IC) amb l'estat de conservació corresponent.

ZEC	Estació	TS	OTR	SC	IC	Estat
Litoral del Baix Empordà	Furió Fitó	50,7	49	3,85	67,4	Bo
	Furió Aigua Xelida	30,5	73	1,9	66,0	Bo
	Ullastres III	34,8	44	1,9	51,2	Moderat
	Formigues	32,5	38	0,8	44,3	Moderat

L'estació Furió Fitó presenta el major valor de l'índex, seguidament de Furió Aigua Xelida, ambdues categoritzades en un estat bo de conservació. Ullastres III i Formigues s'han categoritzat en un estat moderat, tot i que Ullastres presenta un valor de l'índex 7 punts majors que Formigues. De forma absoluta el valors dels components no són informatius, però si els comparem entres estacions, podem associar l'estat bo de Furió Fitó a un elevat nombre d'espècies sensibles i una elevada complexitat estructural, en comparativa a Furió Aigua Xelida, que l'estat bo es deu principalment a l'elevada biodiversitat. Formigues, en comparació a la resta, presenta un baix valor en els 3 components i Ullastres en comparació a Furió Fitó, presenta una baixa complexitat estructural.

Discussió

Les poblacions de la gorgònia vermella presenten en general valors de densitat, biomassa i mortalitat molt semblants dels que s'observen als Parcs Naturals de Cap de Creus, i Montgrí, Illes Medes i Baix Ter (Rovira *et al.*, 2021). Tot i això es poden veure diferències entre les estacions mostrejades que indiquen que les poblacions més madures serien les de Furió Fitó i seguides de Furió d'Aigua Xelida amb unes talles més grans i per tant unes biomasses majors, mentre que a Ullastres III i Formigues destaquen per una densitat més gran però amb gorgònies de talla menor i amb una destacable proporció de gorgònies de mida petita.

L'estat de conservació de les poblacions de gorgònia vermella a la ZEC del Litoral del Baix Empordà mostra que les poblacions han patit l'impacte de recurrents onades de calor que han afectat també al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter i al Cap de Creus en el

passat. Tot i que mostren un millor estat de conservació que als Parcs, sobretot que a les Illes Medes (Rovira *et al.*, 2022), no és pot considerar òptim. La majoria de les estacions presenten valors de colònies afectades per sota del 50%, tot i que superiors al 10% que es considera com a bon estat de conservació. Cal destacar que Ullastres III es la que arriba a un 50% de colònies afectades, seguida per Formigues. Tot i que el percentatge de superfície afectada no arriba al 20% en totes les poblacions (únicament a Ullastres III) torna a superar el llindar del 10%, suposa un mal estat de conservació (Linares *et al.*, 2008; Garrabou *et al.*, 2009).

Aquests resultats, mostren un estat de conservació general preocupant per a les poblacions de gorgònia vermella en aquesta ZEC com passa a la resta de la Costa Brava, sobretot pel que fa a Ullastres III. Els diferents impactes que reben, però en especial les elevades temperatures, han produït un important declivi de les poblacions més somes d'aquesta espècie. Això pot tenir greus conseqüències degut al seu paper estructural i com a espècie formadora d'hàbitat, afectant també a tota la seva fauna associada dins la comunitat del coral·ligen (Gómez-Gras *et al.*, 2021). A més, al tractar-se d'una espècie amb un baix reclutament (Coma *et al.*, 2004; Linares *et al.*, 2007, 2008) i una baixa taxa de creixement (Coma *et al.*, 1998), juntament amb la seva elevada longevitat (Linares *et al.*, 2007), la converteixen en una espècie molt sensible a qualsevol impacte.

L'estat d'aquesta espècie indicadora concorda amb el que s'ha trobat a nivell de la comunitat del coral·ligen, on es tracta d'avaluar l'estat de la resta d'organismes que conformen aquesta hàbitat. En aquests anàlisis cal comentar que s'ha estudiat la comunitat sense incloure la pròpia gorgònia *P. clavata*, doncs colònies de mida petita tendeixen a caure dins dels quadrats fotografiats, donant una falsa sensació de major abundància en comunitats de coral·ligen amb poblacions de gorgònia vermella menys madures.

De totes les estacions, Furió Fito, es l'estació que està en millor estat, doncs presenta un major percentatge d'espècies estructurants, sobretot esponges, però també briozous i altres cnidaris. Coincideix amb tenir morfologies més complexes, i amb un valor més elevat de l'índex INDEX-COR indicant un estat òptim (major presència d'espècies sensibles, moltes són filtradores tipus briozous, i major complexitat estructural). En canvi, Formigues mostra el pitjor estat a nivell del coral·ligen, doncs no s'han observat algues vermelles incrustants i mostra una elevat recobriment de turf algal. L'elevada cobertura de turf algal comporta tant un valor baix de complexitat estructural com de diversitat, que es tradueix en un estat de qualitat moderat, que coincideix amb Ullastres III. En aquest cas, al índex INDEX-COR dona un valor moderat a Ullastres III degut la baixa complexitat estructurat, associat molt probablement a l' elevat nombre de colònies afectades de *P. clavata*. Cal recordar que ha estat l'estació que ha mostrat uns valors de mortalitat més grans que la resta d'estacions seguida de Formigues.

La segona estació amb una millor estat a nivell de comunitat es Furió d'Aigua Xelida, que mostra una màxima diversitat, probablement degut al fet que es troba en diferents blocs amb una zona més exposada a llum i una zona més esciòfila que permet el desenvolupament tant d'algues com d'invertebrats. Aquest hàbitat contrasta amb el que es dona a les 3 altres estacions, que són parets molt verticals amb condicions més homogènies.

La combinació de les dues aproximacions, demogràfica focalitzada en la gorgònia vermella i de comunitat, ha mostrat que ha estat encertada i que estan relacionades. Una menor biomassa de gorgònies i una major mortalitat d'aquestes resulta en un estat del coral·ligen moderat, mentre que

les estacions amb una major biomassa mostren un estat del coral·ligen bo. Això també ens indica que l'aplicació de l'índex INDEX-COR es una bona aproximació per avaluar l'estat d'aquest hàbitat als nostres espais protegits. Tot i que futurs estudis haurien d'avaluar l'efectivitat d'altres índexs desenvolupats pel coral·ligen. S'ha de tenir en compte que des de l'any 2009, s'han dissenyat almenys 16 índexs (Taula 1), però cap d'ells ha estat adoptat oficialment pel Centre d'Activitats Regionals d'Àrees Especialment Protegides (RAC/ZEPA) per estimar la qualitat del coral·ligen (Di Camillo *et al.*, 2023)

En l'actual context de canvi climàtic, on les onades de calor es preveuen més freqüents, intenses i duradores (Darmaraki *et al.*, 2019; Frölicher *et al.*, 2018), és probable que s'acabi observant a llarg termini un declivi similar al de les poblacions de les Illes Medes i el Montgrí (Zentner *et al.*, 2023) en totes les estacions de la ZEC, especialment en els rangs de menor fondària. A més, en aquesta ZEC es troben altres perturbacions, tals com la pesca, que hi són molt presents (Figura 45), i aquestes també produeixen un fort impacte físic sobre aquesta espècie (Bavestrello *et al.*, 1997; Betti *et al.*, 2020). Un altre pressió que podria tenir un impacte important en aquesta ZEC seria el busseig, doncs es una zona molt visitada pels centres de busseig de la Zona. Tot i que no es tenen dades de freqüentació per submarinistes en cada punt de busseig, si que semblaria que Ullastres III (juntament amb els altres Ullastres) i la zona de Illes Formigues són punts populars que atrauen nombroses bussejadors i que podria també estar explicant el pitjor estat de conservació d'aquest hàbitat en aquestes dues estacions. També és cert que el Furió Fitó i Furió d'Aigua Xelida són estacions que també són visitades per escafandristes però potser en menor grau. Per tant es fa necessari tenir un registre de la freqüentació de bussejadors en tots els punts de busseig de la ZEC. L'erosió involuntària produïda pels bussejadors, tot i causar un augment relativament petit de les taxes de mortalitat anual, pot arribar a comprometre la viabilitat de les poblacions a llarg termini en alguns llocs molt visitats (Linares *et al.*, 2007; Linares i Doak, 2010; Rovira *et al.*, 2022; Zentner *et al.*, 2023), ja que comporta una mortalitat extra que augmenta la vulnerabilitat d'aquests organismes, actualment molt amenaçats pel canvi climàtic. Per tant, es essencial una bona gestió d'aquesta ZEC (sobretot a Ullastres III i Formigues) adaptada als impactes del canvi climàtic, reduint tot tipus de perturbació sobre aquesta espècie i comunitat.

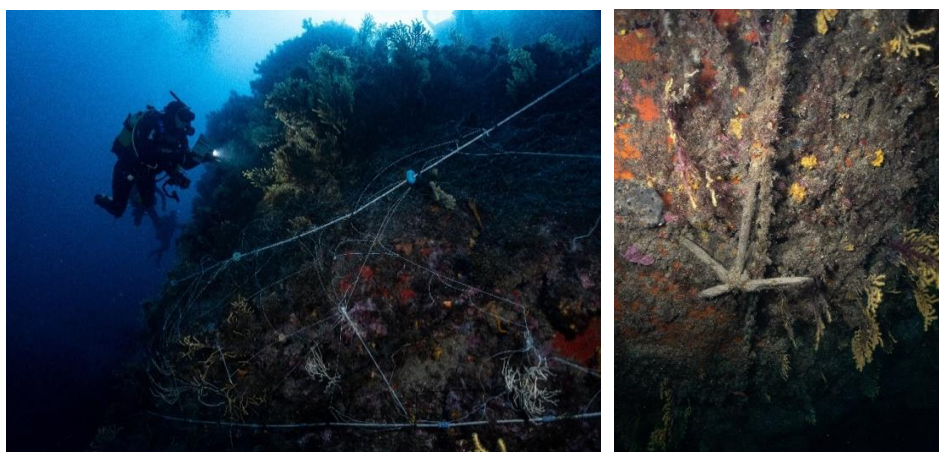


Figura 45. Fotografies d'impactes físics que reben les poblacions de gorgònia vermella, així com la comunitat associada al coral·ligen: a) Xarxa de pesca enredada a la paret de gorgònies, i b) Àncora abandonada que cau sobre la paret de gorgònies.

Conclusions

Les poblacions de *P. clavata* mostren valors de densitat, estructura de talles, biomassa i mortalitat dins dels rangs observats en els Parcs Naturals de Cap de Creus i Montgrí, Illes Medes i Baix Ter.

Destaca l'estació de Furió Fitó seguida del Furió d'Aigua Xelida pels seus valors de biomassa i una elevada proporció de gorgònies de mida gran.

Les poblacions de *P. clavata* de Ullastres III i Formigues mostren una elevada densitat però amb colònies de mida petita.

A nivell de mortalitat, aquesta no es tan elevada com la que s'està observant al Parc Natural del Montgrí, Illes Medes i Baix Ter, però totes les estacions mostren mortalitat més elevada del que seria natural, indicant l'impacte de les onades de calor en aquesta ZEC. Ullastres III seguida de Formigues seria l'estació amb una major mortalitat.

A nivell de comunitat, els resultats coincideixen amb els observats per les gorgònies, on destaquen Furió Fitó i Furió d'Aigua Xelida amb una comunitat en un estat de qualitat bo i amb una major proporció d'espècies estructurals, mentre que Ullastres III i Formigues mostren un estat de qualitat moderat, amb una menor diversitat i major proporció de turf algal.

La metodologia utilitzada amb la combinació de les dues aproximacions, demogràfica i de comunitat, sembla que es l'òptima per avaluar l'estat de conservació d'aquest hàbitat. La selecció de l'índex de qualitat INDEX-COR sembla ser adequada per les nostres dades.

A part de l'impacte del canvi climàtic, el impacte més important en aquesta ZEC són les xarxes de pesca, bé en actiu o abandonades. L'elevada vulnerabilitat a les pertorbacions i la lenta dinàmica d'aquest hàbitat, fa que sigui crucial gestionar molt bé els impactes locals, per augmentar la resiliència del coral·ligen al canvi climàtic.

Comunitats de coves submarines

- Les dues coves mostrejades enguany a la ZEC del Litoral del Baix Empordà mostren comunitats biològiques diferenciades.
- La Cova d'Illa Negra presenta comunitats més diverses i major presència d'espècies amb morfologies tridimensionals, com ara esponges massives i tubulars.
- La Cova de Sa Tuna presenta comunitats més empobrides i fragmentades, dominades per espècies de morfologia incrustant.

- La Cova de Sa Tuna està més exposada i a menys fondària i es troba en una zona amb una elevada pressió antròpica que podria estar determinant un pitjor estat de conservació.
- El futur seguiment de les comunitats biològiques en aquestes dues coves i la incorporació d'informació sobre els diversos impactes i pressions que pateixen permetrà entendre millor la seva dinàmica i estat de conservació.

Introducció

Les coves submarines representen una petita proporció dels hàbitats marins, però tenen una gran importància ecològica, ja que han estat caracteritzades com a reserves de biodiversitat, i per tant amb un elevat valor de conservació (Gerovasileiou *et al.*, 2017). De fet, són un dels hàbitats d'interès comunitari (8330) llistat dins de l'annex 1 de la Directiva Hàbitats de la comunitat europea (Directiva 92/43/CEE) i dins del Conveni de Barcelona (UNEP-MAP-RAC 2008, Pergent *et al.*, 2015). Aquestes coves i els túnels submergits de l'infralitoral i el circalitoral presenten comunitats d'una gran singularitat, que es troben entre les més diverses i fràgils de la Mediterrània (Gerovasileiou i Voultsiadou, 2012).

El 56% de les àrees marines protegides (AMPs) del Mar Mediterrani inclou aquest hàbitat amb una combinació d'iniciatives de protecció (Abdulla *et al.*, 2008). No obstant, tot i que les coves submarines estan àmpliament distribuïdes a les costes rocoses de tot el Mediterrani, s'ha invertit poc esforç en l'estudi de la seva biodiversitat per tal d'entendre els patrons espacials i temporals de la seva distribució (Bussotti *et al.*, 2006; Di Franco *et al.*, 2010; Gerovasileiou *et al.*, 2017), així com els principals impactes que poden patir aquestes comunitats (Garrabou i Harmelin, 2002; Di Franco *et al.*, 2010). Aquests impactes poden ser derivats d'una sèrie de pressions globals i locals. A nivell global, els efectes del canvi climàtic poden amenaçar les espècies que habiten les coves submarines. A nivell més local, les coves submarines són susceptibles a una sèrie de perturbacions, com ara la sobrefreqüentació per submarinistes o l'alteració de règims sedimentaris degut a la urbanització de la línia de costa (Guarnieri *et al.*, 2012; Montefalcone *et al.*, 2018).

Aquests hàbitats representen indrets especials des del punt de vista faunístic i ecològic, ja que són espais més o menys tancats i amb règims de llum de diferents intensitats, però sempre baixos en comparació amb les comunitats més exposades a la mateixa profunditat. La biodiversitat que hi trobem està adaptada a aquesta baixa intensitat lumínica, i també a les condicions d'hidrodinamisme i sedimentació. Totes aquestes característiques permeten el desenvolupament de comunitats molt peculiars, dominades per invertebrats (majoritàriament esponges i cnidaris) amb dinàmiques demogràfiques que poden ser molt lentes (creixement lent, elevada longevitat), les quals les fa molt sensibles a perturbacions. La diversitat d'espècies de les coves submergides de la Mediterrània comparteix molts elements amb la de les comunitats del circalitoral i el coral·ligen, exceptuant la major part de les algues coral·lines incrustants que caracteritzen i creen les estructures pròpies d'aquestes comunitats profundes, però que no solen ser abundants a les coves per la manca de llum. Les comunitats de coves també compten amb espècies relictas cavernícoles, adaptades als ambients estables i aïllats característics d'aquests sistemes. A més, el grau d'especialització de les espècies, grups taxonòmics i grups funcionals, augmenta a mesura que ens endinsem a les coves.

Ha estat i continua sent un repte implementar mètodes i programes de monitoratge de la biodiversitat d'aquests hàbitats, tant per consideracions logístiques a l'hora del mostreig com per l'elevada variabilitat natural que presenten i la dificultat en trobar indicadors sòlids del seu estat de conservació. Al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter s'ha fet un monitoratge de l'impacte concret de la freqüentació per submarinistes en les coves submarines mitjançant el seguiment de cambres d'aire acumulades al sostre i enguany s'ha incorporat l'anàlisi de la comunitat biològica (Hayes *et al.*, 2023).

Diverses aproximacions basades en el mostreig de la comunitat biològica s'han dut a terme arreu de la mediterrània, amb esforç de mostreig variable i segons els impactes i pressions que es volen estudiar. Per una banda, s'ha proposat que les esponges, com a component principal de la comunitat cavernícola, poden servir d'indicadors de funció ecosistèmica en aquests hàbitats (Gerovasileiou *et al.*, 2017). També s'ha demostrat que algunes pressions antròpiques poden tenir un impacte acusat sobre les espècies amb morfologies tridimensionals, incloent diverses espècies d'esponges i de briozous (Guarnieri *et al.*, 2012; Montefalcone *et al.*, 2023). D'aquesta manera, els impactes antròpics poden produir un canvi en la

comunitat cap a una configuració més plana i bidimensional. Tot i així, alguns impactes, com ara l'alteració de la sedimentació, podrien afectar més a les espècies de morfologia incrustant (Nepote *et al.*, 2017). També s'ha proposat que les coves que pateixen un major grau de pressió podrien mostrar un major grau d'heterogeneïtat a petita escala en la comunitat (Guarnieri *et al.*, 2012). L'elevada variabilitat natural en l'estructura i funcionament d'aquests hàbitats fa difícil fer comparatives robustes entre coves, tot i que en molts casos, la manca de sèries temporals llargues obliga a prendre aquest enfoc.

A la Zona d'Especial Conservació del Litoral del Baix Empordà es té constància d'algunes coves submarines, com ara la Cova d'Illa Negra i la Cova de Sa Tuna on hem centrat el nostre estudi. Aquestes coves es coneixen com a punts d'immersió per als diversos centres d'immersió que es troben a la Costa Brava, tot i que no tenim informació del nombre de persones que freqüenten cada cova. A part de la freqüentació humana, en aquesta ZEC les coves submarines podrien ser susceptibles a altres pressions com ara la urbanització de la costa, els efectes del canvi climàtic, i altres impactes derivats del turisme com per exemple l'acumulació de brossa marina. Aquest estudi té com a objectiu fer una comparativa general entre les comunitats biològiques a les dues coves mostrejades i, sobretot, establir una línia de base d'informació per al futur monitoratge d'aquests hàbitats en aquesta ZEC.

Material i Mètodes

El mostreig de coves s'ha dut a terme al juliol de 2023 en dues coves localitzades a Illa Negra i a la Cala de Sa Tuna, al nord de la ZEC (Taula 18, Figura 46). Són les següents:

Cova d'Illa Negra

Aquesta cova es troba a la cara nord de l'Illa Negra, orientada directament cap a la línia de la costa del sud del cap de Begur. L'entrada de la cova es troba a 15m de fondària, i fa aproximadament 3m d'alçada i 3m d'amplada. La cova és cega, fent aproximadament 3m de llarg.

Cova de Sa Tuna

Aquesta cova es troba a la zona exterior de la cala de Sa Tuna, orientada al nord-est, cap a mar obert. El sostre de la cova es troba a 6m de fondària, i el fons a uns 12m. És una cova cega, l'entrada fa uns 6m d'ample i es va estrenyent cap a l'interior de la cova, que fa uns 5m de llarg.

Taula 18. Estacions de mostreig de l'indicador coves submarines del 2023 a la ZEC del Litoral del Baix Empordà

ZEC	Cova	Fondària (m)	Tipus	Data mostreig
Litoral del Baix Empordà	Cova d'Illa Negra	15	Cega	2023-07-10
	Cova de Sa Tuna	7	Cega	2023-07-10

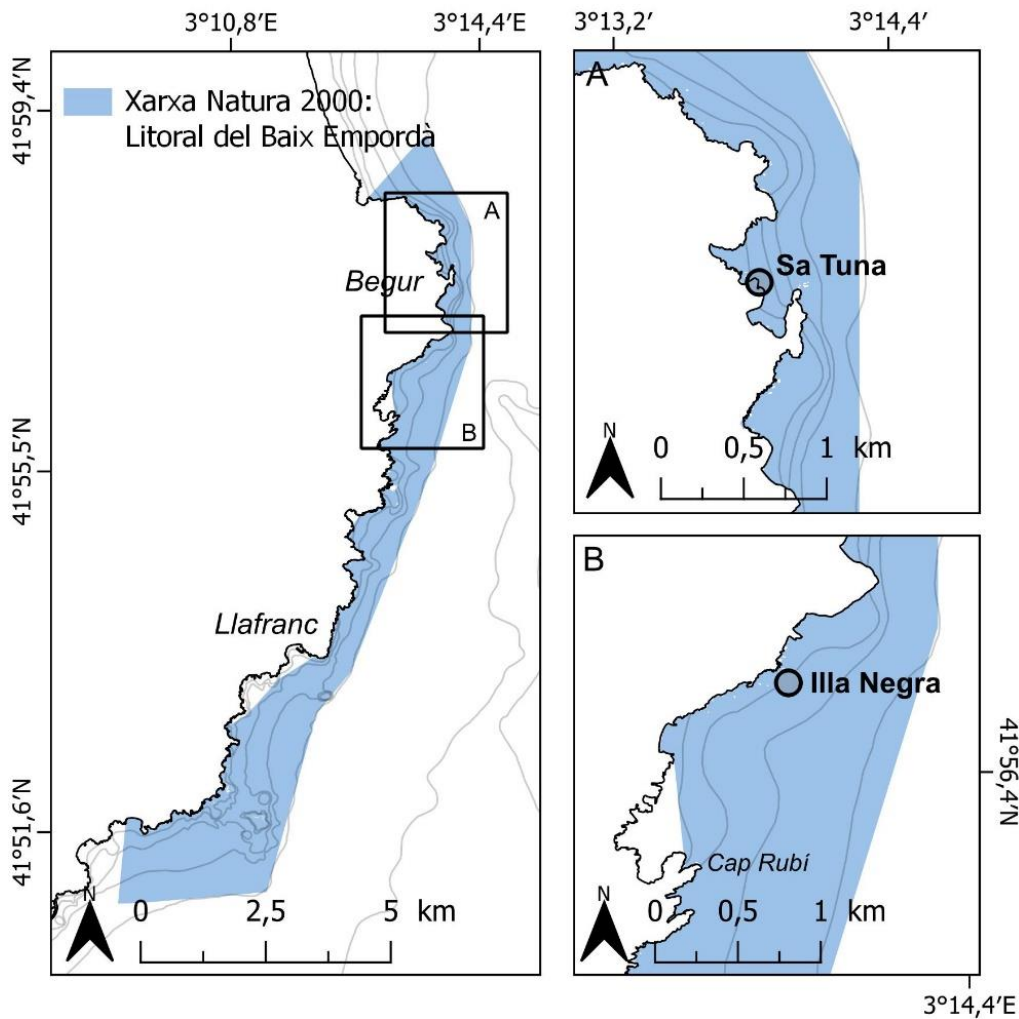


Figura 46. Estacions de mostreig de l'indicador Coves Submarines a la ZEC del Litoral del Baix Empordà l'any 2023.

S'han realitzat tres transectes fotogràfics a cada cova, de vuit fotografies a cada transecte utilitzant com a referència un quadre de 25x25 cm (Digenis *et al.*, 2022). Posteriorment, les fotografies s'han analitzat amb el programa PhotoQuad v1.4, un programa d'anàlisi fotogràfic desenvolupada específicament per l'anàlisi de comunitats marines (Trygonis i Sini 2012). Cada fotoquadrat s'ha analitzat dispersant 100 punts de forma aleatòria estratificada a la imatge. Cada punt s'ha assignat a una espècie o en cas de no poder identificar la espècie, a una categoria taxonòmica més elevada o grup morfològic (e.g. Briozou incrustant, Altres ascidis). També s'han assignat punts a altres categories no biòtiques, com ara roca, sediment, i forats. D'aquesta forma, el percentatge de cada espècie o categoria es calcula automàticament pel programa PhotoQuad. També s'ha representat la cobertura del "mixture complex", entesa com la matriu biòtica basal que en volta la resta d'organismes identificats, també un aspecte tipus "turf", però que està composta per un conjunt d'invertebrats, d'algues, i altres espècies que no es poden identificar de forma macroscòpica.

Anàlisi de dades

S'ha realitzat un Anàlisi d'Espècies Indicadores per identificar espècies que tenen una alta fidelitat i presència a cadascuna de les dues coves (Dufréne i Legendre, 1997; De Cáceres *et al.*, 2010). També s'ha realitzat un anàlisi de coordenades principals en base a la distància Bray-Curtis entre quadrats de mostreig a les dues coves, on també s'han representat espècies que tenien una elevada correlació ($R^2 > 0,6$) amb un dels dos eixos principals. S'ha realitzat una anàlisi ANOVA per comparar la riquesa d'espècies a nivell de quadrat de mostreig entre les dues coves. S'ha realitzat una anàlisi de dispersió multivariant (PERMDISP) per determinar el grau de variabilitat en la comunitat a cada cova i si aquesta mostrava diferències significatives segons la cova.

Resultats

La Cova d'Illa Negra presenta comunitats típiques cavernícoles amb una major presència de cnidaris i d'esponges grans i massives (Figura 47A). La Cova de Sa Tuna, en canvi, presenta una comunitat bentònica amb molt poca estructura tridimensional i força homogèna, dominada per esponges incrustants com ara *Crambe crambe* i *Spirastrella cunclatrix* (Figura 47B). A la Cova d'Illa Negra, s'ha observat un total de 51 espècies o categories, mentre que a la Cova de Sa Tuna, se n'ha observat un total de 35. La Figura 48 mostra els percentatges dels fílums o categories trobats a cada cova. Com a tret principal a destacar, trobem major percentatge de cnidaris i de rodòfits a la Cova d'Illa Negra que a la Cova de Sa Tuna.

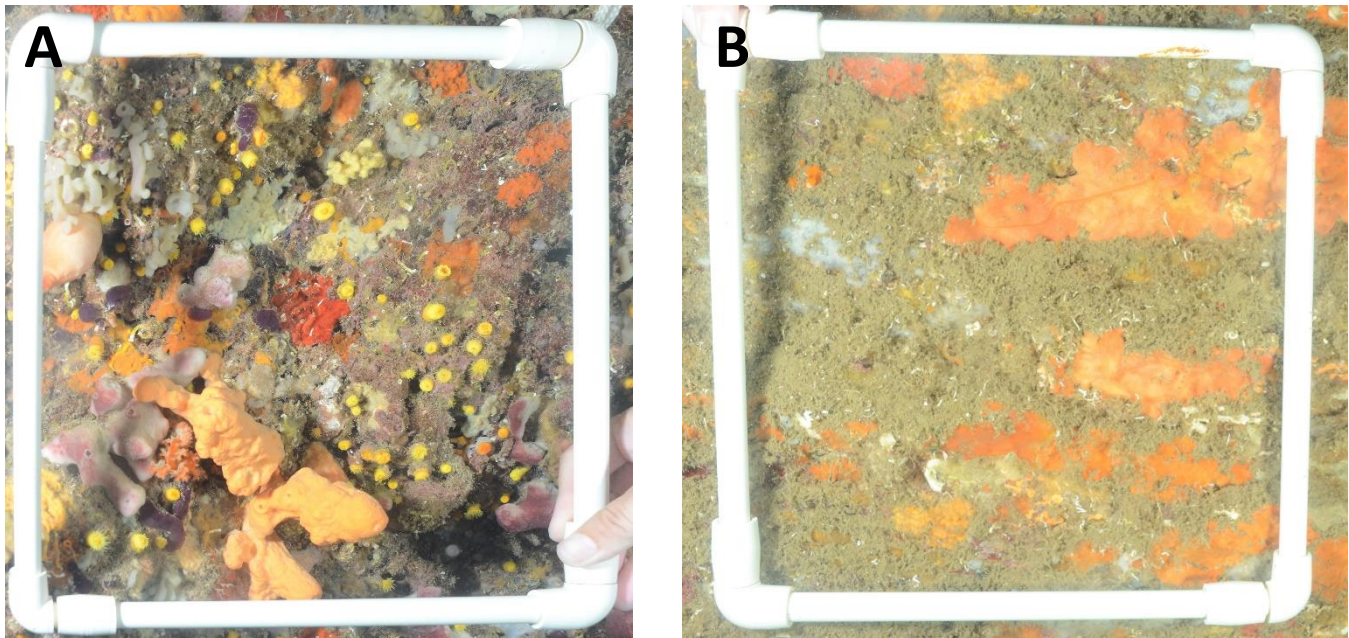


Figura 47. Fotografia d'un quadrat de mostreig de la comunitat a la Cova de Illa Negra (A), on s'observen espècies de morfologies tridimensionals com ara *Agelas oroides*, *Petrosia fisciformes*, i *Acanthella acuta*, i a la Cova de Sa Tuna (B), on s'observa 'mixture complex' i espècies incrustants com ara *Crambe crambe* i *Thymosiopsis* sp.

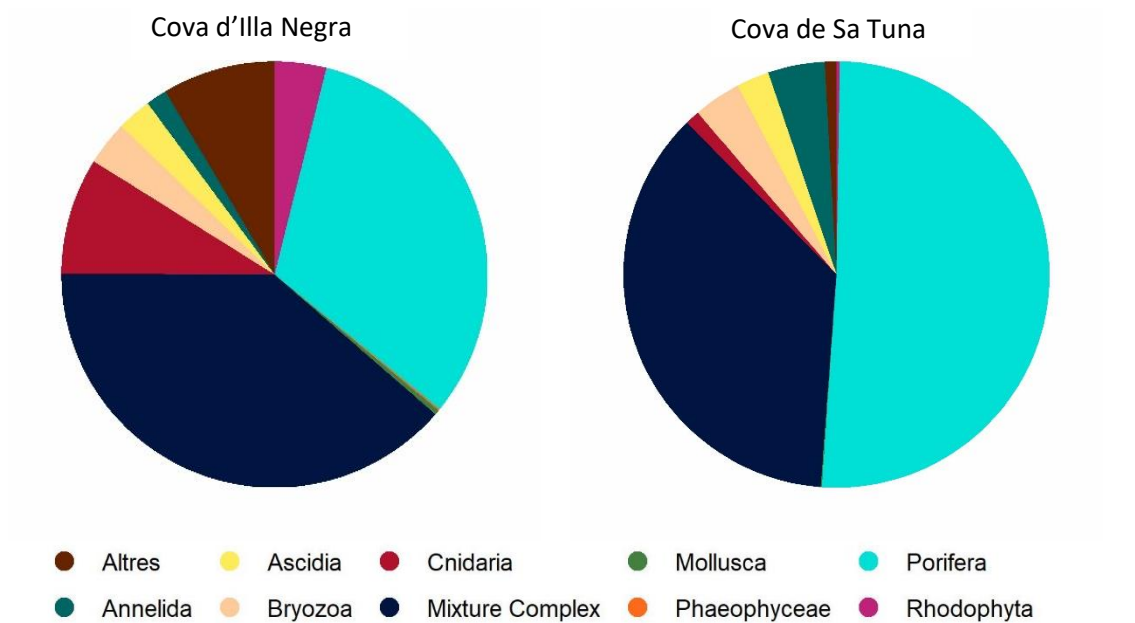


Figura 48. Proporción de filums o categorías no identificables observadas a les dues coves mostrejades de la ZEC del Litoral del Baix Empordà l'any 2023

L'anàlisi d'espècies indicadores destaca a les esponges incrustants *Thymosiopsis sp.*, *Spirastrella cuncatrix* i *Raspaciona aculeata*, i als ascidis com a espècies indicadores de la Cova de Sa Tuna (Taula 19). A la Cova d'Illa Negra algunes de les espècies destacades per l'anàlisi d'espècies indicadores inclouen el cnidari *Leptosammia pruvoti* i les esponges *Oscarella lobularis*, *Agelas oroides*, *Petrosia fisciformis* i *Axinella damicornis*.

Taula 19. Resultats de l'anàlisi d'espècies indicadores aplicada a la comunitat de les dues coves mostrejades a la ZEC del Litoral del Baix Empordà l'any 2023.

Cova	Espècies Indicadores	Estadístic	p
Cova d'Illa Negra	<i>Leptosammia pruvoti</i>	0,836	0,005
	Rhodophyta	0,707	0,005
	<i>Oscarella lobularis</i>	0,707	0,005
	Coral·lines incrustants	0,653	0,015
	<i>Agelas oroides</i>	0,603	0,015
	<i>Petrosia fisciformis</i>	0,595	0,005
	Altres esponges massives	0,577	0,010
	<i>Axinella damicornis</i>	0,540	0,010
	Cova de Sa Tuna	<i>Spirastrella cuncatrix</i>	0,675
<i>Raspaciona aculeata</i>		0,670	0,005
<i>Thymosiopsis sp</i>		0,645	0,005
Ascídia		0,493	0,005

També s'observen diferències a nivell de l'heterogeneïtat observada a les dues coves. La riquesa d'espècies mitjana per quadrat és significativament major a la Cova d'Illa Negra que a la Cova de Sa Tuna (ANOVA: $F=13,7$; $P < 0,001$). A una escala més gran, l'anàlisi de dispersió multivariant mostra una dispersió significativament major entre els quadrats mostrejats a la Cova de Sa Tuna que entre els de la Cova d'Illa Negra (PERMDISP: $F=6,7$, $P < 0,05$, Figura 49).

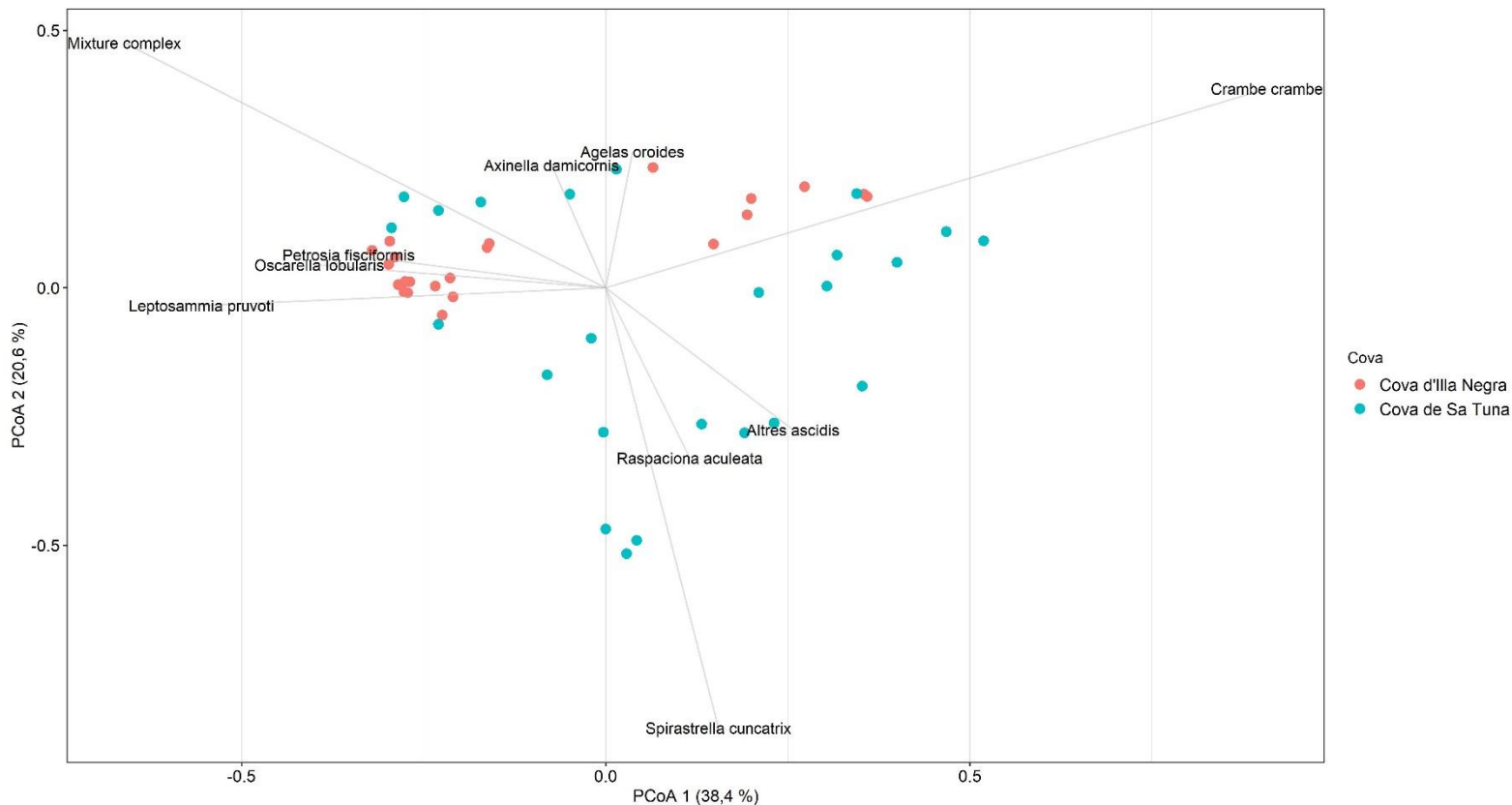


Figura 49. PCoA de les comunitats observades a les dues coves mostrejades de la ZEC del Litoral del Baix Empordà l'any 2023, en base a la distància Bray-Curtis entre quadrats de mostreig. Cada punt representa un quadrat de mostreig. Les espècies representades són aquelles que tenen una correlació igual o superior a $R^2=0,5$ amb un dels eixos principals.

Gran part d'aquesta variabilitat ve determinada per la cobertura de la 'mixture complex', la barreja d'organismes no identificables a nivell macroscòpic i que conformen el component amb menor rellevància funcional. Les dues coves tenen una cobertura mitjana de 'mixture complex' molt semblant (Cova d'Illa Negra: 35,9 % ; Cova de Sa Tuna: 36,0 %). Tot i així, mentre que a la Cova d'Illa Negra la majoria de quadrats tenen una cobertura similar de 'mixture complex', a la Cova de Sa Tuna, el rang de valors és molt gran, del 8 % al 95% de cobertura de 'mixture complex', portant a variàncies molt distintes entre coves pel que fa a aquest component de la comunitat. Aquests resultats reflecteixen les observacions fetes al camp, indicant que a la Cova de Sa Tuna es troben clapes dominades per esponges incrustants separades per zones de 'mixture complex' sense cobertura d'espècies macroscòpiques. Per tant, a la Cova de Illa Negra les comunitats són més diverses i homogènies al llarg dels transectes mostrejats. A la Cova de Sa Tuna, en canvi, trobem comunitats menys diverses i més fragmentades, on el component estructural i macroscòpic de la comunitat consisteix bàsicament d'esponges incrustants.

Discussió

En aquest estudi s'ha pogut fer una descripció i comparativa de les característiques morfològiques i biològiques de dues coves incloses al seguiment de la ZEC del Litoral del Baix Empordà. Aquests resultats serveixen per establir una línia de base de la comunitat biològica present a les dues coves per a poder implementar un seguiment i monitoratge continuat d'aquestes. Un dels problemes que tenim a l'hora d'avaluar l'estat de conservació d'aquestes coves és la manca d'informació històrica, i per tant d'una referència. És a dir, no tenim informació sobre l'estat pristi d'aquests hàbitats. Per aquesta raó, en el present estudi ens hem centrat en fer una comparativa entre les comunitats de les dues coves explorades. S'han trobat algunes diferències importants, amb implicacions per al seu monitoratge i conservació.

A la Cova d'Illa Negra s'ha observat una major diversitat biològica, distribuïda de forma més homogènia al llarg de la cova, i amb major cobertura d'esponges massives i cnidaris. A la Cova de Sa Tuna, en canvi, s'han observat comunitats més pobres i amb poca estructura, dominades per esponges incrustants i ascidis. A més, les comunitats a la Cova de Sa Tuna estan més fragmentades, i per tant en aquesta cova s'observa una major heterogeneïtat en els transectes mostrejats. La presència d'esponges massives i erectes a la Cova d'Illa Negra pot suggerir una major nombre de funcions ecosistèmiques (Gerovasileiou *et al.*, 2017), mentre que la manca d'aquestes espècies i la fragmentació de les comunitats a la Cova de Sa Tuna pot suggerir un estat ecològic més pobre i una funcionalitat reduïda.

Les comunitats cavernícoles al mediterrani presenten una variabilitat natural molt elevada (Gerovasileiou i Bianchi, 2021). Molts factors ambientals poden afectar la composició de la comunitat en aquests hàbitats, com ara l'exposició a forces hidrodinàmiques, la fondària, la disponibilitat i atenuació de la llum, la sedimentació, i més (Gerovasileiou i Bianchi, 2021; Digenis *et al.*, 2022). A més, una varietat de pressions antròpiques poden provocar impactes en l'estructura de les comunitats cavernícoles. D'aquestes, en la ZEC del Litoral del Baix Empordà, les més rellevants siguin probablement la freqüentació humana per submarinistes i els efectes del canvi climàtic, tot i què també pot ser important l'alteració de règims sedimentaris degut a la urbanització de la línia de costa, la qual també pot tenir impactes adversos a les coves (Montefalcone *et al.*, 2023). Malauradament, en aquest estudi no s'ha pogut quantificar el grau de pressió humana sobre cadascuna de les dues coves, tot i què per la seva localització es pot pensar que la Cova de Sa Tuna segurament pateixi un major grau de pressió que la Cova d'Illa Negra. Tot i així, l'orientació de la entrada de la Cova de Sa Tuna, orientada directament cap a mar obert, segurament també sigui un factor important en explicar les diferències observades a nivell de comunitat, ja què tota la cova està més exposada a les condicions hidrodinàmiques de temporals i a l'onatge en general. Això podria dificultar el creixement i la supervivència d'espècies amb morfologies erectes, arborescents o massives. També és possible que les diverses activitats humanes al Cap de Begur i a la Cala de Sa Tuna, com ara la nàutica i la urbanització puguin tenir impactes sobre la Cova de Sa Tuna, per exemple alterant el règim natural de sedimentació. En comparació a l'accessibilitat de la Cova de Sa Tuna, la Cova de l'Illa Negra únicament es accessible amb embarcació i l'entrada no es visible des de l'exterior, pel que probablement es molt menys freqüentada que la Cova de Sa Tuna. En tot cas, els nostres resultats suggereixen un millor estat de conservació i funció ecosistèmica de les comunitats de la Cova d'Illa Negra que de la Cova de Sa Tuna, segurament

determinat per una combinació de diferències en factors ambientals naturals com en graus de pressió antròpica.

En aquest sentit, per al monitoratge continuat d'aquestes dues coves, seria de gran interès tenir informació detallada del grau de pressió antròpica a la que estan sotmeses. Per exemple, tenir informació del nombre de submarinistes que visiten cada cova durant el transcurs de l'any pot ajudar a entendre aquestes diferències i determinar si les comunitats biològiques estan relacionades amb la freqüentació humana. Al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes, i el Baix Ter, aquesta informació ha estat molt útil per al monitoratge i gestió d'aquests hàbitats (Hayes *et al.*, 2023). Per altra banda, en els futurs seguiments de les coves en aquesta ZEC, caldria incorporar la detecció visual d'impactes com ara la presència de cambres d'aire al sostre, la presència de brossa marina i la necrosi d'esponges i cnidaris (Digenis *et al.*, 2022) que no s'han detectat en aquest seguiment però poden ser impactes que augmentin en un futur.

Les coves marines són hàbitats típics i emblemàtics de la mediterrània, on es troben comunitats altament especialitzades i diverses, amb un gran valor ecològic. Diversos estudis assenyalen la manca de informació i dades sobre la ecologia d'aquests hàbitats, i la necessitat i importància dels seguiments de llarg termini per a la seva adequada gestió (e.g. Gerovasileiou i Bianchi, 2021; Dimarchopoulou *et al.*, 2018; Montefalcone *et al.*, 2018). En aquesta ZEC, enguany s'han identificat aquestes dues coves per al mostreig, i els resultats presentats en aquest capítol podran servir de línia de base per futurs seguiments i informar les mesures de conservació que es puguin prendre.

Conclusions

Les dues coves mostrejades enguany a la ZEC del Litoral del Baix Empordà mostren comunitats biològiques diferenciades.

La Cova d'Illa Negra presenta comunitats més diverses i major presència d'espècies amb morfologies tridimensionals, com ara esponges massives i tubulars.

La Cova de Sa Tuna presenta comunitats més empobrides i fragmentades, dominades per espècies de morfologia incrustant.

La Cova de Sa Tuna està més exposada i a menys fondària i es troba en una zona amb una elevada pressió antròpica que podria estar determinant un pitjor estat de conservació.

El futur seguiment de les comunitats biològiques en aquestes dues coves i la incorporació d'informació sobre els diversos impactes i pressions que pateixen permetrà entendre millor la seva dinàmica i estat de conservació.

Paisatge

- S'han realitzat quatre transectes batimètrics (Ses Negres, Illa Negra, Canyons de Tamariu i Illes Formigues), amb una profunditat màxima de 32 metres.
- S'han localitzat petites poblacions de corall vermell (*Coralium rubrum*) en bon estat en dos transectes (Ses Negres i Illes Formigues).
- Els boscos més densos de gorgònies (*Paramuricea clavata*), es troben en els llocs més exposats (Canyons de Tamariu i Illes Formigues).

- En tots els transectes explorats s'han trobat blancalls d'uns 25 m².
- S'ha detectat epibiosi en gorgònies blanques (*Eunicella singularis*) i vermelles (*Paramuricea clavata*), així com emblanquiment en algunes comunitats d'algues calcàries.
- En relació amb la deixalla submarina s'han observat dos fils de pescar enredats, dues àncores i una malla de plàstic.

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 una dimensió espacial determinada i 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 consisteix en veure'l com una jerarquia d'elements (taca, hàbitat...) encaixats a diferents escales espacials (Pittman *et al.*, 2004) (Figura 1). 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 1. Representació de l'estructura jeràrquica d'un hàbitat de esculls coral·lins 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 en un bon estat. No obstant això, la fragmentació estaria impeding el moviment d'espècies, els fluxos gènics i altres processos, amb conseqüències negatives a mitjà termini. En conseqüència, 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 els resultats obtinguts a partir d'una escala o una altra, siguin complementaris (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. La ZEC del Litoral del Baix Empordà es distingeix per la seva costa rocosa i abrupta, intercalada amb petites cales. Aquesta costa presenta un desnivell generalment pronunciat, el qual produeix un canvi ràpid en les comunitats bentòniques a mesura que s'incrementa la profunditat. A la ZEC es poden identificar diversos hàbitats tan sorrencs, com ara els fons infralitorals de sorres fines, gruixudes i graves, com rocosos, que inclouen fons infralitorals rocosos batuts i calms, ben il·luminats i poc il·luminats (Linares *et al.*, 2022).

L'objectiu d'aquest treball és obtenir informació a una escala espacial gran (de centenars de metres) sobre la distribució espacial dels diferents hàbitats d'aquesta ZEC. L'estructura de l'hàbitat, tal com l'hem definit, és sensible a canvis ambientals, tant abruptes, deguts a impactes puntuals com progressius i a llarg termini. Per tant, la informació obtinguda serà de gran valor pel seguiment i gestió d'aquesta ZEC.

Material i mètodes

Estacions de mostreig

Es van realitzar quatre transectes batimètrics distribuïts al llarg de la ZEC, un a la reserva de Ses Negres, un segon a l'Illa Negra, entre Aiguablava i Sa Tuna, un tercer als Canyons de Tamariu i un últim les Illes Formigues. El mostreig es va dur a terme en tres dies de campanya, concretament el 7, 10 i 11 de juliol del 2023, amb un equip de cinc persones, quatre bussejadors que s'alternaven les immersions, i un barquer. Les immersions van tenir una duració aproximada de 45 minuts.

Taula 1. Estacions on s'ha realitzat els transectes de paisatge en la ZEC del Litoral del Baix Empordà. Fondària: rang de fondària en metres al llarg dels transectes.

Estació	Data mostreig	Fondària (m)
Ses Negres	7/07/2023	0-24
Illa Negra	10/07/2023	4-26
Canyons Tamariu	10/07/2023	9-32
Illes Formigues	11/07/2023	5-27

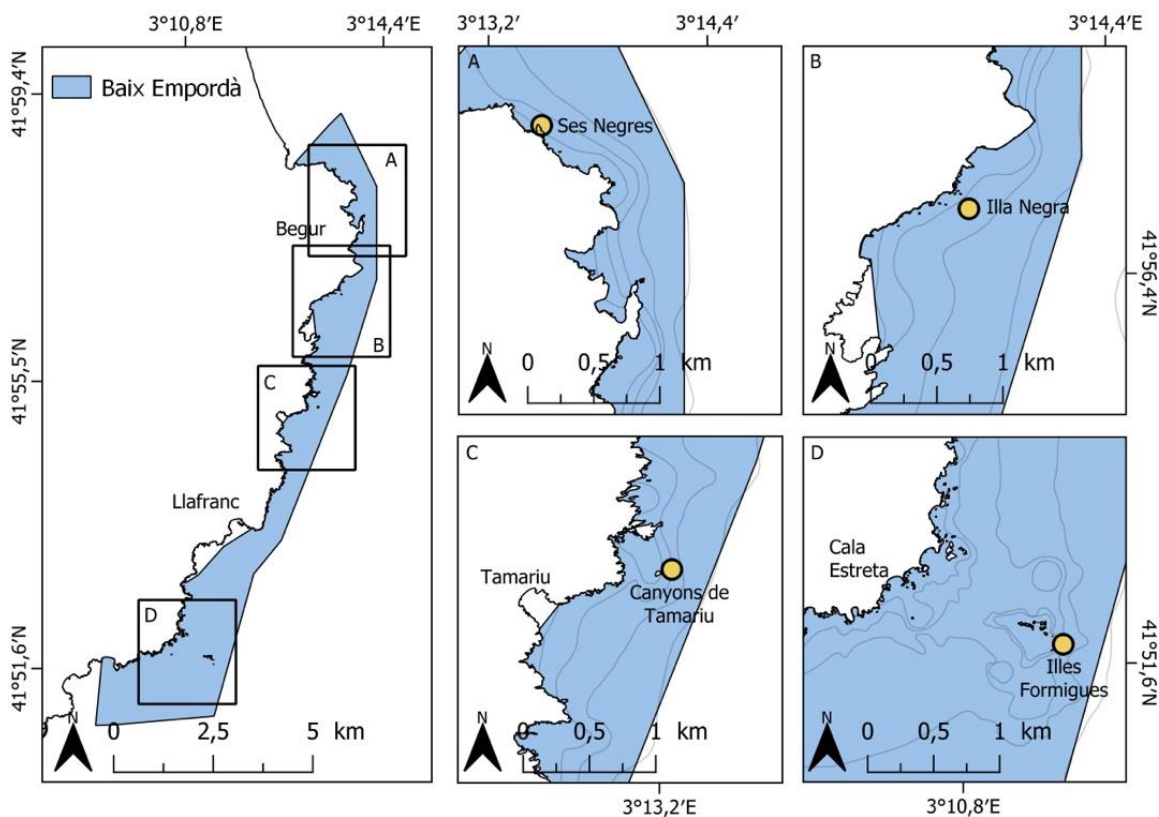


Figura 2. Mapa de les zones on s'ha realitzat els transectes de paisatge de la ZEC del Litoral del Baix Empordà.

Metodologia de mostreig

La metodologia utilitzada per dur a terme l'estudi del paisatge, va consistir en transectes batimètrics des de la superfície cap al fons, fins al punt on hi ha una continuïtat d'algun fons concret, com podria ser un fons de sorra extens. Al llarg dels recorreguts es va anotar el tipus de substrat, la distribució de les comunitats principals i les espècies més característiques, així com els possibles signes d'impactes o perturbacions, com acumulacions de deixalles, restes d'arts de pesca, impactes físics, senyals de furtivisme, mortalitats d'algues i invertebrats bentònics o la presència d'espècies introduïdes. A més, també es va obtenir un registre fotogràfic com a referència i per possibles anàlisis futures.

Resultats

Ses Negres

El recorregut s'inicia a la zona més superficial del Cap des Forn i descendeix perpendicular a la costa seguint el gradient batimètric fins a una profunditat màxima de 24 m. En els primers 10 metres dominen

comunitats fotòfiles amb espècies com *Padina pavonica* o *Laurencia sp.* En aquesta zona s'observen dos blancalls d'una mida aproximada de 25 m² amb abundants garotes. A mesura que es descendeix, van apareixent altres espècies filtradores com el briozou *Pentapora fascialis* o la gorgònia blanca *Eunicella singularis*, aquesta última amb alguns exemplars molt epifitats i amb un alt grau de mortalitat (Figura 3b). A partir dels 21 m, el paisatge canvia i passa del substrat rocós, a un mosaic de sorra i grans blocs de roca, on predomina el precoral·ligen amb algues fotòfiles, esponges com *Crambe crambe*, l'anèmona incrustant groga *Parazoanthus axinellae* i algues calcàries incrustants i erectes, com *Elisollandia elongata*, que, en algunes ocasions presenten emblanquiment. Aquests blocs rocosos poden presentar extraploms amb comunitats de coral·ligen i en algun cas, amb presència de petites colònies de corall vermell (*Corallium rubrum*) en bon estat (Figura 3a). Finalment, pel que fa a l'observació de deixalles, s'ha vist una àncora, un cap enrotllant i una malla de plàstic a 23 m de profunditat.

Illa Negra

Aquest paisatge s'inicia a la zona més superficial de l'illa Negra, a un quilòmetre al nord de la platja d'Aiguablava. El recorregut es duu a terme en dues fases. La primera, consisteix en vorejar l'illa en el sentit horari i a una profunditat que oscil·la entre els 10 i 15 m, mentre que la segona, s'inicia a l'extrem més oriental de l'illa, i descendeix perpendicular a la costa seguint el gradient batimètric fins arribar a una profunditat màxima de 25 m.

Al voltant de l'illa, sobretot a la cara sud, trobem extraploms amb comunitats esciòfiles amb esponjes, *Agelas sp.*, *Clathrina sp.*, o l'esponja groga *Clathrina clathrus*, així com gran abundància de l'anèmona incrustant groga *Parazoanthus axinellae*, a més de la gorgònia *Leptogorgia sarmentosa*. A la cara sud, també observem un blancall. La cara nord de l'illa, destaca la presència d'una cova a una profunditat de 15 m amb comunitats típiques esciòfiles com l'alga *Flabellina petiolata* o el fals corall *Myriapoda truncata*. Al llarg del recorregut al voltant de l'illa destaquem la presència de grans bancs de salpes (*Sarpa salpa*), un corball (*Sciaena sp.*) en una petita cova amb un sarg imperial (*Diplodus cervinus*).

Pel que fa al recorregut batimètric, els primers metres tenen un pendent molt pronunciat i ràpidament s'arriba a una profunditat de 20 m. En els 10 primers metres dominen les comunitats fotòfiles, mentre que, a mesura que s'augmenta la fondària, van apareixent espècies filtradores típiques del precoral·ligen com *Eunicella singularis*, que en alguns casos presenta un percentatge elevat de mortalitat o fins i tot, una mortalitat total. A partir dels 25 m, el paisatge canvia de substrat rocós a un mosaic de sorra i afloraments rocosos envoltats de sorres gruixudes. En aquesta zona predomina el precoral·ligen amb algues fotòfiles com *Dyctiotals*, *Codium bursa*, algues calcàries com *Halimeda tuna*, *Lithophyllum sp.*, *Mesophyllum sp.*, el briozou *Myriapoda truncata* en un estat poc saludable, a més de la gorgònia blanca *Eunicella singularis*.

Canyons de Tamariu

L'inici del recorregut es localitza a la part més soma dels Canyons de Tamariu, a 9 m de profunditat, on hi ha la boia de busseig. L'orientació dels canyons determina la direcció, la qual finalitza en arribar a una profunditat de 35 m, on el substrat passa a ser sorrenc. A la part més superficial, s'observen comunitats fotòfiles amb les algues *Padina pavonica*, *Elisollandia elongata* i algun exemplar de l'alga esciòfila *Halimeda tuna*. En aquesta zona també s'hi troba un blancall. A partir dels 16 m aproximadament, on els canyons es van eixamplant, apareixen els boscos de gorgònies dominats per la gorgònia vermella *Paramuricea clavata*, i amb menor abundància *Eunicella singularis* i *Leptogorgia sarmentosa*, així com l'esponja *Axinella polypoides* (Figura 3d). Aquests boscos es distribueixen sobretot a les parets amb orientació nord, mentre que les parets amb orientació sud dominen espècies menys estructurants com poden ser *Parazoanthus axinellae*, *Cladocora caespitosa*, o les algues calcàries *Mesophyllum sp.* i *Lithophyllum sp.* Cal destacar

l'observació d'epibiosi i mortalitat en diferent grau, de colònies de *P. clavata* (Figura 3e), i del briozou *Pentapora fascialis*, així com l'emblanquiment d'algues calcàries incrustants. Dins del bosc de gorgònies, a 31 m, hem observat el gorgoncefàlid *Astrospartus mediterraneus* (Figura 3c). Al llarg d'aquest paisatge també observem espècies de peixos d'especial interès com són el mero, déntols i espets. Pel que fa a deixalles, hem trobat un fil de pescar enredat entre les colònies de *P. clavata*.

Illes Formigues

L'inici d'aquest recorregut se situa a la boia dels centres de busseig de zona est de les illes Formigues i segueix el gradient batimètric fins arribar a una profunditat de 27 m. El tram inicial es caracteritza per un fons de roca recobert per comunitats fotòfiles (a les zones més superficials, entre 5 i 15 m). A mesura que es descendeix, apareixen altres comunitats com les algues *Codium bursa* o *Flabellia petiolata*, l'esponja *Axinella polypoides* i la gorgònia blanca *Eunicella singularis*. Seguint el recorregut, el paisatge passa ràpidament a ser un mosaic de sorra amb grans blocs de roca, amb parets verticals cobertes majoritàriament de la gorgònia vermella *P. clavata*, tot i que també s'observa alguna colònia de *L. sarmentosa* (Figura 3f). En aquesta zona, cal destacar la presència d'una petita població de corall vermell (*C. rubrum*) en bon estat. A més, també trobem un blancall amb abundants garotes. Al llarg de tot el recorregut, s'observa una afectació moderada de les colònies de *P. clavata*, tant per epibiosi, i altres trencades (Figura 3g). Finalment, aquest mosaic d'hàbitats, a 27 m, fa la transició a un fons sorrenc, on s'observa una àncora de dimensions petites (40 cm d'allargada aproximadament). Al llarg del transsecte també s'ha trobat un fil de pescar enredat entre les comunitats bentòniques (Figura 3h).

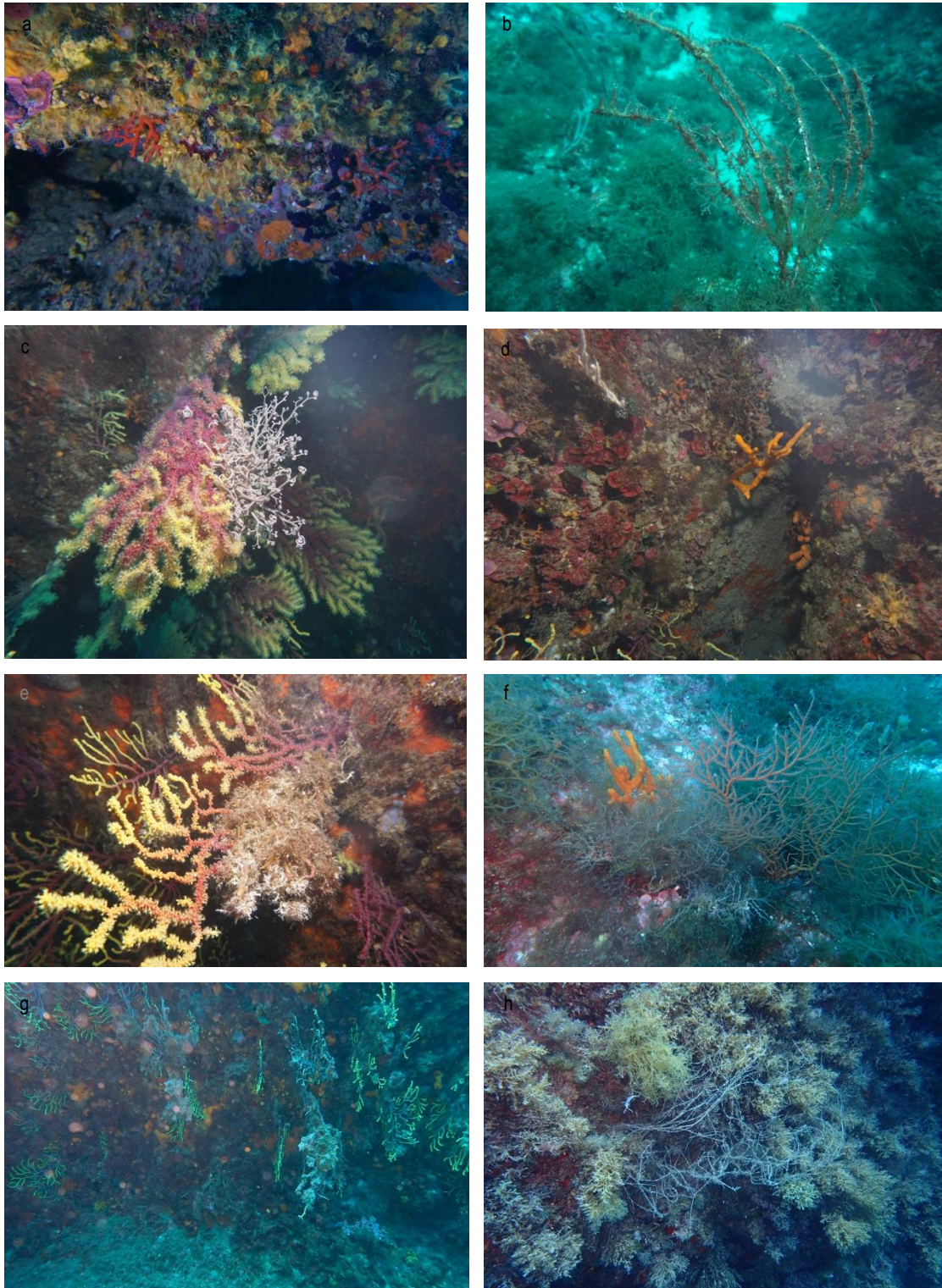


Figura 3. Imatges del recorreguts de paisatge de la ZEC del Litoral del Baix Empordà. a-b) comunitat de coral·ligen amb corall vermell (a), *Eunicella singularis* afectada amb mortalitat i epibiosi (b) del paisatge de Ses Negres; c-e) colònia de *Paramuricea clavata* amb epibiosi (c), comunitats de coral·ligen amb *Axinella polypoides* (d), colònia de *P. clavata* amb *Astrospartus mediterraneus* (e) dels Canyons de Tamariu; f-h) comunitats de coral·ligen amb *A. polypoides* i *Leptogorgia sarmentosa* (f), bosc de *P. clavata* amb epibiosi (g), fil de pescar enredat (h) de les illes Formigues.

Discussió

L'estudi del paisatge ens permet obtenir informació a una escala espacial més gran (centenars de metres), sobre la distribució espacial dels diferents hàbitats de la ZEC del Litoral del Baix Empordà, d'aquesta manera, poder complementar la informació obtinguda d'altres descriptors (vegeu altres capítols d'aquest informe). La visió de paisatge també ens permet identificar canvis en la distribució dels hàbitats degut a diferents impactes.

En general, els transectes de paisatge de la ZEC del Litoral del Baix Empordà, a diferència d'altres ZEC que tenen costes amb un perfil més rectilini, presenten un gradient batimètric força vertical, amb roca base fins a arribar a un fons sorrenc més profund, amb presència o no de grans blocs de roca. La naturalesa del substrat, és un dels factors principals que determinen la distribució de les comunitats bentòniques, així com la irradiància, que determina la profunditat on podem trobar diferents comunitats. Per exemple, en els trams superficials dels transectes, trobem les comunitats algals fotòfiles que requereixen una irradiància intensa mentre que a mesura que guanyem profunditat i la irradiància va disminuint, trobem espècies algals esciòfiles i més espècies filtradores. Aquesta distribució es veu clarament representada en tots els transectes realitzats. Per altra banda, un altre factor important en la distribució de les comunitats bentòniques és el nivell d'exposició i orientació. En el nostre cas, diferenciem dos nivells: un moderat, exemplificat en els transectes de Ses Negres i Illa Negra, tots dos molt propers a la costa, i un alt, representat en els transectes de Canyons de Tamariu i Illes Formigues, que es troben a certa distància de la costa i, per tant, estan més exposats a les corrents dominants de la zona. Els boscos més densos de gorgònies (*P. clavata*) per exemple, els hem trobat als llocs més exposats i que es troben afavorits per una exposició major a les corrents que, al mateix temps, afavoreixen una major disponibilitat de nutrients.

L'estudi del paisatge, a més d'identificar la distribució dels hàbitats, també ens permet identificar canvis deguts a diferents impactes, com pot ser l'herbivorisme. La sobreabundància de garotes en algunes zones, fa que la cobertura vegetal disminueixi i es puguin arribar a formar blancalls, zones de roca quasi pelada i desproveïda de vegetació, on la cobertura d'algues erectes és pràcticament inexistent. Els transectes de paisatge realitzats, ens han permès localitzar blancalls a totes les localitats visitades, tot i que de reduïdes dimensions (25 m²). No s'ha fet un estudi detallat d'aquests blancalls, com determinar la densitat o les espècies de garotes presents. Aquest és un aspecte que seria recomanable abordar en el futur per poder avaluar amb precisió la seva evolució en el temps.

Per últim, un altre impacte evident que s'ha detectat és el del canvi climàtic (vegeu capítol 'Coral.ligen'). Les espècies més afectades han estat les gorgònies blanques (*E. singularis*) i vermelles (*P. clavata*), com es veu reflectit en la pèrdua del teixit viu i la seva posterior colonització per altres espècies (epibiosi). També s'ha observat mortalitat en algues calcàries, tot i que en menor grau. En relació amb la deixalla submarina, en el total dels transectes de paisatge s'han observat dos fils de pescar enredats, dues àncores i una malla de plàstic.

Finalment, cal esmentar que la diversitat d'hàbitats i el pronunciat perfil batimètric, fa que en conjunt, el disseny emprat per a la descripció del paisatge d'aquesta ZEC és adequat.

Conclusions

S'han localitzat petites poblacions de corall vermell (*Coralium rubrum*) en bon estat en dos transectes (Ses Negres i Illes Formigues)

Els boscos més densos de gorgònies (*Paramuricea clavata*), es troben en els llocs més exposats i afavorits per l'arribada de nutrients (Canyons de Tamariu i Illes Formigues).

En tots els transectes realitzats s'han detectat la presència de blancalls d'uns 25 m² amb una elevada densitat de garotes.

S'ha detectat una elevada mortalitat en les gorgònies blanques (*Eunicella singularis*) i vermelles (*P. clavata*) així com emblanquiment en algunes comunitats d'algues calcàries.

En relació amb la deixalla submarina s'han observat dos fils de pescar enredats, dues àncores i una malla de plàstic.

Prospeccions

- La prospecció de la cala Sa Tuna mostra una praderia en general amb aparença saludable i sense evidències de degradació, a excepció d'una zona puntual
- Al voltant de l'emissari emergit, s'han observat indicis d'afectació amb presència de mata morta en ambdós costats de l'estructura.
- *Caulerpa cylindracea* s'ha localitzat en dues zones, una superficial sobre mata morta, i una altra profunda en una petita clapa de sorra en la praderia de posidònia.

- Les afectacions de l'alga invasora a la praderia de posidònia són, de moment, inexistent.
- S'han localitzat diversos blocs de formigó enmig de la praderia, alguns amb boia intermèdia altres sense, i no semblen causar més afectacions que la mateixa presència de l'estructura.
- S'han trobat restes d'estructures antigues d'emissaris enmig de substrat sorrenc superficial, que a més de tenir un impacte visual, poden potencialment afectar els ecosistemes marins bentònics propers.

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. Les espècies i els hàbitats responen de forma diferent a les pertorbacions, 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'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 (Renom i Romero, 1996), i actualment hi ha diverses xarxes en funcionament (Sanmartí *et al.*, 2023; 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. A més, cal esmentar 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.

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 (Sanmartí *et al.*, 2023) i avaluar possibles impactes tant naturals com antropogènics.

En la ZEC del Litoral Baix Empordà, diverses estacions han estat monitoritzades històricament en diferents programes de seguiment. Entre aquestes estacions es troben Ses Negres, Sa Tuna i Llafranc (Renom i Romero, 1996; Submon, 2010; Romero *et al.*, 2010). El programa de seguiment d'enguany, s'han mostrejat les dues últimes estacions esmentades, a més de l'estació Formigues (vegeu capítol 'Fanerògames i nacres' d'aquest informe). D'aquestes tres estacions, Sa Tuna és especialment rellevant, atès que és una de les cales amb major pressió antropogènica, principalment relacionada amb l'afluència d'embarcacions motoritzades (Martí, 2021).

L'objectiu general d'aquest treball és recopilar informació sobre la praderia de *P. oceanica* de la cala Sa Tuna i obtenir un millor coneixement del seu estat i detectar possibles afectacions tant d'origen humà com natural.

Material i mètodes

Estacions de mostreig

S'ha realitzat una prospecció a la ZEC del Litoral Baix Empordà a la cala de Sa Tuna. Aquesta zona ha estat seleccionada per diverses raons, totes elles relacionades amb diferents pressions a la que els ecosistemes bentònics estan sotmesos. D'una banda, és una de les cales amb major aflluència d'embarcacions motoritzades (Martí, 2021), fet que genera una alta pressió, sobretot durant els mesos d'estiu. D'altra banda, és una de les cales on s'ha detectat l'alga invasora *Caulerpa cylindracea* sobretot a les zones superficials (Linares *et al.*, 2020).

La prospecció es va dur a terme en un dia, concretament el 16 de juny, amb un equip de dos bussejadors i un barquer (Taula 21, Figura 53).

Taula 21. Estació de mostreig de la prospecció del fons marí a la ZEC del Litoral Baix Empordà.

ZEC	Estació	Data	Fondària (m)
Costes del Baix Empordà	Sa Tuna	16/06/2023	5-20

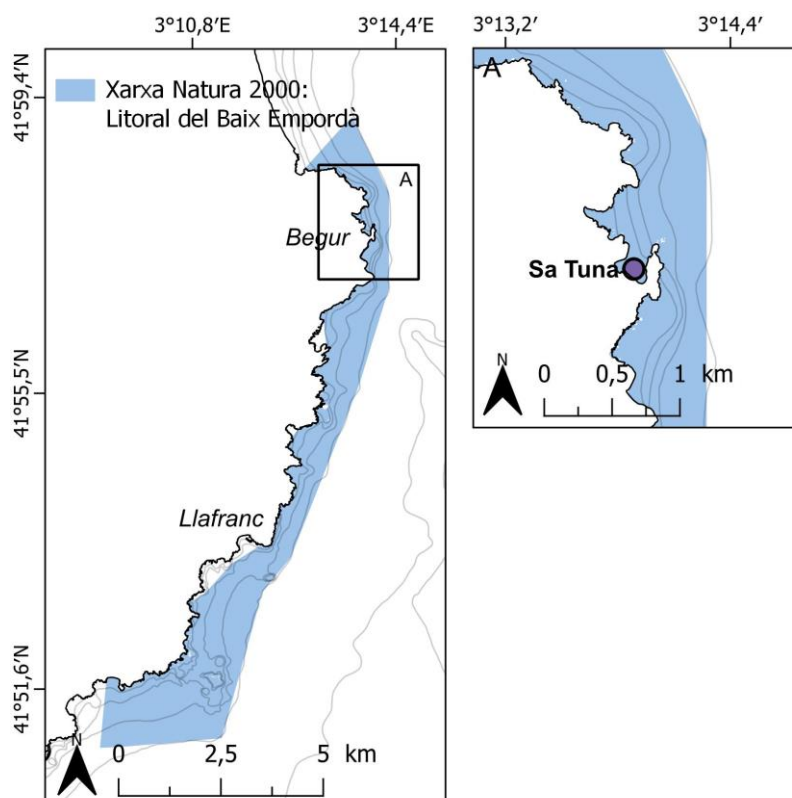


Figura 53. Mapa de l'estació de la prospecció a la ZEC del Litoral del Baix Empordà.

Metodologia de mostreig

La metodologia emprada per dur a terme la prospecció, va consistir en fer un recorregut amb propulsors mecànics des de l'interior de la cala Sa Tuna cap al fons fent ziga-zaga. Durant el recorregut es van anotar diferents aspectes sobretot relacionats amb possibles signes d'impactes o perturbacions, com ara el tipus de fondeig (amb mort de ciment amb o sense boia intermèdia o ecològic), l'observació d'impactes mecànics (zones mortes), presència d'espècies invasores com *C. cylindracea*, presència de deixalles, etc. Finalment, es va obtenir un registre fotogràfic i de vídeo de tot el recorregut.

Resultats

El recorregut s'inicia a una profunditat de 6 m, just davant de la cala Sa Tuna i al centre del canal de navegació. En aquest punt, és on es localitza la part exposada de l'emissari, i on es confirma la presència de *C. cylindracea* (ja detectada en l'estudi de Linares *et al.*, 2020). Es tracta d'una taca poc densa que ocupa aproximadament uns 10 m² (Figura 54b). Es distribueix sobre la mata de posidònia que es troba a banda i banda de l'emissari, així com també per damunt d'aquest, sense que s'hagi observat dins la praderia. A més, la presència de *C. cylindracea* s'ha observat en una clapa de mata i sorra gruixuda a la zona de mostreig de posidònia (vegeu capítol 'Fanerògames i nacres' d'aquest informe) a 15 m, tot i que en aquest cas, la seva extensió és molt reduïda (0,25 m²). En la mateixa zona de l'emissari, cal destacar la presència d'un mort de formigó (Figura 54e) sense cadena sobre la praderia posidònia, així com també un rem de plàstic al costat de l'emissari (Figura 54a).

Pel que fa a l'exploració de la zona central de la cala, s'ha observat la presència de fondejos amb blocs de formigó sobre la praderia de posidònia, alguns sense la boia intermèdia (dos d'ells), així com altres blocs (altres dos) que probablement es troben fora d'ús, ja que no tenen cadena (Figura 54c, d, f). A més, al llarg del recorregut, s'han identificat almenys sis morts de formigó a menys de cinc metres o en contacte amb el marge de la praderia. La majoria amb boia intermèdia i un bon funcionament, llevat d'un cas en què la cadena estava en contacte amb les fulles de posidònia. No obstant això, una part significativa dels fondejos observats dins de la praderia són ecològics i, per tant, no suposen un risc d'afectació per aquesta.

En la zona superficial, s'aprecia un canal de sorra que va de la cala Eixugador fins a mig camí de la cala Sa Tuna, i divideix la praderia en dues parts. A banda d'aquest canal de sorra, la praderia superficial és força contínua. Conforme s'incrementa la profunditat, les clapas de sorra i grava també van incrementant en nombre i mida. Avançant cap a l'exterior de la cala, la praderia s'estén paral·lelament al llarg del lateral est de la cala, on limita per la part superior per roca, i per la part inferior (cap al centre de la cala), amb un canal de sorra que s'estén fins a la zona de roca del costat oest de la cala. A més, al marge d'una clapa gran de sorra, a una profunditat de 12 m, s'ha observat una zona erosionada formant un esglaó (escarp) d'un metre d'alçada.

Finalment, en relació a la presència de deixalles, s'han observat abundants restes presumptament pertanyents a antics emissaris, entre 5 i 7 m de profunditat. Aquestes restes consisteixen en quatre tubs trencats d'uns 25 cm de diàmetre i d'una longitud aproximada entre 2 i 6 m. Un es localitza al costat de l'emissari mencionat

anteriorment, davant la platja de Sa Tuna. Els altres es troben a prop de la costa rocosa entre la platja de Sa Tuna i la cala de l'Eixugador.



Figura 54. Imatges de la prospecció realitzada de cala Sa Tuna a la ZEC del Litoral Baix Empordà. a) emissari amb un rem, b) *Caulerpa cylindracea* propera la praderia de posidònia, d-f) blocs de formigó enmig de la praderia, g) praderia de posidònia de la zona superficial de la cala i h) fondeig ecològic mig desenterrat.

Discussió

La prospecció realitzada a la cala Sa Tuna, ens han proporcionat un millor coneixement del seu estat i dels diversos impactes que afecten la praderia i la seva comunitat, aspecte que no es podria assolir mitjançant un mostreig puntual a la praderia.

Per una banda, la prospecció ens ha permès veure que, tot i l'elevada pressió a la qual la praderia de posidònia està sotmesa, en general aquesta presenta aparença saludable (vegeu capítol 'Fanerògames i nacres' d'aquest informe). No obstant això, de manera puntual, s'han observat indicis d'afectació a la zona que envolta l'emissari emergit, on s'aprecia la presència de mata morta en ambdós costats de l'estructura. Els emissors submarins poden afectar a les comunitats bentòniques principalment de dues maneres: mitjançant l'impacte físic provocat per la mateixa estructura, o a través de l'abocament d'aigües residuals, ja sigui com a resultat directe de la seva operació o a conseqüència del seu mal funcionament (trencament). En el cas de Sa Tuna, sembla que l'afectació observada pot ser el resultat de l'impacte de la mateixa estructura. Tot i que l'àrea afectada és limitada, la pèrdua de biomassa de posidònia representa una disminució de les funcions ecosistèmiques a escala local, a més de suposar un risc de colonització per part d'altres espècies de creixement ràpid, com l'alga invasora *C. cylindracea*. Efectivament, així s'ha constatat en aquesta prospecció, i en altres observacions (Sanmartí *et al.*, 2023), on s'ha observat l'alga invasora creixent sobre la mata morta. Fins al moment, però, aquesta situació no representa cap risc per a la praderia, ja que es manté a la zona de mata morta sense penetrar dins la praderia. A més, s'ha demostrat que aquesta alga té una capacitat reduïda per envair praderies en un estat saludable penetrant només els marges (Bernardeau-Esteller *et al.*, 2020). Això ressalta la importància de conservar l'ecosistema en un estat saludable com a forma de controlar aquesta alga invasora així com d'altres que puguin arribar.

Per altra banda, considerant que la freqüentació d'embarcacions esportives és una de les pressions sobre els alguers que més preocupa, la prospecció ha proporcionat una identificació dels diferents tipus de fondejos presents a la cala Sa Tuna, i d'on es troben localitzats en relació a la praderia de posidònia, si estan dins o a prop de la praderia amb risc potencial d'afectació. Aquestes estructures permanents, ja siguin blocs de formigó amb cadenes o amb caps a superfície, tenen un efecte destructiu directe sobre la praderia. L'impacte es pot donar tant per la presència de la mateixa estructura, com per l'arrossegament de les cadenes pel fons o per un mal manteniment de les boies. En el cas concret de Sa Tuna, i al llarg del recorregut realitzat, els blocs de formigó observats enmig de la praderia no semblen haver causat més afectació que la pròpia presència de l'estructura. Inclús en el cas d'un bloc amb la cadena arrossegant les fulles del voltant, no s'ha observat impacte en el feixos de la praderia (trencament o arrencament dels mateixos). No obstant això, la presència dels blocs que estaven tocant el marge la praderia o a menys de 5 m d'aquesta, incompleix les recomanacions del protocol de bones pràctiques en el fondeig i l'ancoratge al litoral català. Aquesta situació podria representar un risc potencial per a la praderia.

A banda dels efectes mecànics, la freqüentació d'embarcacions pot ocasionar altres tipus de danys a les praderies, com la contaminació per hidrocarburs (olis de sentines, restes de combustible) o altres contaminants, com les pintures *antifouling* o, segons alguns autors, les cremes protectores solars. Aquesta freqüentació és també l'origen de la generació de residus diversos que hem pogut observar, els quals, tot i que poden no tenir un impacte ecològic significatiu, sí que el tenen un

impacte visual. En el cas de Sa Tuna, no s'ha detectat deixalla resultat de la freqüentació d'embarcacions, més enllà d'un rem trencat a pocs metres de profunditat. D'altra banda, s'han localitzat restes d'estructures antigues d'emissaris a la zona superficial de la praderia i enmig del canal de sorra. A més de l'impacte visual que aquestes resten representen, també poden afectar potencialment els ecosistemes marins bentònics propers, ja sigui la praderia de posidònia o els fons rocosos més superficials. Seria recomanable la retirada d'aquestes estructures així com dels blocs de formigó trobats durant la prospecció.

Conclusions

La prospecció de la cala Sa Tuna mostra una praderia en general amb aparença saludable i sense evidències de degradació, a excepció d'una zona puntual.

Al voltant de l'emissari emergit, s'han observat indicis d'afectació amb presència de mata morta en ambdós costats de l'estructura.

Caulerpa cylindracea s'ha localitzat en dues zones, una superficial sobre mata morta, i una altra profunda en una petita clapa de sorra.

Les afectacions de l'alga invasora a la praderia de posidònia són, de moment, inexistentes.

S'han localitzat diversos blocs de formigó enmig de la praderia, alguns amb boia intermèdia altres sense, i no semblen causar més afectacions que la causada per la mateixa estructura.

S'han trobat restes d'estructures antigues d'emissaris enmig de substrat sorrenc superficial. A més de tenir un impacte visual, poden potencialment afectar els ecosistemes marins bentònics propers.

Diagnosi general de la ZEC del Litoral del Baix Empordà

Estat actual de les principals espècies i hàbitats en la ZEC

La ZEC del Litoral del Baix Empordà presenta una elevada heterogeneïtat d'hàbitats força representatius en tota la ZEC, on hi podem trobar des de fons rocosos fotòfils, fins a praderies de *Posidonia oceanica*, coves submarines i un coral·ligen ben desenvolupat, amb poblacions molt denses de gorgònia vermella. En general, els hàbitats d'aquesta ZEC es troben en bon estat de conservació. En particular, les praderies de *P. oceanica* es troben en un estat de conservació satisfactori, així com també les comunitats algals fotòfiles, les quals es troben ben desenvolupades, en especial a Aigua Xelida, on s'hi han trobat boscos d'algues erectes, juntament amb poblacions de garotes amb baixa densitat i talles grans. A més, els boscos de *E. mediterranea*, a l'estatge mediolitoral, es troben amb valors que indiquen també un bon estat. A més profunditat, l'hàbitat del coral·ligen troba força representat en aquesta ZEC i en força bon estat de conservació, en especial a Furió Fitó i Furió d'Aigua Xelida, on tant la comunitat del coral·ligen com les poblacions de gorgònia vermella es troben ben desenvolupades. Finalment, la cova de l'Illa Negra mostra una comunitat amb força estructura tridimensional i elevada diversitat de grups taxonòmics, concloent que es tracta d'una cova en bon estat en comparació al que s'ha trobat a la Cova de Sa Tuna que es troba a una fondària menor i exposada a una elevada activitat antropogènica.

Malgrat aquests resultats, però, s'han observat diversos impactes dins aquesta ZEC que cal remarcar. D'una banda, hi trobem una elevada pressió de pesca, especialment la pesca recreativa, que fa que les comunitats de peixos no estiguin a un nivell òptim si els comparem amb altres zones protegides com els Parcs Naturals. A més, la Reserva Marina de Ses Negres no presenta els valors que s'esperarien d'una zona protegida envers aquesta activitat, tot i que podria ser degut a la baixa disponibilitat d'hàbitat favorable per a aquestes espècies. A més, un altre impacte important que s'ha detectat és el del canvi climàtic, especialment sobre les poblacions de gorgònia vermella que, tot i que els valors de mortalitat detectats no són tan elevats com els del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, disten del que seria un bon estat de conservació. A més, aquestes poblacions poden quedar greument afectades per impactes físics derivats de les xarxes de pesca enredades al fons o àncores abandonades, com s'ha pogut anar observant en diversos indrets de la ZEC. En aquests hàbitats una elevada pressió de busseig també podria estar afectant de manera sinèrgica al canvi climàtic en certes zones com Ullastres III o Formigues, però caldrien dades sobre la intensitat d'aquesta activitat en les diferents estacions estudiades per a poder determinar amb més exactitud aquests efectes. Finalment, la sobrefreqüentació turística, juntament amb la nàutica d'esbarjo també pot causar impactes a la zona, com seria el cas de la cala de Sa Tuna, on s'hi han trobat diversos morts abandonats i antics emissaris, juntament amb la cova, que presenta una comunitat menys diversa, fragmentada i de morfologies incrustants, probablement donat per la pressió antròpica de la zona.

Per acabar, els límits d'aquesta ZEC estan correctament delimitats, abastant la gran diversitat d'hàbitats de la zona. Tot i això, es recomana reduir al màxim les pressions que rep aquesta ZEC,

per tal de preservar els hàbitats en bon estat de conservació, i recuperar els que es troben en mal estat.

Recomanacions pel futur seguiment i gestió

Aquesta ZEC es una de les zones dins de la Xarxa Natura 2000 amb major heterogeneïtat d'hàbitats ben representats i que en general presenten un bon estat de conservació. Tot i això s'han detectat diverses pressions com la pesca i la freqüentació humana que poden estar afectant aquests hàbitats i espècies seleccionades. Tot i que es troben algunes dades sobre aquests descriptors de manera puntual en aquesta ZEC, manquen dades històriques per poder determinar quina ha estat la tendència en el passat i poder avaluar correctament el seu estat de conservació actual. Per tant, es recomana continuar el seguiment de les espècies i hàbitats en aquesta ZEC per a poder dur a terme una adequada gestió i conservació del patrimoni natural.

En general, podríem dir que el nombre de descriptors i estacions per descriptor es adequat per poder realitzar el seguiment en un futur i per tant, recomanem que almenys es mantingui el disseny i els mateixos protocols en futurs estudis.

Com s'ha esmentat, aquesta ZEC compta amb una elevada diversitat d'hàbitats i inclou hàbitats amb elevat valor socioecològic com són les praderies de *P. oceanica*, el coral·ligen i comunitats infralitorals rocoses, el mediolitoral i les coves. També conflueixen una sèrie de pressions antròpiques sobretot la pesca i les activitats recreatives amb pressions més globals com el canvi climàtic i les espècies invasores (com *C. cylindracea*). Donada aquesta elevada pressió humana, es fa necessari tenir un bon seguiment en paral·lel dels usos i activitats humanes que es donen en aquesta ZEC així com tenir una idea de la seva intensitat en tota la ZEC.

En base als resultats obtinguts i en el context de canvi global actual, es recomana prendre mesures per reduir les pressions que actuen a nivell local, per poder mantenir el bon estat ambiental i ecològic dels hàbitats marins d'aquesta ZEC i millorar aquesta estat en els hàbitats i estacions que estan mostrant un cert impacte de la pressió humana i el canvi climàtic.

Bibliografia general de la ZEC del Litoral del Baix Empordà

- Abdulla, A., Gomei, M., Maison, E., Pianté, C. (2008). Status of marine protected areas in the Mediterranean Sea. *IUCN, Malaga and WWF, France*.
- ACA. (2018). Estat de les masses d'aigua a Catalunya. <https://aplicacions.aca.gencat.cat/WDMA/>
- Agnetta, D., Badalamenti, F., Ceccherelli, G., Di Trapani, F., Bonaviri, C., & Gianguzza, P. (2015). Role of two co-occurring Mediterranean sea urchins in the formation of barren from *Cystoseira* canopy. *Estuarine, coastal and shelf science*, 152, 73-77.
- Airoldi, L., Beck, M.W. (2007). Loss, status and trends for coastal marine habitats of Europe. In Gibson, R., Atkinson, R., i Gordon, J. (Eds.), *Oceanography and Marine Biology: an anual review* (pp. 345–405). Taylor & Francis
- Ballesteros, E. (1984). Els estatges supralitoral i mediolitoral de les illes Medes. In Ros, J., Olivella, I., Gili, J.M. (Eds.), *Els sistemes naturals de les illes Medes* (pp. 647-658). Institut d'Estudis Catalans, Barcelona.
- Ballesteros, E. (1988). Estructura y dinámica de la comunidad de *Cystoseira mediterranea* Sauvageau en Mediterraneo noroccidental. *Investigación Pesquera*, 52(3), 313-334.
- Ballesteros, E. (1992). *Els vegetals i la zonació litoral: espècies, comunitats i factors que influeixen la seva distribució* (Vol. 101). Institut d'estudis catalans.
- Ballesteros, E. (1993). Species composition and structure of a photophilic algal community dominated by *Halopteris scoparia* (L.) Sauvage from the North-Western Mediterranean. *Collectanea Botanica*, 22, 5-24.
- Ballesteros, E. (2006). Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 44, 123-195.
- Ballesteros, E., Torras, X., Pinedo, S. García, M., Mangialajo, L., i 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(1), 172–180. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.08.038>.
- Ballesteros, E., Canals, M., i Estrada, M. (2013). Els ecosistemes marins als Països Catalans. In Bueno, D., Masalles, R., Ballesteros, E., i Martí, E. (Eds.), *Atles dels ecosistemes dels Països Catalans*. Enciclopedia Catalana.
- Ballesteros, E., Mariani, S., Cefali, M. E., Terradas, M., & Chappuis, E. (2014). Manual dels hàbitats litorals de Catalunya. *Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat*.
- Bavestrello, G., Cerrano, C., Zanzi, D., i Cattaneo-Vietti, R. (1997). Damage by fishing activities to the Gorgonian coral *Paramuricea clavata* in the Ligurian Sea. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 7(3), 253-262.
- Bernardeau-Esteller, J., Marín-Guirao, L., Sandoval-Gil, J. M., García-Muñoz, R., Ramos-Segura, A., Ruiz, J. M. (2020). Evidence for the long-term resistance of *Posidonia oceanica* meadows to *Caulerpa cylindracea* invasion. *Aquatic Botany*, 160, 103167

- Betti, F., Bavestrello, G., Bo, M., Ravanetti, G., Enrichetti, F., Coppari, M., i Cattaneo-Vietti, R. (2020). Evidences of fishing impact on the coastal gorgonian forests inside the Portofino MPA (NW Mediterranean Sea). *Ocean & Coastal Management*, 187, 105105.
- Bonaviri, C., Vega Fernández, T., Fanelli, G., Badalamenti, F., & Gianguzza, P. (2011). Leading role of the sea urchin *Arbacia lixula* in maintaining the barren state in southwestern Mediterranean. *Marine Biology*, 158, 2505-2513.
- Boström, C., Pittman, S. J., Simenstad, C., Kneib, R. T. (2011). Seascape ecology of coastal biogenic habitats: advances, gaps, and challenges. *Marine ecology progress series*, 427, 191-217.
- 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.
- Bulleri, F., Balata, D., Bertocci, I., Tamburello, L., & Benedetti-Cecchi, L. (2010). The seaweed *Caulerpa racemosa* on Mediterranean rocky reefs: from passenger to driver of ecological change. *Ecology*, 91(8), 2205-2212.
- 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 <https://doi.org/10.1016/J.ECSS.2008.04.021>.
- Casas, E., Teixidó, N., Garrabou, J., Cebrian, E. (2015). Structure and biodiversity of coralligenous assemblages over broad spatial and temporal scales. *Marine Biology*, 162, 901–912.
- 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.
- Ceccherelli, G., Piazzini, L., & Cinelli, F. (2000). Response of the non-indigenous *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh to the native seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile: effect of density of shoots and orientation of edges of meadows. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 243(2), 227-240.
- Cefalì, M. E., Cebrian, E., Chappuis, E., Pinedo, S., Terradas, M., Mariani, S., i Ballesteros, E. (2016). Life on the boundary: Environmental factors as drivers of habitat distribution in the littoral zone. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 172, 81-92. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.01.043>
- Cerrano, C., Bavestrello, G., Bianchi, C. N., Bava, S., Morganti, C., Morri, C., Picco, P., Sara, G., Schiaparelli, S., Siccardi, A., Sponga, F. (2000). A catastrophic mass-mortality episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian Sea (North-western Mediterranean), summer 1999. *Ecology Letters*, 3(4), 284-293.
- Chappuis, E., Terradas, M., Cefalì, M. E., Mariani, S., i 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, 113-122.
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2014.05.031>

- Cheminée, A., Sala, E., Pastor, J., Bodilis, P., Thiriet, P., Mangialajo, L., ... & Francour, P. (2013). Nursery value of *Cystoseira* forests for Mediterranean rocky reef fishes. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 442, 70-79.
- Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Lasram, F.B.R., Aguzzi, J., ... i Voultsiadou, E. (2010). The biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, patterns, and threats. *PLoS ONE*, 5(8), e11842.
- Coma, R., Ribes, M., Zabala, M., Gilil, J. M. (1995a). Reproduction and cycle of gonadal development in the Mediterranean gorgonian *Paramuricea clavata*. *Marine Ecology Progress Series*, 117, 173-183.
- Coma, R., Zabala, M., Gili, J. M. (1995b). Sexual reproductive effort in the Mediterranean gorgonian *Paramuricea clavata*. *Marine Ecology Progress Series*, 117(1), 185-192.
- Coma, R., Ribes, M., Zabala, M., i Gili, J. M. (1998). Growth in a modular colonial marine invertebrate. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 47(4), 459-470.
- 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.
- Cornello, M., Boscolo, R., Giovanardi, O. (2005). Do mucous aggregates affect macro-zoobenthic community and mussel culture? A study in a coastal area of the Northwestern Adriatic Sea. *Sci. Total Environ*, 353, 329-339.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., ... i Van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253-260.
- Crain, C., Kroeker, K., i Halpern, B. (2008). Interactive and cumulative effects of multiple human stressors in marine systems. *Ecology Letters*, 11(12), 1304-1315.
<https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01253.x>
- 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. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2>.
- De Cáceres, M., Legendre, P., & Moretti, M. (2010). Improving indicator species analysis by combining groups of sites. *Oikos*, 119(10), 1674-1684.
- 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., Montefalcone, M., Pergent, G., Ruiz, J.M., Cabaco, S., Cook, K., Wilkes, R.J., Frithjof, E.M., Muñoz-Ramos, G., Seglar-Arañó, 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, 3356.
- den Hartog, C. (1970). *The Seagrasses of the World*. North Holland Publishing Company, Amsterdam London.
- Di Camillo, C., Ponti, M., Pulido Mantas, T., i Roveta, C. (2023). Review of the indexes to assess the ecological quality of coralligenous reefs: Towards a unified approach. *Frontiers in Marine Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1252969>
- Di Franco, A., Ferruzza, G., Baiata, P., Chemello, R., & Milazzo, M. (2010). Can recreational scuba divers alter natural gross sedimentation rate? A case study from a Mediterranean deep cave. *ICES Journal of Marine Science*, 67(5), 871-874.
- Digenis, M., Arvanitidis, C., Dailianis, T., & Gerovasileiou, V. (2022). Comparative study of marine cave communities in a protected area of the South-Eastern Aegean Sea, Greece. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(5), 660.
- Dimarchopoulou, D., Gerovasileiou, V., & Voultsiadou, E. (2018). Spatial variability of sessile benthos in a semi-submerged marine cave of a remote Aegean Island (eastern Mediterranean Sea). *Regional Studies in Marine Science*, 17, 102-111.
- Dufrêne, M., & Legendre, P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological monographs*, 67(3), 345-366.
- Felline, S., Caricato, R., Cutignano, A., Gorbi, S., Lionetto, M. G., Mollo, E., ... & Terlizzi, A. (2012). Subtle effects of biological invasions: cellular and physiological responses of fish eating the exotic pest *Caulerpa racemosa*. *PLoS One*, 7(6), e38763.
- Edgar, G.J., Stuart-Smith, R.D., Willis, T.J., Kininmonth, S., Baker, S.C., Banks, S., Barrett, N.S., Becerro, M.A., Bernard, A.T.F., Berkhout, J., Buxton, C.D., Campbell, S.J., Cooper, A.T., Davey, M., Edgar, S.C., Försterra, G., Galván, D.E., Irigoyen, A.J., Kushner, D.J., Moura, R., Parnell, P.E., Shears, N.T., Soler, G., Strain, E.M.A., Thomsón, R.J. (2014). Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature*, 506: 216–220.
- 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. *The Mediterranean Sea: its history and present challenges*, 123-135.
- Francour, P., Ganteaume, A., Poulain, M. (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., & Harmelin, J. G. (2002). A 20-year study on life-history traits of a harvested long-lived temperate coral in the NW Mediterranean: insights into conservation and management needs. *Journal of Animal Ecology*, 71(6), 966-978.
- Garrabou, J., Coma, R., Bensoussan, N., Bally, M., Chevaldonné, P., Cigliano, M., Cerrano, C. (2009). Mass mortality in Northwestern Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. *Global Change Biology*, 15(5), 1090-1103.
- Garrabou, J., Linares, C., López-Sanz, A., López-Sendino, P., Ledoux, J. B., Montero-Serra, I. (2017). *El coral·ligen, un hàbitat d'interès pesquer*. Direcció General de Pesca i Afers Marítims, Generalitat de Catalunya. 20 pp. Quedern divulgatiu 1.
- Garrabou, J., Gómez-Gras, D., Ledoux, J.B., Linares, C., Bensoussan, N., López-Sendino, P., ... i Harmelin, J. G. (2019). Collaborative Database to Track Mass Mortality Events in the Mediterranean Sea. *Frontiers in Marine Science*, 6, 478167.
- Garrabou, J., Gómez-Gras, D., Medrano, A., Cerrano, C., Ponti, M., Schlegel, R., ... i Harmelin, J. G. (2022). Marine heatwaves drive recurrent mass mortalities in the Mediterranean Sea. *Global Change Biology*, 28(19), 5708-5725.
- Garrabou, J., Gómez-Gras, D., Medrano, A., Cerrano, C., Ponti, M., Schlegel, R., Bensoussan, N., Turicchia, E., Sini, M., Gerovasileiou, V., Teixido, N., Mirasole, A., Tamburello, L., Cebrian, E., Rilov, G., Ledoux, J., Souissi, J. B., Khamassi, F., Ghanem, R., ... Harmelin, J. (2022). Marine heatwaves drive recurrent mass mortalities in the Mediterranean Sea. *Global Change Biology*, 28(19), 5708–5725. <https://doi.org/10.1111/gcb.16301>.
- Generalitat de Catalunya (2009). Parcs Naturals de Catalunya. <http://parcsnaturals.gencat.cat/ca/inici/>
- 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-decatalunya/correspondencies_entre_habitats/
- Generalitat de Catalunya, 20122. Zona vedada del Cap Negre al Pa de Pessic (Ses Negres). Generalitat de Catalunya. Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. <https://agricultura.gencat.cat/ca/ambits/pesca/proteccio-recursos-litoral/ordenacio-espai-maritim/reserves-pesqueres-i-marisqueres/zona-vedada-cap-negre/index.html>.
- 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, Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural (2022). Reserves pesqueres i marisqueres. <https://agricultura.gencat.cat/ca/ambits/pesca/proteccio-recursos-litoral/ordenacio-espai-maritim/reserves-pesqueres-i-marisqueres/>

- Gera, A., Pagès, J. F., Arthur, R., Farina, S., Roca, G., Romero, J., Alcoverro, T. (2014). The effect of a centenary storm on the long-lived seagrass *Posidonia oceanica*. *Limnology and Oceanography*, 59(6), 1910–1918. <https://doi.org/10.4319/lo.2014.59.6.1910>.
- Gerovasileiou, V., & Voultsiadou, E. (2012). Marine caves of the Mediterranean Sea: a sponge biodiversity reservoir within a biodiversity hotspot. *PLoS One*, 7(7), e39873.
- Gerovasileiou, V., Dimitriadis, C., Arvanitidis, C., & Voultsiadou, E. (2017). Taxonomic and functional surrogates of sessile benthic diversity in Mediterranean marine caves. *PLoS One*, 12(9), e0183707.
- Gerovasileiou, V., & Bianchi, C. N. (2021). Mediterranean marine caves: A synthesis of current knowledge. *Oceanography and Marine Biology*, 1-87.
- Giakoumi, S., Cebrian, E., Kokkoris, G. D., Ballesteros, E., & Sala, E. (2012). Relationships between fish, sea urchins and macroalgae: The structure of shallow rocky sublittoral communities in the Cyclades, Eastern Mediterranean. *Estuarine, coastal and shelf science*, 109, 1-10.
- Giuliani, S., Virno Lamberti, C., Sonni, C., Pellegrini, D. (2005). Mucilage impact on gorgonians in the Tyrrhenian Sea. *Sci. Total Environ.*, 353, 340-349.
- Gómez-Gras D, Linares C, Dornelas M, Madin J.S, Brambilla V, Ledoux JB, López-Sendino P, Bensoussan N, Garrabou J (2021). Climate change transforms the functional identity of Mediterranean coralligenous assemblages. *Ecology Letters*, 24(5), 1038–1051.
- Guarnieri, G., Terlizzi, A., Bevilacqua, S., & Fraschetti, S. (2012). Increasing heterogeneity of sensitive assemblages as a consequence of human impact in submarine caves. *Marine Biology*, 159, 1155-1164.
- Guidetti, P. (2004). Consumers of sea urchins, *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula*, in shallow Mediterranean rocky reefs. *Helgoland Marine Research*, 58(2), 110-116.
- Guidetti, P., & Mori, M. (2005). Morpho-functional defences of Mediterranean sea urchins, *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula*, against fish predators. *Marine Biology*, 147, 797-802.
- 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.
- Halpern, B. S., Walbridge, S., Selkoe, K. A., Kappel, C. V., Micheli, F., D'Agrosa, C., ... Watson, R. (2008). A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, 319(5865), 948-952.
- Harley, C. D., Hughes, A. R., Hultgren, K. M., Miner, B. G., Sorte, C. J., Thornber, ... Williams, S.L. (2006). The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecology Letters*, 9 (2), 228–241. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00871.x>
- Hayes, L., Rovira, G., Martí, B., Margarit, N., Zentner, Y., Argullós, I., Linares, C., Hereu, B. (2023). Seguiment de les comunitats de coves submarines de la Reserva Marina de les Illes Medes com a indicadors de l'efecte de la freqüentació de submarinistes sobre les comunitats

bentòniques. *Seguiment anual de briozous, gorgònia vermella, coves i corall vermell a la Reserva Natural Parcial Marina de les Medes del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Memòria tècnica 2023*. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. pp. XX–XX.

Hereu, B., i Kersting, D.K. (2016). Diseases of coralline algae in the Mediterranean Sea. *Coral Reefs*, 35(2), 713-713. <https://doi.org/10.1007/s00338-016-1428-x>.

Hereu, B., Aspillaga, E., Capdevila, P., Linares, C., Medrano, A., Montero-Serra, I., Pagès, M., Rovira, G. (2017). Seguiment anual de Briozous, Gorgònia vermella i Coves a la Reserva Natural Parcial Marina de les Medes del Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter. Any 2017. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals.

Hereu, B., Aspillaga, E., Capdevila, C., Pagès, M., Rovira, G., Sánchez, S., i 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.; 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.

Hereu, B., Rovira, G., Garcia-Rubies, A., Zabala, M., Aspillaga, E., Ortega, J., Casals, D., Linares, C., Zentner, Y. (2023a). Seguiment de les comunitats de peixos. Memòria tècnica 2022. Generalitat de Catalunya. Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. pp. 93–132.

Hereu, B., Altimir, M. Argullos, I., Aspillaga, E. (2023b). Caracterització de les comunitats de peixos vulnerables a la pesca del litoral del Baix Empordà. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació. Direcció General de Pesca i Afers Marítims. Generalitat de Catalunya. 66 pp.

Kennedy, H., Pagès, J. F., Lagomasino, D., Arias-Ortiz, A., Colarusso, P., Fourqurean, J. W., ... i Duarte, C. M. (2022). Species traits and geomorphic setting as drivers of global soil carbon stocks in seagrass meadows. *Global Biogeochemical Cycles*, 36(10), e2022GB007481.

Klein, J., & Verlaque, M. (2008). The *Caulerpa racemosa* invasion: a critical review. *Marine pollution bulletin*, 56(2), 205-225.

Levin, S. A., (1992). The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology*, 73, 1943–1967.

Linares, C., Coma, R., Diaz, D., Zabala, M., Hereu, B., i Dantart, L. (2005). Immediate and delayed effects of a mass mortality event on gorgonian population dynamics and benthic community structure in the NW Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 305, 127-137.



- 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., Zabala, M., Garrabou, J., Coma, R., Díaz, D., Hereu, B., Dantart, L. (2010). Assessing the impact of diving in coralligenous communities: the usefulness of demographic studies of red gorgonian populations. *Scientific Reports Port-Cros National Park*, 24, 161-184.
- Linares, C., Coma, R., i Garrabou, J. (2012). El coral-ligen de les illes Medes: una comunitat fràgil amb un gran valor patrimonial.
- Linares C, Figuerola L, Pagès-Escolà P, Medrano A, Margarit N, Zentner Y, Gori A, López-Sendino P, Kersting D, Gómez-Gras D, Garrabou J (2020). Implementació dels protocols de seguiment a realitzar en el marc del projecte europeu MPA-Engage al Parc Natural del Cap de Creus i a l'espai de Xarxa Natura 2000 Litoral del Baix Empordà. Memòria tècnica pel Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya
- Linares, C., Figuerola, L., Pagès-Escolà, P., Medrano, A., Margarit, N., Zentner, Y., Gori, A., López-Sendino, P., Kersting, D., Gómez-Gras, D., Garrabou, J. (2020). Implementació dels protocols de seguiment a realitzar en el marc del projecte europeu MPA-Engage al Parc Natural del Cap de Creus i a l'espai de Xarxa Natura 2000 Litoral del Baix Empordà. Memòria tècnica pel Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya.
- 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.
- Ling, S. D., Scheibling, R. E., Rassweiler, A., Johnson, C. R., Shears, N., Connell, S. D., ... & Johnson, L. E. (2015). Global regime shift dynamics of catastrophic sea urchin overgrazing. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1659), 20130269.
- Littler, M. M., i Murray, S. N. (1975). Impact of sewage on the distribution, abundance and community structure of rocky intertidal macro-organisms. *Marine Biology*, 30, 277-291.
- Lloret, J., Marin, A., Marin-Guirao, L., Carreño, M. F. (2006). An alternative approach for managing scuba diving in small marine protected areas. *Aquatic conservation*, 16(6), 579-592.
- 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.

- M. Lorenti, M.C., Buia, V., Di Martino, Modigh M.(2005). Occurrence of mucous aggregates and their impact on *Posidonia oceanica* beds *Sci. Total Environ.*, 353, 369-379.
- Mariani, S., Cefali, M. E., Chappuis, E., Terradas, M., Pinedo, S., Torras, X., ... & Ballesteros, E. (2019). Past and present of Fucales from shallow and sheltered shores in Catalonia. *Regional Studies in Marine Science*, 32, 100824.
- Martí, C. (2021). Afluència i mobilitat d'embarcacions en l'àmbit costaner del litoral del Baix Empordà. Direcció General de Política Marítima i Pesca Sostenible, Generalitat de Catalunya. 85 pp. Treball tècnic (2)
- 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.
- 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.
- Medrano, A., Hereu, B., Cleminson, M., Pagès-Escolà, M., Rovira, G., Sola, 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*, 28(3), 632-644.
- Micheli, F., Halpern, B. S., Walbridge, S., Ciriaco, S., Ferretti, F., Fraschetti, S., ... 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., 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.
- 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., ... & De Clerck, O. (2015). European seaweeds under pressure: Consequences for communities and ecosystem functioning. *Journal of sea research*, 98, 91-108.
- Mistri, M., Ceccherelli, V. U. (1996). Effects of a mucilage event on the Mediterranean gorgonian *Paramuricea clavata*. Short term impacts at the population and colony levels. *Italian Journal of Zoology*, 63, 221-230.
- Monserrat, M., Comeau, S., Verdura, J., Alliouane, S., Spennato, G., Priouzeau, F., ... i Mangialajo, L. (2022). Climate change and species facilitation affect the recruitment of macroalgal marine forests. *Scientific Reports*, 12(1), 18103.
- Monserrat, M., Comeau, S., Verdura, J., Alliouane, S., Spennato, G., Priouzeau, F., ... Mangialajo, L. (2022). Climate change and species facilitation affect the recruitment of macroalgal marine forests. *Scientific Reports*, 12(1), 18103.

- Montefalcone, M., De Falco, G., Nepote, E., Canessa, M., Bertolino, M., Bavestrello, G., Morri, C., & Bianchi, C. N. (2018). Thirty year ecosystem trajectories in a submerged marine cave under changing pressure regime. *Marine Environmental Research*, 137, 98–110. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2018.02.022>
- Montefalcone, M., Ferraro, V., Barbieri, F., Morri, C., & Bianchi, C. N. (2023). Ecological gradients in a marine cave revisited 26 years after. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 293, 108517. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2023.108517>
- Morhange C., Laborel-Deguen, F., Sartoretto, S., i Laborel, J. (1992). Recherches sur les bioconstructions à *Lithophyllum lichenoides* en Méditerranée occidentale. *Méditerranée*, 76(3), 67-71. <https://doi.org/10.3406/medit.1992.2769>.
- Nepote, E., Bianchi, C. N., Morri, C., Ferrari, M., & Montefalcone, M. (2017). Impact of a harbour construction on the benthic community of two shallow marine caves. *Marine pollution bulletin*, 114(1), 35-45.
- Otero, M. D. M., Numa, C., Bo, M., Orejas, C., Garrabou, J., Cerrano, C., ... Cattaneo-Vietti, R. (2017). *Overview of the conservation status of Mediterranean anthozoans*. International Union for Conservation of Nature and Natural and Natural Resources (IUCN).
- Paoli, C., Morten, A., Bianchi, C. N., Morri, C., Fabiano, M., Vassallo, P. (2016). Capturing ecological complexity: OCI, a novel combination of ecological indices as applied to benthic marine habitats. *Ecological Indicators*, 66, 86-102. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.029>
- Parsóns, G. R., Thur, S. M. (2008). Valuing changes in the quality of coral reef ecosystems: a stated preference study of SCUBA diving in the Bonaire National Marine Park. *Environmental and Resource Economics*, 40(4), 593-608.
- Pergent G., Pergent-Martini C., Boudouresque, C.F. (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.
- Pergent, G., Aguilar, R., Ballesteros, E., Bazairi, H., Bianchi, C. N., Bitar, G., ... Vacelet, J. (2015). Action Plan for the conservation of habitats and species associated with seamounts, underwater caves and canyons, aphotic hard beds and chemo-synthetic phenomena in the Mediterranean Sea. *Dark Habitats Action Plan*.
- Pinna, S., Piazzì, L., Ceccherelli, G., Castelli, A., Costa, G., Curini-Galletti, M., ... & Bonaviri, C. (2020). Macroalgal forest vs sea urchin barren: patterns of macro-zoobenthic diversity in a large-scale Mediterranean study. *Marine Environmental Research*, 159, 104955.
- 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, L., i Rodriguez, C. (1989). Comunitats d'algues bentòniques al litoral càtala. *Revista de Girona*, 37-40.
- Prieto, C. R. (2013). *Guía de las macroalgas y fanerógamas marinas del Mediterráneo occidental*. Omega.

- Protocol de bones pràctiques en el fondeig i l'ancoratge al litoral català. Generalitat de Catalunya. Direcció General de Pesca i Afers Marítims. 2016
- 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 i Romero, J. (1996). Xarxa de vigilància de la qualitat biològica dels herbassars de fanerògames marines: Experiència pilot i projecte prototipus. Informe de resultats. Exercici 1996. Direcció General de Pesca i Afers Marítims, Generalitat de Catalunya
- Ricart, A. M., Sanmarti, N., Perez, M., Romero, J. (2018). Multilevel assessments reveal spatially scaled landscape patterns driving coastal fish assemblages. *Marine environmental research*, 140, 210-220.
- Roberts, C.M., Ormond, R.F.G. (1987) Habitat complexity and coral reef fish diversity and abundance on Red Sea fringing reefs. *Mar Ecol Prog Ser*, 41, 1-8.
- 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.
- Rodriguez-Prieto, C., Ballesteros, E., Boisset, F., i Alfonso-Carrillo, J. (2013). *Guia de las macroalgas y fanerogamas marinas del Mediterraneo Occidental*. Ed. Omega.
- 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., 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. (2011). 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
- Rouphael, A. B., Inglis, G. J. (2001). Take only photographs and leave only footprints: An experimental study on the impacts of underwater photographers on coral reef dive sites. *Biological Conservation*, 100, 281-287.
- Rovira, G., Zentner, Y., Margarit, N., Ortega, J., Vilanova, M., Linares, C. (2021). Seguiment de les poblacions de gorgònia vermella de la Reserva Marina de les Illes Medes com a indicadors de l'efecte de la freqüentació de submarinistes sobre les comunitats bentòniques. *Seguiment anual de briozous, gorgònia vermella, coves i corall vermell a la Reserva Natural Parcial Marina de les Medes del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter*. Memòria tècnica 2021. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals.
- Rovira, G., Zentner, Y., Casals, D., Margarit, N., Figuerola-Ferrando, L., Ortega, J., Linares, C. (2022). Seguiment de les poblacions de gorgònia vermella de la Reserva Marina de les Illes

- Medes com a indicadors de l'efecte de la freqüentació de submarinistes sobre les comunitats bentòniques. *Seguiment anual de briozous, gorgònia vermella, coves i corall vermell a la Reserva Natural Parcial Marina de les Medes del 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. pp 29-54.
- Sanmartí, N., Romero J., Pérez M., Ortega, J., Casals, D., Rovira G. (2023). Seguiment de les praderies de posidònia i de les poblacions de nacres del Parc Natural de Cap de Creus i del 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. Pp 153-236.
- Sartoretto, S., Schohn, T., Bianchi, C. N., Morri, C., Garrabou, J., Ballesteros, E., ... & Gatti, G. (2017). An integrated method to evaluate and monitor the conservation state of coralligenous habitats: The INDEX-COR approach. *Marine pollution bulletin*, 120(1-2), 222-231.
- Schiaparelli, S., Castellano, M., Povero, P., Sartoni, G., Cattaneo-Vietti, R. (2007). A benthic mucilage event in North-Western Mediterranean Sea and its possible relationships with the summer 2003 European heatwave: short term effects on littoral rocky assemblages. *Marine Ecology an Evolutionary Perspective*, 28, 341–353.
- Schneider, D.C. (2001). The Rise of the concept of scale in ecology. *Bioscience*, 51(7), 545-554
- Strain, E. M. A., Van Belzen, J., Van Dalen, J., Bouma, T. J., i Aioldi, L. (2015). Management of local stressors can improve the resilience of marine canopy algae to global stressors. *PLoS ONE*, 10(3), e0120837. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120837>
- Submon, Divulgació, estudi i conservació del medi marí (2013). Xarxa de vigilància de la qualitat dels herbassars de fanerògames marines: memòria 2013. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural.
- Submon, Divulgació, estudi i conservació del medi marí, 2010. Xarxa de vigilància de la qualitat dels herbassars de fanerògames marines: memòria final 2008-2010. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural.
- Thibaut, T., Bottin, L., Aurelle, D., Boudouresque, C. F., Blanfuné, A., Verlaque, M., ... i Millet, B. (2016). Connectivity of populations of the seaweed *Cystoseira amentacea* within the Bay of Marseille (Mediterranean Sea): genetic structure and hydrodynamic connections. *Cryptogamie, Algologie*, 37(4), 233-255. <https://doi.org/10.7872/crya/v37.iss4.2016.233>.
- Trygonis, V., & Sini, M. (2012). photoQuad: A dedicated seabed image processing software, and a comparative error analysis of four photoquadrat methods. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 424–425, 99–108. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2012.04.018>
- 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.

- UNEP-MAP-RAC, S. P. A. (2008). Action plan for the conservation of the coralligenous and other calcareous bio-concretions in the Mediterranean Sea. *UNEP MAP RAC-SPA publ., Tunis*.
- Waycott, M., Duarte, C.M., Carruthers, T.J.B., Orth, R.J., Dennison, W.C., Olyarnik, S., ... i 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(30), 12377-12381.
- Yeager, L.A., Layman, C.A., Allgeier, J.E. (2011). Effects of habitat heterogeneity at multiple spatial scales on fish community assembly. *Oecologia*, 167, 157–68.
- 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.
- Zentner, Y., Rovira, G., Margarit, N., Ortega, J., Casals, D., Medrano, A., Pagès-Escolà, M., ... Linares, C. (2023). Marine protected areas in a changing ocean: Adaptive management can mitigate the synergistic effects of local and climate change impacts. *Biological Conservation*, 282, 110048.



ZONA D'ESPECIAL CONSERVACIÓ DE LES COSTES DEL MARESME

Introducció general de la ZEC de les Costes del Maresme

Codi ZEC: ES5110017

Superfície marina de la regió: 2.906,36 ha

Superfície ZEC: 2.906,36 ha

La ZEC de les Costes del Maresme (Figura 1) consta d'un espai marí davant d'aquestes on domina un fons sorrenc amb una fondària màxima d'uns 20 metres, aproximadament. Principalment s'hi pot trobar una gran praderia de *Posidonia oceanica*, la qual alberga una gran diversitat d'organismes, des de petits mol·luscs o crustacis, fins a peixos de diferents espècies (Generalitat de Catalunya, 2015), barres rocoses infralitorals i algunes barres de precoral·lígen en fons detrític.

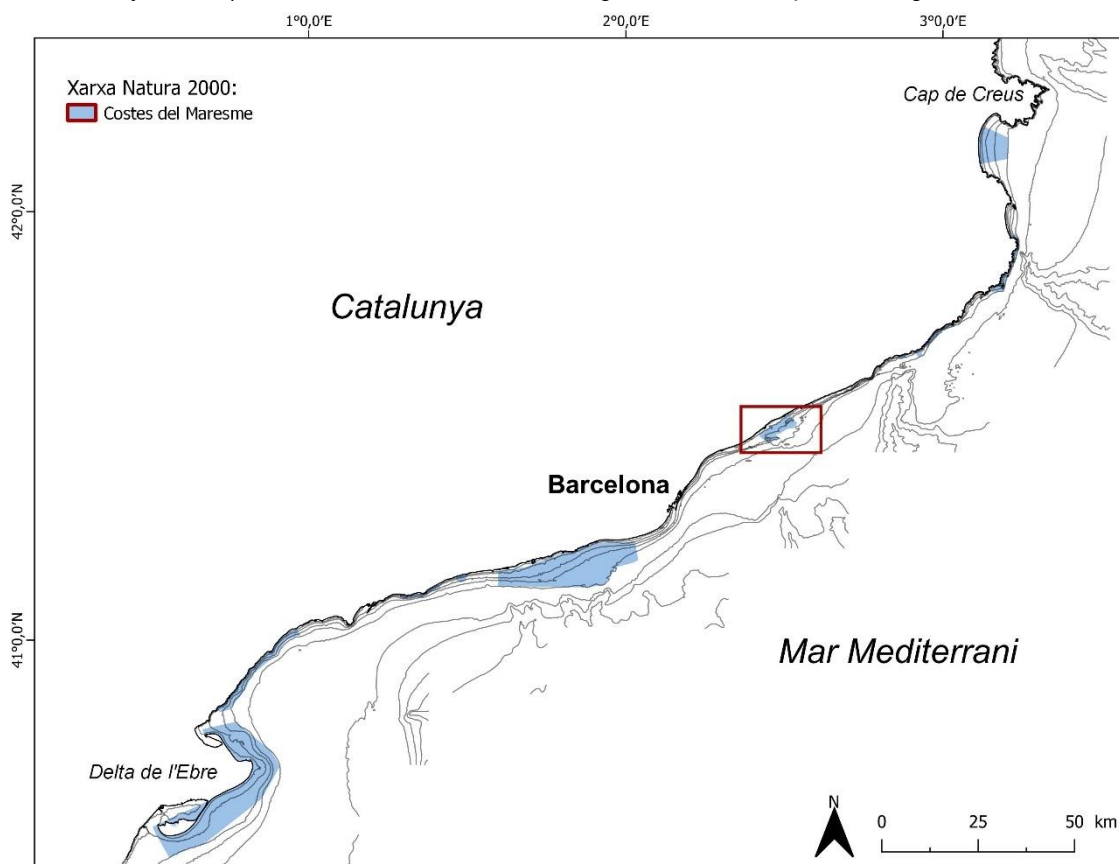


Figura 1. Mapa de les ZECs amb les Costes del Maresme destacades.

A l'informe de l'any 2021, es van proposar els punts de mostreig de la Taula 1. Alguns d'ells es van confirmar com a punt, i d'altres es van modificar per haver trobat millors zones per al mostreig dels indicadors. A més, alguns dels punts van ser proporcionats pels centres d'immersió de la zona, com ara la Barreta de l'Arbre o El Negre com a punts de coral·lígen (Figura 2).

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

Indicador	Llegenda	Nº immersions PLEC	Punts de mostreig proposats	Nº immersions realitzades	Punts realitzats
Fanerògames i nacres		3	Mataró 1 Mig 1 El Balís 1	3	Mataró Mig Llavaneres
Peixos		3	Mataró 1 Mig 1 El Balís 1	3	La Boia La Matella Xoni Mira
Coral·ligen		3	El Negre La Trencada Barreta de l'Arbre	3	Barreta de l'Arbre Trencada El Negre El Negre Prof
Comunitats algals i garotes		2	Mataró 1 Mig 1 El Balís 1	2	La Boia Xoni Mira
Paisatge		3	Mataró 2 Mig 2 El Balís 2	3	Barreta de l'Arbre Mig El Vell
Prospeccions		1	El Balís 2	1	Posi Glòria

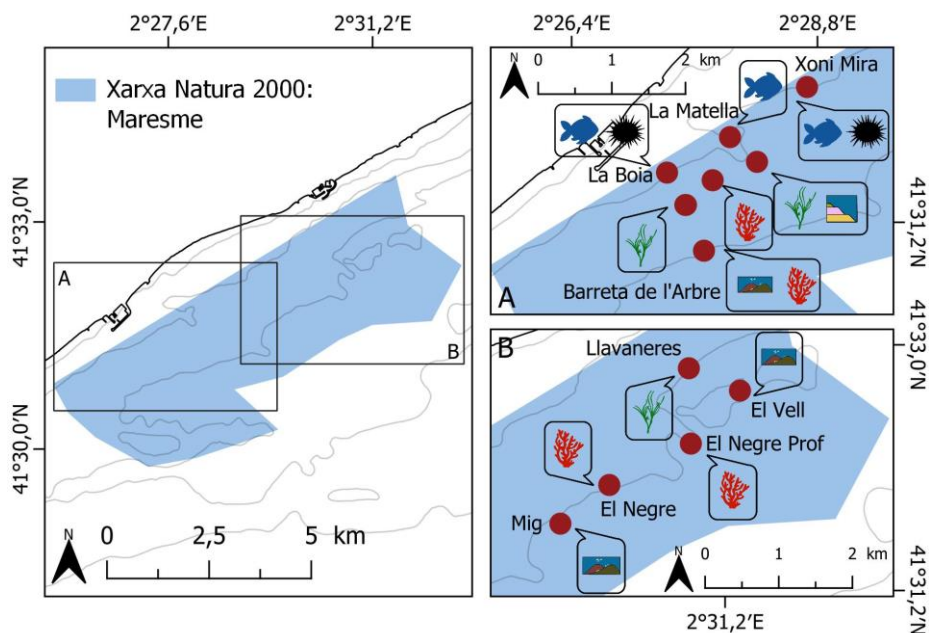


Figura 2. Mapa de les estacions proposades per als propers mostrejos amb els corresponents indicadors de la ZEC de les Costes del Maresme.

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

Fanerògames i nacres

- S'han mostrejat tres praderies de *Posidònia oceanica* distribuïdes al llarg de la ZEC de les Costes del Maresme.
- Les tres praderies mostrejades, Mataró, Mig i Llavaneres, es troben en un estat de conservació satisfactori.
- Els valors de densitat i cobertura de les estacions mostrejades es troben dins de l'interval de referència, a excepció de la densitat de Llavaneres, amb un valor lleugerament per sota.
- La praderia mostrejada de Llavaneres és discontinua i a taques, probablement degut a la naturalesa de la mateixa praderia, ja que presenta bona valoració qualitativa.

- No s'han observat símptomes de degradació macroscòpic ni d'afectació del temporal Glòria en cap de les estacions mostrejades.
- Un aspecte desfavorable és una tendència a la disminució dels valors de densitat des del 2003. Caldrà veure com evoluciona en el temps.
- El nivell d'enterrament dels feixos (descalçament) no representa cap risc per a l'afectació de la planta, ni per excés ni per defecte.



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:

- e) 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).
- f) 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).
- g) Mortalitat per efectes directes sobre les plantes, principalment per impactes mecànics, com ara certs tipus de pesca, ancoratge, obres costaneres...
- h) 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 Guíllola, 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.

Posidonia oceanica és una espècie endèmica del Mediterrani i està àmpliament distribuïda per tot el litoral català. La reproducció sexual és a través de flors hermafrodites que s'agrupen en una inflorescència en forma d'espiga, i la floració té lloc, principalment, entre els mesos de setembre i novembre. 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.

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). A la ZEC de les Costes del Maresme trobem praderies de *P. oceanica*, així com, en menor extensió, de *C. nodosa*. Les praderies de *P. oceanica* han estat històricament molt estudiades i es disposa de molta informació sobre el seu estat, ja que han format part dels diferents programes de seguiment des de l'any 1997, amb la Xarxa de vigilància de la qualitat biològica dels herbassars de fanerògames marines (Renom i Romero, 2001; Submon, 2013), o amb el seguiment dels herbeis de *P. oceanica* com a indicadors de la qualitat de les aigües litorals sota la Directiva Marc de l'Aigua (Romero *et al.*, 2010). A diferència d'altres punts de la Xarxa, i gràcies a l'esforç d'un grup de voluntaris i a la complicitat de les entitats implicades, les campanyes de seguiment de l'alguer de Mataró s'han dut a terme anualment, sense interrupció fins a l'actualitat. Això ha fet que la sèrie de dades acumulades fins ara sigui la segona més llarga de tota la costa catalana (després de la de les Illes Medes). Actualment, es fa el seguiment de quatre estacions d'estudi a diferents profunditats per controlar el seu estat (Muñoz-Ramos i Seglar, 2022). L'alguer de la ZEC de les Costes del Maresme és un dels més extensos de Catalunya i abasta unes 600 hectàrees de superfície. Es troba distribuït al voltant i entre les barres rocoses emergents del fons arenós, habitualment entre els 12 i 25 metres de profunditat, tot i que també es localitzen petites taques disperses d'aquesta planta en aigües més somes, també tot sovint associades a afloraments rocosos.



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.

L'objectiu del present estudi és fer una aproximació a l'estat de conservació de les praderies de *P. oceanica* de la ZEC de les Costes del Maresme, basant-nos en les dades de les estacions seleccionades i en les dades existents, que permetin establir un punt de partida per valorar, en un futur, possibles canvis al llarg del temps.

Material i mètodes

Estacions de mostreig

S'han mostrejat tres estacions distribuïdes al llarg de la ZEC de les Costes del Maresme. Aquestes estacions s'han seleccionat a partir de les diferents cartografies existents, com ara l'elaborada per la Diputació de Barcelona l'any 2010, o l'elaborada l'any 2018 pel Departament d'Estratigrafia, Paleontologia i Geociències Marines i el Departament d'Ecologia de la Universitat de Barcelona i promoguda per la Direcció General de Pesca i Afers Marítims. A més, es va parlar prèviament amb entitats i persones coneixedores de la zona (Blaumar i Escola del Mar de Badalona) per obtenir informació més detallada i acabar de definir la localització de les estacions de mostreig. Aquesta definició es va realitzar tenint en compte que, i) la profunditat fos similar a tots els punts (15-17 m), ii) la distribució dels punts garantitzés que fossin representatius de tota la ZEC, i iii) que els punts no es solapessin amb les estacions ja mostrejades pels voluntaris que duen a terme el control d'aquest alguer (Muñoz-Ramos i Seglar, 2022).

Amb aquests criteris, s'han escollit i mostrejat tres estacions distribuïdes al llarg de la ZEC i separades entre elles de 1 a 2,7 km aproximadament, sent l'estació de Lllavaneres la situada més al nord i l'estació de Mataró la més al sud (Taula 2, Figura 3). L'estació de Mataró es troba just davant el port de Mataró (a 1 km). L'estació intermèdia, que hem anomenat Mig, és un punt proper (200 m) a l'estació que havia estat mostrejada en el seguiment dels herbeis de *P. oceanica* com a indicadors de la qualitat de les aigües litorals esmentada. Finalment, l'estació Lllavaneres es troba davant del port del Balís (a 1 km) i està a una distància d'uns 700 m de l'estació Balís, històricament mostrejada pel seguiment esmentat. Totes les estacions es troben a profunditats entre 16 i 17 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 s'ha realitzat en tres dies de campanya, concretament 28, 29 i 30 de juny del 2023, amb un equip de cinc persones, quatre bussejadors i un barquer, i mitjançant busseig amb escafandre autònom.

Taula 2. Estació mostrejada en el seguiment de la ZEC de les Costes del Maresme. Fondària: fondària en metres.

Espècie	Estació	Data mostreig	Fondària
<i>P. oceanica</i>	Mataró	28/06/2023	16,6-17
<i>P. oceanica</i>	Mig	29/06/2023	16
<i>P. oceanica</i>	Llavaneres	30/06/2023	17

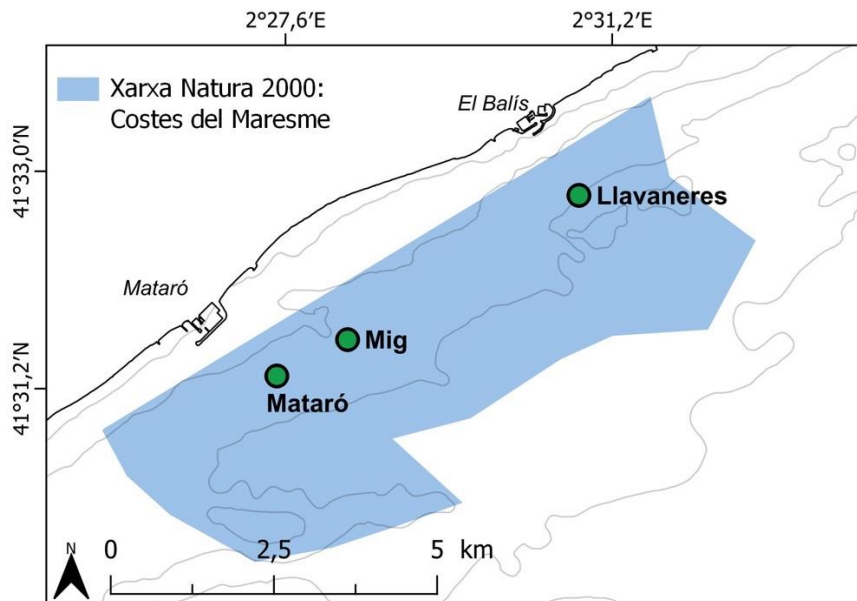


Figura 3. Localització de les estacions de mostreig de *Posidonia oceanica* a la ZEC de les Costes del Maresme.

Metodologia de mostreig

El mostreig s'ha realitzat mitjançant dues aproximacions complementàries, una de qualitativa i l'altra quantitativa. En la primera, s'anoten 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 enterrament.

Pel seguiment de la praderia de *P. oceanica*, s'ha utilitzat el mètode aplicat pel nostre equip de treball en el seguiment de les praderies de *P. oceanica* en els Parcs Naturals de Cap de Creus i del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter (Sanmartí *et al.*, 2023), que a la vegada és una simplificació del mètode desenvolupat pel mateix 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 en el context de la Directiva Marc de l'Aigua (Romero *et al.*, 2007).



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, si n'hi ha. 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. En el passat, també es parava especial atenció i es feien censos de les poblacions de la nacra *Pinna nobilis*. Ara bé, a finals del 2016 aquesta espècie va experimentar una mortalitat massiva al Mediterrani i que actualment es troba pràcticament extingit a les nostres aigües. L'interès en conservació d'aquest mol·lusc, com espècie emblemàtica i protegida, fa que obtenir informació sobre possibles individus supervivents sigui una oportunitat. Finalment, es realitzen anotacions relacionades amb possibles pertorbacions, com ara el colgament per sorra o l'excessiva exposició 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* 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 total 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. 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*) viva, és a dir, el quocient (com a percentatge) entre la superfície ocupada per la planta viva i la superfície ocupada per la planta més la no vegetada, habitualment clapes o clarianes de sorra, mata morta en el cas de *P. oceanica* (Romero, 1986). Igual que la densitat, la cobertura (entre 0%, absència total de plantes i

100%, tot el substrat vegetat) 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 clapes (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.

Enterrament

L'enterrament d'un feix és la distància vertical entre la superfície del sediment i la lígula (sutura en forma de mitja lluna entre el limbe i el pecíol) de la seva fulla més externa. Quan la lígula està per sota la superfície del sediment (base dels feixos enterrada) considerem aquest valor negatiu, i quan la trobem per sobre (base dels feixos descalçada), positiu. Cal parar atenció a la dita nomenclatura (enterrament positiu vol dir en realitat desenterrament o descalçament), que no és intuïtiva, però que es conserva per una mena de tradició científica, i sobretot per coherència amb altres treballs anteriors. Aquesta variable indica si l'herbei està sotmès a un dèficit o a un excés de sediments. Per alguns autors, també, una major exposició (descalçament) dels rizomes pot implicar una major sensibilitat a les pertorbacions mecàniques, com el fondeig o els temporals (Francour *et al.*, 1999).

L'enterrament es determina mitjançant un regle graduat, en un feix escollit a l'atzar dins de cada subquadrat de cada recompte de densitat (vegeu apartat sobre densitat); s'obtenen per tant 40 mesures per punt de mostreig o subestació, que corresponen a 10 rèpliques (els quadrats) amb quatre submostres per rèplica, de les quals es calcula la mitjana. Per tant, el nombre final de rèpliques és de 10 per punt de mostreig o subestació.



Anàlisi de dades

La variabilitat en les dades entre estacions de les variables mesurades, densitat, cobertura i enterrament, ha estat avaluada mitjançant tècniques d'anàlisi de la variància d'un factor (estació), i aplicant, en cas de resultar significatiu, el test *post-hoc* de Tukey per esbrinar entre quines subestacions apareixien les diferències.

Resultats

Aproximació qualitativa

Les praderies de *P. oceanica* mostrejades en aquesta ZEC en general són força semblants entre si, tot i que mostren certa variabilitat pel que fa a la macroestructura.

La praderia de l'estació de Mataró és contínua, amb algunes clarianes de sorra petites (<1 m de diàmetre) i creix sobre sediment sorrenc (Figura 4a, b). Presenta un aspecte saludable, típic de praderies a aquesta profunditat (16 m). Ocasionalment s'han observat pocs feixos arrencats i en algunes zones els feixos estaven una mica enterrats (-2 cm aproximadament), fet a destacar ja que normalment és més comú observar cert grau de descalçament. Als rizomes hem trobat l'alga esciòfila *Peyssonnelia rubra* i pel que fa a la macrofauna, en algunes clarianes de sorra, holotúries (*Holothuria* spp.), tot i que poc abundants. No s'ha trobat cap deixalla ni símptomes de degradació observable a nivell macroscòpic.

La praderia de l'estació Mig, igual que l'anterior, és força contínua amb algunes clarianes de sorra, mitjanes (1-5 m de diàmetre) i fins i tot alguna de gran (> 5 m de diàmetre), sobre un sediment sorrenc amb algunes conquilles i, en les clapes grans, mata morta. La praderia en general presenta un aspecte típic de praderies a aquesta profunditat (16 m) (Figura 4c, d). Pel que fa als organismes associats, trobem el briozou *Pentapora fascialis*, d'uns 10 cm d'amplada en els rizomes tot i que és poc abundant, i holotúries (*Holothuria* spp.) també poc abundants. Ocasionalment s'ha trobat alguna agrupació de feixos arrencats (2-3 feixos). S'ha observat una sola deixalla (un petit plàstic de 5x5 cm).

A l'estació de Llavaneres, trobem una praderia, a diferència de les anteriors, discontinua, amb taques que van de pocs m² a uns 80 m² (Figura 4e, f). Malgrat l'estructura discontinua de la praderia, les taques de posidònia són força denses. Pel que fa a la macrofauna associada, trobem esporàdicament els briozous *Pentapora fascialis* i *Reteporella grimaldii*, en els rizomes i holotúries (*Holothuria* spp.) poc abundants.

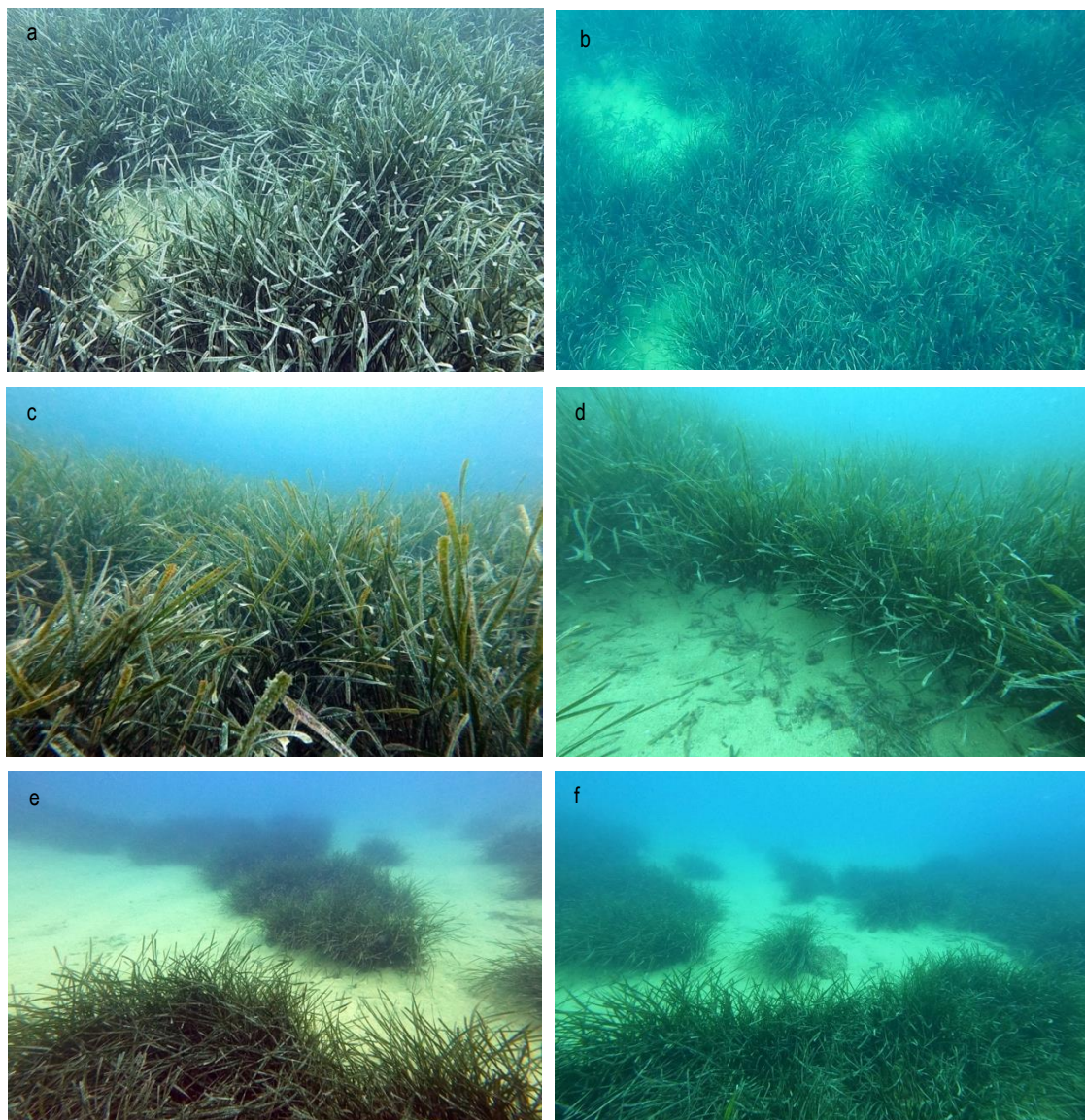


Figura 4. Imatges de les praderies de *Posidonia oceanica* de les diferents estacions mostrejades. a-b) Mataró, c-d) Mig, e-f) Llaneres.

Aproximació quantitativa

Densitat

Els valors de densitat de *P. oceanica* obtinguts en les praderies de Mataró, Mig i Llaneres són molt semblants i oscil·len entre 228 i 238 feixos m^{-2} (Taula 3, Figura 5).

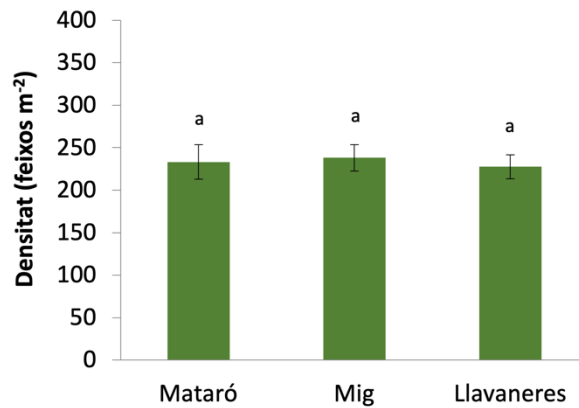


Figura 5. Densitat (en feixos m⁻²) de *Posidonia oceanica* en les diferents estacions mostrejades. Les barres d'error indiquen l'error estàndard, i les barres amb la mateixa lletra no difereixen significativament entre elles.

Cobertura

Els valor de cobertura, igual que els de densitat, són molt semblants entre les estacions i es troben entre 41 i 42% (Taula 3, Figura 6).

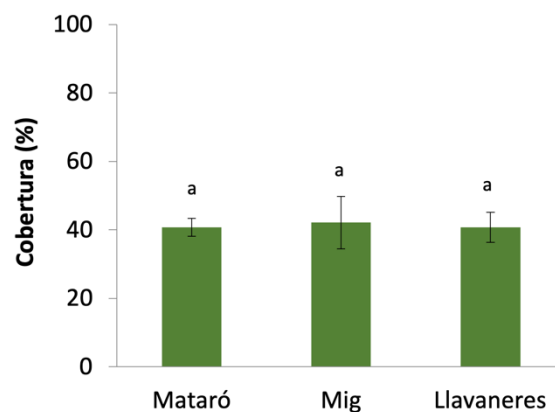


Figura 6. Cobertura (en %) de *Posidonia oceanica* en les diferents estacions mostrejades. Les barres d'error indiquen l'error estàndard, i les barres amb la mateixa lletra no difereixen significativament entre elles.

Enterrament

Els valors mitjans d'enterrament obtinguts han estat, en tots els casos, positius (Taula 3, Figura 7), el que indica que les plantes de les estacions prospectades estan, molt majoritàriament, amb els peciols de les fulles fora del sediment i que no es produeixen situacions de colgament dels feixos, llevat de casos molt puntuals detectats en les inspeccions quantitatives. Els valors d'enterrament es troben entre +3 i +5 cm.

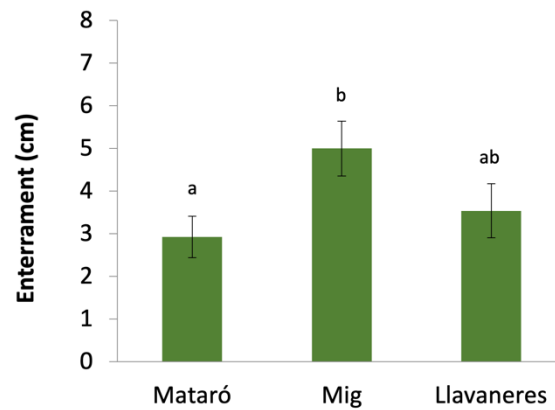


Figura 7. Enterrament (en cm) de *Posidonia oceanica* en les diferents estacions mostrejades. Les barres d'error indiquen l'error estàndard, i les barres amb la lletra diferent, difereixen significativament entre elles.

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

Estació	Densitat (feixos/ m ²)		Cobertura (%)		Enterrament (cm)	
	\bar{y}	ES	\bar{y}	ES	\bar{y}	ES
Mataró	233	20,3	41	2,7	+3	0,5
Mig	238	15,6	42	7,7	+5	0,6
Llanereres	228	14,0	41	4,4	+4	0,6

Discussió

Els resultats obtinguts mostren que les praderies mostrejades estan, globalment, en un estat de conservació satisfactori, tot i que cal tenir en compte algunes consideracions específiques.

Aspectes metodològics

En conjunt, la realització de la campanya 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 el seu nombre suficient per proporcionar una visió global de les praderies d'aquesta ZEC. Les variables utilitzades en la praderia de *P. oceanica* (densitat i cobertura), són les més comunes, tant a altres treballs semblants del nostre equip (Romero *et al.*, 2020) com a la bibliografia en general (Pergent *et al.*, 1995; Boudouresque *et al.*, 2006), juntament amb la cinètica del límit inferior (no analitzada en aquest estudi). Pel que fa a les mesures d'enterrament, les considerem adequades per complementar la informació de les variables de densitat i cobertura, i 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).



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 estàndard 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, 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.

És important recordar que, per realitzar estudis de seguiment de praderies de fanerògames marines, s'hauran de fer els mostrejos sempre en la mateixa època de l'any perquè siguin comparables.

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

Per avaluar l'estat actual de conservació de les praderies de *P. oceanica* de la ZEC de les Costes del Maresme, s'han tingut en compte els resultats obtinguts tant de l'aproximació qualitativa com quantitativa.

Pel que fa a les observacions qualitatives de les praderies mostrejades, destaquem l'aparença general típica d'unes estacions de profunditat i l'absència de símptomes macroscòpics de degradació o d'impactes antròpics o naturals (feixos arrencats, deixalles, impactes mecànics o enterrament-desenterrament dels feixos).

La valoració quantitativa de l'estat de les praderies d'aquesta ZEC es fa seguint el mateix procediment establert en el seguiment de *P. oceanica* als Parcs Naturals de Cap de Creus i del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter (Sanmartí *et al.*, 2023). 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) per densitat i cobertura. 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'aquestes dues variables, associada a factors que van de l'escala local (com ara la fondària, el grau d'exposició 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.

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
Proposta interval	250-400	25-40

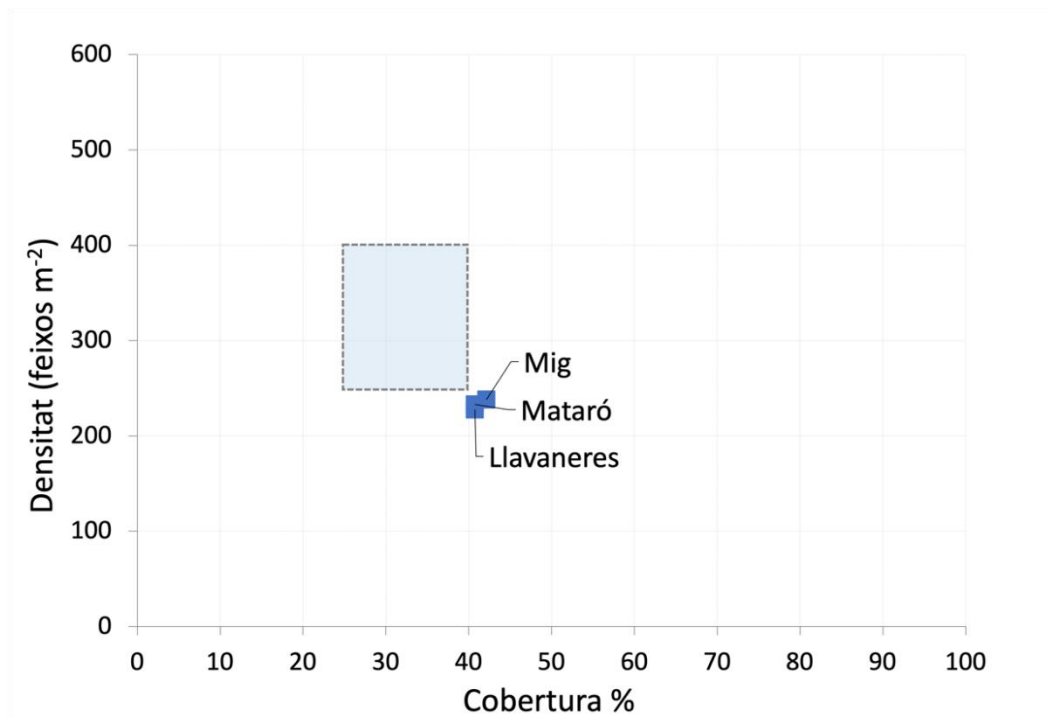


Figura 8. Representació conjunta dels valors de densitat (eix vertical) i dels de cobertura (eix horitzontal), per a l'estació de *Posidonia oceanica* de la ZEC de les Costes del Maresme. S'ha representat també els valors de referència, en forma d'interval, que correspon al quadre dibuixat en traç discontinu i ombrejat.

A la ZEC de les Costes del Maresme, la major part de les estacions mostrejades presenten valors de densitat i cobertura que es troben dins de l'interval de referència (Figura 8). Malgrat que els valors tendeixen a estar lleugerament per sota (densitat) o per sobre (cobertura) de l'interval, aquestes diferències no són significatives (Figura 8), a excepció de l'estació Llavaneres, amb valors de densitat lleugerament per sota l'interval. Malgrat això, tenint també en compte la valoració qualitativa, que indica l'absència de perturbacions en aquestes estacions, podem considerar que les tres praderies de *P. oceanica* estudiades en aquesta ZEC presenten un estat de conservació satisfactori.



Aquesta diagnosi es veu reforçada amb les dades històriques d'estacions properes que, majoritàriament, també presenten valors de densitat i cobertura dins l'interval de referència. Un exemple és l'estació Balís (a prop de la de Llavaneres), de la Xarxa de vigilància de *P. oceanica* com a bioindicadora de la qualitat de l'aigua (Romero *et al.*, 2011), on trobem valors de densitat entre 220 i 276 feixos m² i de cobertura entre 28 i 42% en el període 2003-2010 (Taula A2). A més, les dues estacions que formen part de la Xarxa, han mostrat sempre un estat ecològic, segons la classificació definida per la Directiva Marc de l'Aigua, majoritàriament bo des del 2003 al 2010 (Romero *et al.*, 2011).

Cal mencionar la valoració satisfactòria de l'estació de Llavaneres malgrat que els valors de densitat es troben lleugerament per sota l'interval de referència. Aquesta valoració es basa en, a banda de les dades històriques ja esmentades, la bona valoració qualitativa i l'absència de símptomes observables de perturbació o degradació a nivell macroscòpic, com ara mata morta, descalçament dels feixos o feixos arrencats. A més, la macroestructura discontinua i taques d'aquesta estació probablement es deu a la naturalesa de la mateixa praderia.

Ara bé, dins d'aquest panorama globalment positiu, cal mencionar alguns aspectes més desfavorables. D'una banda, els resultats d'aquest estudi, així com els de la Xarxa d'enguany (Ramis *et al.*, 2024, en elaboració), mostren una tendència a la disminució dels valors de densitat des del 2003 (Taula A2) amb xifres per sota els 250 feixos/m² i, per tant, per sota dels valors de referència. Caldrà veure com evoluciona en el temps. D'altra banda, hi ha el cas excepcional de les estacions situades a 12 i 18 m que a partir de l'any 2020 i després del temporal Glòria, van mostrar una davallada important arribant a valors de cobertura entre 15 i 25%. No obstant això, no hem observat cap símptoma d'afectació del Glòria en cap de les tres estacions mostrejades.

Per últim, cal mencionar que el nivell d'enterrament dels feixos és correcte. Aquesta variable pot ser indicadora d'un moviment de sediment, que pot provocar desenterrament i exposició dels rizomes, amb més riscos de trencament (Cabaço *et al.*, 2008) o colgament i mort per sensibilitat dels meristems (Gera *et al.*, 2014). En el cas de les estacions Mataró, Mig i Llavaneres, trobem uns valors de descalçament dels feixos entre +3 i +5, xifres semblants a altres praderies profundes, i molt allunyats dels valors d'enterrament que poden suposar un risc d'afectació de la planta (-4 cm, Gera *et al.*, 2014). Si bé és cert, altres estacions de la xarxa de seguiment de l'herbei de Mataró han estat fortament afectades pel temporal Glòria del 2020 deixant un descalçament dels feixos, en alguns casos de fins a 20 cm (Muñoz-Ramos i Seglar, 2022), dada preocupant perquè la planta serà més susceptible de ser arrancada per nous temporals de poca intensitat.

Conclusions

Les tres praderies mostrejades, Mataró, Mig i Llavaneres, es troben en un estat de conservació satisfactori.

Els valors de densitat i cobertura de les estacions mostrejades es troben dins de l'interval de referència, a excepció de la densitat de Llavaneres, amb un valor lleugerament per sota.

La praderia de l'estació Llavaneres, té una estructura discontinua i taques, probablement degut a la naturalesa de la mateixa praderia, presentant una bona valoració qualitativa.

No s'han observat símptomes de degradació macroscòpic ni d'afectació del temporal Glòria en cap de les estacions mostrejades.

Un aspecte desfavorable és una tendència a la disminució dels valors de densitat des del 2003. Caldrà veure com evoluciona en el temps.

El nivell d'enterrament dels feixos (descalçament) no representa cap risc per a l'afectació de la planta, ni per excés ni per defecte.

Annex

Taula A1. 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 A2. Valors de densitat (feixos m⁻²) i cobertura (%) a la ZEC de les Costes del Maresme i a àrees properes (Torredembarra i Roda de Berà) en diferents any i segons els diferents autors.

Estació	Estudi	Any	Profunditat (m)	Densitat		Cobertura	
				(feixos/ m2)	± SE	(%)	± SE
Mataró I	Renom i Romero, 2001	1998	12	314	21	57	4
		1999	12	309	33	24	4
		2000	12	366	25	26	3
		2001	12	339	41	33	3
	Submon, 2010	2003	12	124	17	31	5
		2006	12	204	29	27	4
		2010	12	192	24	61	6
Muñoz-Ramos i Seglar, 2022	2014-2022	12	300-450	-	10-35	-	
	2022	12	416	83	15	7	
Mataró II	Renom i Romero, 2011	1998	18-20	206	11	38	9
		1999	18-20	254	18	24	3
		2000	18-20	252	17	27	3
		2001	18-20	208	24	29	2
	Submon, 2013	2003	18-20	129	33	-	-
		2005	18-20	174	31	27	6
		2006	18-20	159	29	36	4
		2010	18-20	142	20	43	5
		2011	18-20	100	16	32	3
		2013	18-20	167	11	41	3
Muñoz-Ramos i Seglar, 2022	2014-2021	18-20	170-240	-	20-38	-	
	2022	18-20	216	-	24	-	
Mataró	Romero <i>et al.</i> , (2011)	2003	15	284	30	33	3
		2005	15	309	27	37	4
		2007	15	241	17	28	4
		2008	15	275	20	42	4
		2010	15	259	19	34	4
	Ramis <i>et al.</i> , (2024)	2023	15	150	18	35	5
Balís	Romero <i>et al.</i> , (2010)	2003	15-16	220	15	36	3
		2005	15-16	276	18	28	3
		2007	15-16	236	28	32	4
		2008	15-16	269	26	42	3
		2009	15-16	269	26	42	3
		2010	15-16	232	26	29	6
	Ramis <i>et al.</i> , (2024)	2023	16	213	22	32	7



Comunitat de peixos

- En general s'ha observat una elevada diversitat d'espècies: 29 espècies de 9 famílies diferents.
- S'han observat alguns exemplars d'espècies altament vulnerables, com ara el nero, l'orada, el sarg imperial o el corball, tot i que en densitats molt baixes.

- Malgrat la presència de hàbitat favorable per a l'establiment de poblacions d'espècies vulnerables a la pesca, la seva baixa densitat ens indica una alta pressió de pesca.
- Es recomana prendre mesures de protecció d'aquesta zona per tal de que les poblacions d'aquestes espècies puguin recuperar-se.

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 tenen una història de vida lenta, amb un creixement lent i taxes de reproducció 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 Àrees Marines Protegides (AMPs) han demostrat ser una eina molt efectiva per a la recuperació d'aquestes espècies sobreexplotades. Aquestes 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), tot i que altres espècies no han mostrat signes de recuperació, probablement a la mida petita de les reserves en funció del seu moviment i àrea d'hàbitat. És fonamental, doncs, conèixer quines espècies que poden quedar impactades per la pesca es recuperen o no amb la creació de les AMPs.

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.

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, sent 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.

Les Zones d'Espècial Conservació (ZECs) del litoral català no estan explícitament protegides envers aquests impactes 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 anàlisi del seu estat de conservació.

La Zona d'Especial Conservació de les Costes del Maresme es troba situada davant de Mataró i el Balís, per tant, una zona força poblada. Així doncs, els principals impactes que s'hi donen són l'eutrofització de les aigües per abocaments industrials i urbans, i l'extracció de sorres per a la regeneració de platges. A més, i pel que fa l'indicador que s'analitza en aquest capítol, també s'hi produeix pesca amb cercol de fons, d'arrossegament o amb gànguil (Generalitat de Catalunya, 2017).

Així doncs, l'objectiu d'aquest estudi és avaluar l'estat de conservació de les comunitats de peixos en aquesta zona, analitzant quines espècies s'hi troben, així com la seva abundància i biomassa.

Material i mètodes

Disseny de mostreig

Per a l'estudi de les comunitats de peixos a la ZEC de les Costes del Maresme es van seleccionar 3 estacions diferents que, de nord a sud, són: Xoni Mira, La Matella i La Boia. Aquestes es van seleccionar segons la fondària (5-8 m) i sobre una barra de roca situada al límit de la ZEC (Figura 9, Taula 5).

Taula 5. Estacions de mostreig de comunitats de peixos de la ZEC de les Costes del Maresme de l'any 2023.

ZEC	Estació	Fondària (m)	Tipus de fons	Data mostreig
Costes del Maresme	Xoni Mira	7-8	Roca base	2023-06-29
	La Matella	7-8	Roca base	2023-06-30
	La Boia	7-8	Roca base	2023-06-28

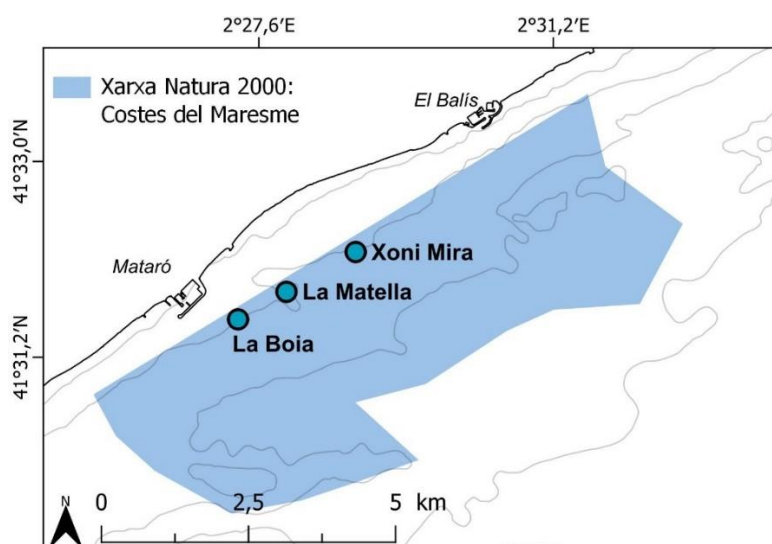


Figura 9. Mapa de les estacions de mostreig de comunitats de peixos de la ZEC de les Costes del Maresme de l'any 2023.

Metodologia de mostreig

La zona de mostreig a la ZEC de les Costes del Maresme s'ha escollit tenint en compte diferents criteris. D'una banda, la fondària: el tipus de mostreig de la comunitat de peixos es du a terme a una fondària d'uns 7-9 m (a 5 metres, el que seria habitual en un mostreig d'aquest tipus, no hi arribava la ZEC, així que el mostreig es va dur a terme on començava aquesta, en aquesta fondària). D'altra banda, el tipus de fons: en aquest cas s'ha mostrejat sobre un fons rocós amb alguns blocs mitjans i grans (Figura 10a) amb comunitats algals predominades per *Halopteris* i *Padina* (Figura 10b).

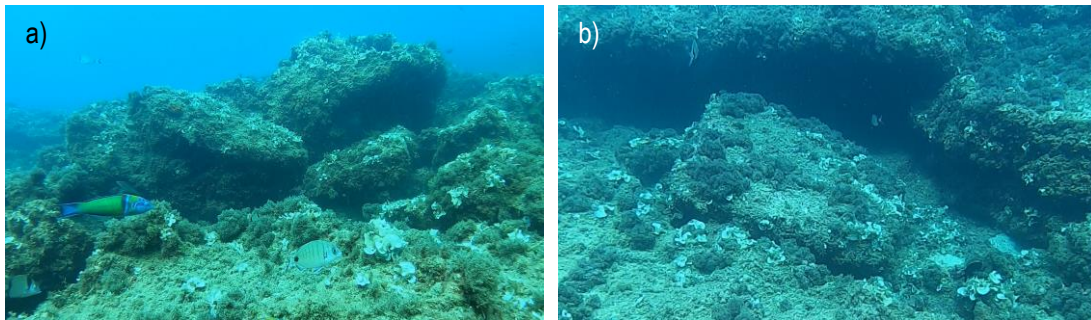


Figura 10. Fons on s'ha dut a terme el mostreig de peixos: a) Fons rocós fotòfil amb presència de blocs mitjans i grans, juntament amb roca base, i b) fons fotòfil amb dominància d'algues de les espècies *Halopteris* i *Padina*.

Les comunitats de peixos s'estimen mitjançant censos visuals amb escafandre autònom en transectes de 50 m de llarg per 5 m d'amplada (Harmelin-Vivien *et al.*, 1985).

Per tal de minimitzar la variabilitat degut al tipus d'hàbitat, tots els transectes s'han dut a terme sobre fons rocós a una fondària mitjana de 6 metres. A més, per a reduir la possible variabilitat a petita escala, en cada un dels llocs estudiats s'han realitzat tres transectes de 50x5 m². A partir d'un punt donat seleccionat de forma aleatòria dins de la zona d'estudi, l'observador llança al fons un pes lligat a una cinta mètrica de 50 m de longitud que porta enganxada a l'equipament, i neda en una direcció determinada mantenint una fondària aproximada de 6 m fins a completar els 50 metres de la cinta. Durant aquest recorregut, s'identifica l'espècie i es comptabilitzen tots els individus de peixos observats que es troben dins d'una amplada de 5 m (2,5 m a cada banda del recorregut del submarinista), aconseguint així rèpliques corresponents a una superfície mostrejada de 250 m². A més, s'estima de forma visual la talla aproximada de tots els individus comptabilitzats, en classes de talla de 2 cm per als individus més petits (< 40 cm) i classes de 5 cm per a les espècies que assoleixen talles més grans (> 40 cm). En el cas d'observar moles denses de peix de la mateixa espècie que fa impossible comptabilitzar tots els individus, es fa una estima del nombre total i s'assigna a tots els individus una talla mitjana estimada.

Per evitar la variabilitat deguda al comportament circadià de les comunitats de peixos i a les condicions d'il·luminació, els censos s'han dut a terme entre les 10 i les 15 h, i sempre que les condicions del mar i de visibilitat fossin favorables.

A més de les dades referents al poblament de peixos, sobre cada transecte s'ha realitzat una caracterització de l'hàbitat en base als trets més rellevants del fons (Garcia Charton i Pérez Ruzafa, 1999).



Cal aclarir que els observadors s'han centrat en l'estudi de la ictiofauna dels fons rocosos. La ictiofauna dels fons de roca és la més diversa i la que millor es pot avaluar mitjançant els inventaris visuals, que perden bona part de llur eficàcia en fons de sorra, o en l'herbei dens de *Posidonia oceànica* o *Cymodocea nodosa*, ja sigui degut a la baixa densitat i gran dispersió dels individus degut a la gran extensió d'aquests hàbitats, o bé per la seva capacitat d'amagar-se sota el dosser de fulles que els fan críptics per a l'observador (Francour, 1997; Guidetti, 2000).

Els inventaris visuals en base a transectes permeten una avaluació qualitativa i quantitativa relativament ràpida de la ictiofauna d'una zona determinada i, si bé tendeixen a subestimar les petites espècies críptiques de caràcter marcadament bentònic, la seva eficàcia en la caracterització i comparació de la ictiofauna litoral sobre substrat rocós a la Mediterrània, ha estat a bastament comprovada. En no ser un mètode de presa de dades destructiu, la seva aplicació és especialment adient en estudis relacionats amb les reserves marines.

Tots els transectes han estat filmats paral·lelament amb un sistema d'estereo-vídeo (Stereo-DOVs) pels mateixos submarinistes que realitzaven els censos. Aquestes filmacions ens permeten tenir un registre gràfic de cada cens, i ens han ajudat a determinar el nombre detallat d'individus en agrupacions nombroses i a verificar la presència d'espècies rares o que no hagin pogut ser correctament identificades als censos. No obstant, s'han analitzat les dades obtingudes mitjançant els censos visuals, tenint en compte l'esforç que requereix l'anàlisi dels vídeos, i la similitud en els resultats de les dues tècniques (Grané-Feliu *et al.*, 2019).

Anàlisi de dades

La biomassa de les espècies estudiades a cada tram s'ha calculat a partir de les estimes de les talles aplicant l'equació exponencial que relaciona els dos paràmetres:

$$W=a \cdot L^b$$

on W és la biomassa, L és la longitud total de l'individu, i a i b són dos coeficients específics per a cada espècie. Els coeficients s'han extret de estudis previs realitzats al nord-oest de la Mediterrània (Morey *et al.*, 2003; Crec'hriou *et al.*, 2012) i de la base de dades FishBase (Froese i Pauly, 2018).

Amb les dades obtingudes, s'han calculat diferents paràmetres per cada estació:

- **Densitat:** individus/250 m².
- **Biomassa:** g/250 m².
- **Mitjana d'espècies.**
- **Nombre d'espècies.**
- **Nombre total d'individus.**
- **Biomassa total:** g/250 m².
- **Índex de riquesa específica de Margalef:** valors per sota de 2 serien comunitats amb poca diversitat i superior a 5 amb molta diversitat.
- **Índex de diversitat de Shannon-Wiener H' :** valors alts indiquen alta diversitat, mentre que valors baixos n'indiquen poca. Valors d'1 indiquen que totes les espècies tenen el mateix nombre d'individus.

- **Índex d'uniformitat de Pielou:** indica com d'igual distribuïdes estan les espècies a la comunitat. Els valors van de 0 a 1: 0 indica que no estan distribuïdes uniformement, mentre que 1 indica que estan perfectament distribuïdes.

Per analitzar diferències entre els diferents graus de protecció s'ha utilitzat el test de Kruskal-Wallis. Per tal de veure quines espècies eren les responsables principals de les diferències observades, s'ha fet un anàlisi de percentatge de similituds (SIMPER). Per a analitzar si hi havia diferències qualitatives importants entre els graus de protecció s'ha fet un anàlisi multivariant de coordenades principals (PCoA), utilitzant la biomassa de totes les espècies censades a cada transecte. Per a l'anàlisi s'ha calculat una matriu de similitud basat en distàncies Bray-Curtis, amb les dades transformades logísticament per a evitar la sobrerepresentació de les espècies més comunes. S'han identificat les espècies de peixos més responsables de l'ordenació de les mostres utilitzant correlacions de Pearson entre els dos primers eixos del PCoA i la biomassa d'espècies de peixos, identificades per una correlació amb els eixos de $|r| > 0,4$.

Tots els càlculs i anàlisi estadístics han estat realitzats utilitzant el software de programari lliure "R" (R Core Team, 2017) i el paquet "vegan" per aquest mateix software (Oksanen *et al.*, 2018).

Resultats

Patró general

Enguany s'han observat un total de 29 espècies a la ZEC de les Costes del Maresme, pertanyents a 9 famílies diferents (Taula 6).

Segons l'índex de Margalef, l'estació de Xoni Mira és l'estació més diversa, tot i que no presenta un valor gaire elevat; per contra, l'estació de La Boia mostra un valor inferior a 2, indicant que és una estació amb poca diversitat. Tot i això, si mirem l'índex de Shannon-Wiener, s'observa tot el contrari, l'estació amb major diversitat és la de la Boia que, encara que tingui el menor nombre d'espècies, aquestes estan major distribuïdes en el nombre d'individus, tal i com mostra l'índex de Pielou (Taula 7).

Taula 6. Espècies observades en els mostrejos de peixos a la ZEC de les Costes del Maresme de l'any 2023.

Família	Espècie	Xoni Mira	La Matella	La Boia
Bleniidae	<i>Parablennius gattorugine</i>	-	+	-
Centracanthidae	<i>Spicara maena</i>	-	-	-
	<i>Coris julis</i>	+	+	+
	<i>Labrus merula</i>	+	+	-
	<i>Labrus viridis</i>	+	-	-
	<i>Symphodus cinereus</i>	+	-	+
	<i>Symphodus doderleini</i>	-	+	-
Labridae	<i>Symphodus mediterraneus</i>	+	-	-
	<i>Symphodus ocellatus</i>	+	+	+
	<i>Symphodus roissali</i>	-	+	-
	<i>Symphodus rostratus</i>	+	-	+
	<i>Symphodus tinca</i>	+	+	+
	<i>Thalassoma pavo</i>	+	+	+
Centracanthidae	<i>Spicara maena</i>	-	+	-
Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i>	+	+	+
Muraenidae	<i>Muraena helena</i>	+	+	-
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i>	+	+	+
Sciaenidae	<i>Sciaena umbra</i>	+	+	-
	<i>Epinephelus marginatus</i>	+	-	-
Serranidae	<i>Serranus cabrilla</i>	+	-	-
	<i>Serranus scriba</i>	+	+	+
	<i>Boops Boops</i>	+	+	-
	<i>Diplodus cervinus</i>	-	+	+
	<i>Diplodus puntazzo</i>	+	+	+
	<i>Diplodus sargus</i>	+	+	+
Sparidae	<i>Diplodus vulgaris</i>	+	+	+
	<i>Oblada melanura</i>	+	+	-
	<i>Sarpa salpa</i>	+	+	+
	<i>Sparus aurata</i>	+	-	-
	<i>Spondylosoma cantharus</i>	-	+	-
Total		23	22	14

Taula 7. Valors dels paràmetres de diversitat i abundància de la comunitat de peixos observats a les diferents estacions de la ZEC del Litoral del Baix Empordà. Es mostra el nombre total d'espècies observades, la mitjana del nombre d'espècies, individus i biomassa observat per transecte, de riquesa específica de Margalef, l'índex de diversitat de Shannon-Wiener H' i l'índex d'uniformitat de Pielou.

Estació	Total espècies	Mitjana espècies	Nombre mitjà individus	Biomassa mitjana	Margalef	Shannon	Pielou
Xoni Mira	23	15,33	1.438,00	18.851,02	2,63	0,76	0,24
La Matella	22	13,67	1.034,00	16.428,35	2,61	0,89	0,29
La Boia	14	10,00	293,67	5.937,46	1,92	1,37	0,52

Anàlisi per estació

Xoni Mira

A l'estació de Xoni Mira s'han observat 23 espècies de peixos, les quals formen part de 7 famílies diferents. L'espècie amb una major densitat és *C. chromis*, seguida de molt lluny per *S. salpa* i *B. boops*. La resta d'espècies es troben amb densitats inferiors a 20 ind/250 m² (Figura 11a, Taula 8). Així doncs, la família Pomacentridae, on hi pertany l'espècie *B. Boops* és la que té una major densitat, seguida dels espàrids (Sparidae) i els làbrids (Labridae) (Figura 11b).

Pel que fa als valors de biomassa, l'espècie *S. salpa* és la que té un valor més alt, seguida de *C. chromis*. La resta d'espècies es troben amb valors inferiors a 1.000 g/250 m², tot i que *D. vulgaris* s'hi apropa (Figura 11c, Taula 8). La família amb una major biomassa és la dels espàrids, seguida de Pomacentridae,. La resta de famílies es troben amb valors per sota dels 1.000 g/250 m² (Figura 11d).

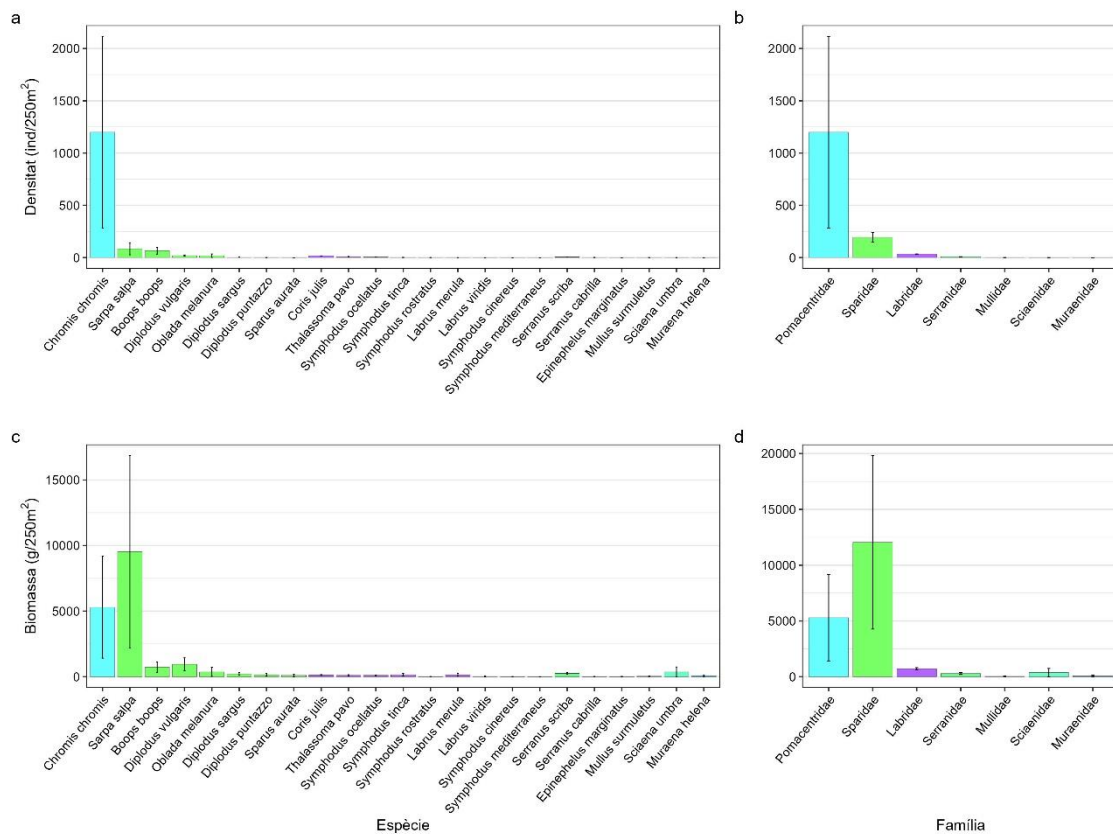


Figura 11. Densitat (mitjana i error estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i error estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació de Xoni Mira. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

Taula 8. Mitjanes de densitat (ind/250 m²) i biomassa (g/250 m²) de cada espècie de l'estació de Xoni Mira a la ZEC de les Costes del Maresme de l'any 2023. Els valors destacats en negreta corresponen als més elevats de cada espècie, ja sigui pel que fa a la densitat o a la biomassa.

Família	Espècie	Densitat (ind/250 m ²)		Biomassa (g/250 m ²)	
		Mitjana	ES	Mitjana	ES
Labriidae	<i>Coris julis</i>	17,00	1,00	132,59	30,29
	<i>Labrus merula</i>	0,67	0,33	146,24	121,10
	<i>Labrus viridis</i>	0,33	0,33	30,04	30,04
	<i>Symphodus cinereus</i>	0,33	0,33	8,09	8,09
	<i>Symphodus mediterraneus</i>	0,33	0,33	5,36	5,36
	<i>Symphodus ocellatus</i>	5,00	1,15	111,07	32,12
	<i>Symphodus rostratus</i>	1,00	0,58	13,70	6,94
	<i>Symphodus tinca</i>	1,67	0,88	166,53	90,81
	<i>Thalassoma pavo</i>	8,00	3,00	109,60	49,78
Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i>	1,00	0,58	40,41	29,04
Muraenidae	<i>Muraena helena</i>	0,33	0,33	72,91	72,91
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i>	1.200,00	916,52	5.295,54	3.878,53
Sciaenidae	<i>Sciaena umbra</i>	0,67	0,67	374,02	374,02
	<i>Epinephelus marginatus</i>	0,33	0,33	13,09	13,09
Serranidae	<i>Serranus cabrilla</i>	1,33	0,88	14,79	9,78
	<i>Serranus scriba</i>	6,33	1,86	262,03	79,90
	<i>Boops boops</i>	66,67	33,33	731,83	404,01
Sparidae	<i>Diplodus puntazzo</i>	1,00	0,58	145,80	104,17
	<i>Diplodus sargus</i>	3,00	0,58	220,91	87,64
	<i>Diplodus vulgaris</i>	19,67	6,17	943,03	500,66
	<i>Oblada melanura</i>	18,33	16,86	371,70	351,38
	<i>Sarpa salpa</i>	84,67	57,69	9.534,10	7.332,55
	<i>Sparus aurata</i>	0,33	0,33	107,64	107,64

Pel que fa a l'estructura de talles dels espàrids en aquesta estació, s'observa que *D. vulgaris* presenta una distribució de talles unimodal amb un pic entre les talles 10 i 14 cm, amb la talla mínima entre 6 i 8 cm, i la màxima entre 18 i 20 cm. La resta d'espècies, o bé presenten una distribució poc definida degut a ser pocs individus, com és el cas de *D. sargus*, amb 9 individus, amb una talla mínima de 10-12 cm i una de màxima de 20-22 cm, o bé tots els seus individus es troben en un rang restringit de talles. Aquest és el cas de *B. boops*, amb tots els individus entre 6 i 12 cm, amb un pic entre 8 i 10 cm, de *S. salpa*, amb la majoria entre 18 i 24 cm, però també trobant-ne entre 12 i 18 cm, i *O. melanura*, amb gairebé tots els individus entre les talles 8-10 cm i 10-12 cm, però amb una petita proporció entre 6 i 8 cm (Figura 12). A més, també s'han observat 3 individus de *D. puntazzo*, els quals es troben cadascun en 3 rangs de talla diferents (16-18 cm, 18-20 cm i 24-26 cm) i una orada (*S. aurata*) de 30 cm.

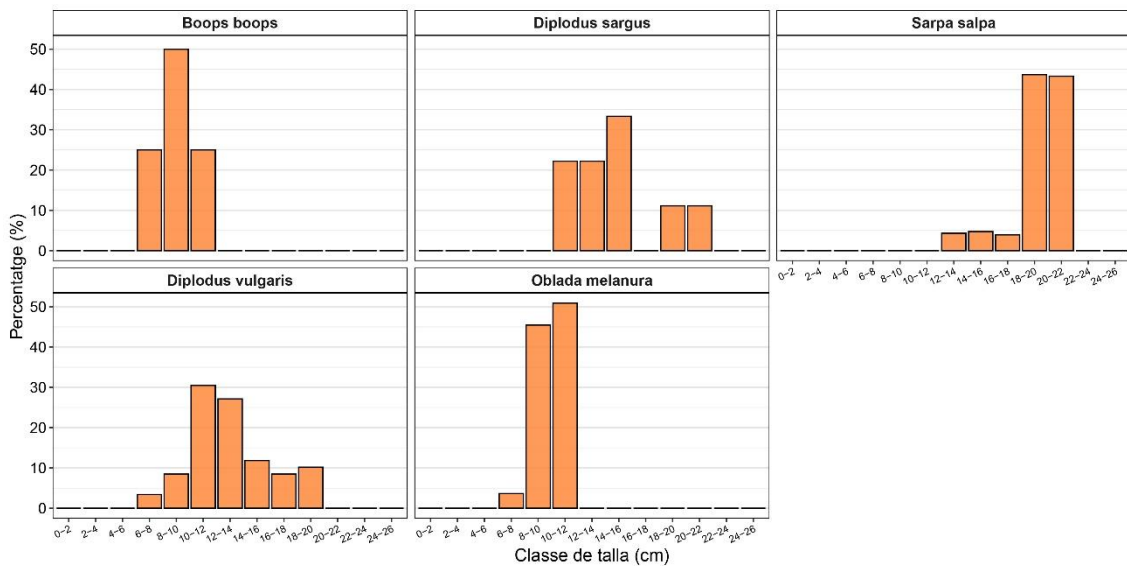


Figura 12. Estructura de talles dels espàrids observats a l'estació de Xoni Mira: *Boops boops* (n=200), *Diplodus sargus* (n=9), *Sarpa salpa* (n=254), *Diplodus vulgaris* (n= 59) i *Oblada melanura* (n=55).

La Matella

A l'estació de la Matella s'hi ha observat un total de 22 espècies, les quals pertanyen a 9 famílies diferents. L'espècie amb una major densitat és *C. chromis*, seguida de molt lluny per *S. salpa*, *O. melanura* i *C. julis*. La resta d'espècies presenten valors inferiors a 20 ind/250 m² (Figura 13a, Taula 9). Pel que fa a famílies, Pomacentridae és la que té un valor més elevat (el mateix que l'espècie que la conforma, *C. chromis*), seguida dels espàrids (Sparidae) i els làbrids (Labridae). La resta de famílies mostren valors inferiors a 10 ind/250 m² (Figura 13b).

Pel que fa als valors de biomassa, l'espècie *S. salpa* és la que té un valor més elevat, seguida de *C. chormis* i *O. Melanura*. La resta d'espècies presenten valors inferiors a 1.000 g/250 m², tot i que *D. vulgaris* s'hi apropa (Figura 13c, Taula 9). La família dels espàrids és la que indica uns valors més elevats de biomassa, amb 10.509 g/m², seguida dels pomacèntrids (Pomacentridae). La resta de famílies es troben per sota els 1.000 g/250 m², malgrat que els làbrids s'hi troben propers (Figura 13d).

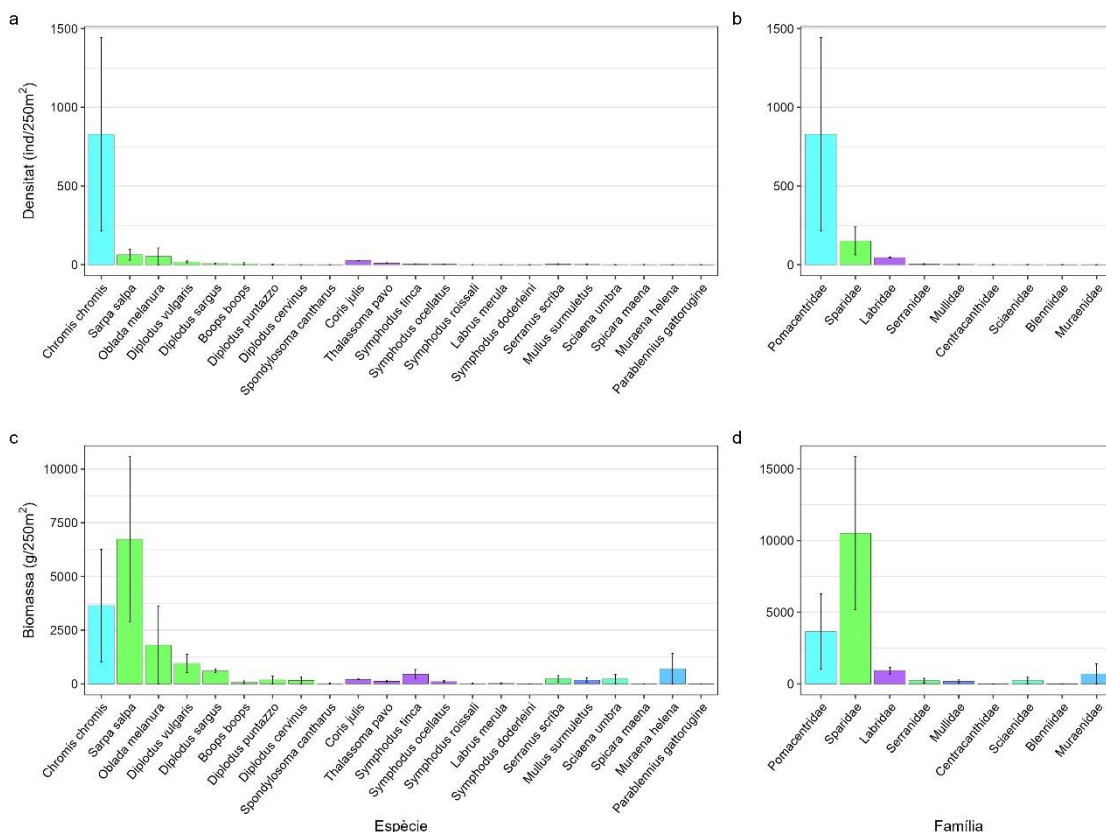


Figura 13. Densitat (mitjana i error estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i error estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació de la Matella. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

Taula 9. Mitjanes de densitat (ind/250 m²) i biomassa (g/250 m²) de cada espècie de l'estació de La Matella a la ZEC de les Costes del Maresme de l'any 2023. Els valors destacats en negreta corresponen als més elevats de cada espècie, ja sigui pel que fa a la densitat o a la biomassa.

Família	Espècie	Densitat (ind/250 m ²)		Biomassa (g/250 m ²)	
		Mitjana	ES	Mitjana	ES
Bleniidae	<i>Parablennius gattorugine</i>	0,33	0,33	3,83	3,83
Centracanthidae	<i>Spicara maena</i>	0,67	0,67	5,05	5,05
Labriidae	<i>Coris julis</i>	26,00	1,73	207,50	18,76
	<i>Labrus merula</i>	0,33	0,33	25,31	25,31
	<i>Symphodus doderleini</i>	0,33	0,33	4,38	4,38
	<i>Symphodus ocellatus</i>	3,67	0,88	108,37	43,18
	<i>Symphodus roissali</i>	0,67	0,67	17,76	17,76
	<i>Symphodus tinca</i>	4,00	1,73	447,57	218,81
	<i>Thalassoma pavo</i>	10,33	2,33	118,75	48,32
Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i>	2,33	1,33	172,78	101,55
Muraenidae	<i>Muraena helena</i>	0,33	0,33	705,07	705,07
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i>	828,67	614,23	3.648,45	2.618,83
Sciaenidae	<i>Sciaena umbra</i>	0,67	0,67	226,48	226,48
Serranidae	<i>Serranus scriba</i>	4,00	2,31	228,13	155,69
Sparidae	<i>Boops boops</i>	6,67	6,67	69,64	69,64
	<i>Diplodus cervinus</i>	0,33	0,33	163,28	163,28
	<i>Diplodus puntazzo</i>	1,33	1,33	181,84	181,84
	<i>Diplodus sargus</i>	7,67	1,86	600,50	80,07
	<i>Diplodus vulgaris</i>	18,00	5,51	950,83	440,12
	<i>Oblada melanura</i>	53,33	53,33	1804,19	1804,19
	<i>Sarpa salpa</i>	64,00	35,36	6.724,35	3.847,91
<i>Spondylosoma cantharus</i>	0,33	0,33	14,29	14,29	

L'estructura de talles només s'ha pogut representar en 3 de les 7 espècies d'espàrids observats. Les dues espècies de *Diplodus* presenten una estructura força distribuïda al llarg dels rangs de talles, especialment en el cas de *D. vulgaris*, que mostra individus des de talla 2-4 cm fins a 20-22 cm, amb una proporció més elevada en les talles mitjanes (10-16 cm). *D. sargus* es troba més restringida, hi s'hi troben individus des de la talla 8-10 cm fins a 22-24 cm, amb una proporció més elevada a les talles 14-18 cm. *S. salpa* presenta individus sobretot entre les talles 16 i 22 cm, distribuïts força uniformement en els rangs de talles cada 2 cm, tot i que també s'han observat alguns individus de la mida 14-16 cm (Figura 14). De les altres espècies d'espàrids, s'han observat 160 individus de *O. melanura*, tots ells distribuïts en les talles 10-12 cm (50%) i 12-14 cm (50%), 20 individus de *B. boops*, tots ells de la mida 8-10 cm, 4 de *D. puntazzo*, cadascun en un rang de talla diferent (14-16, 18-20, 20-22 i 22-24 cm), 1 de *D. cervinus* (30 cm) i 1 de *S. cantharus* (14 cm).

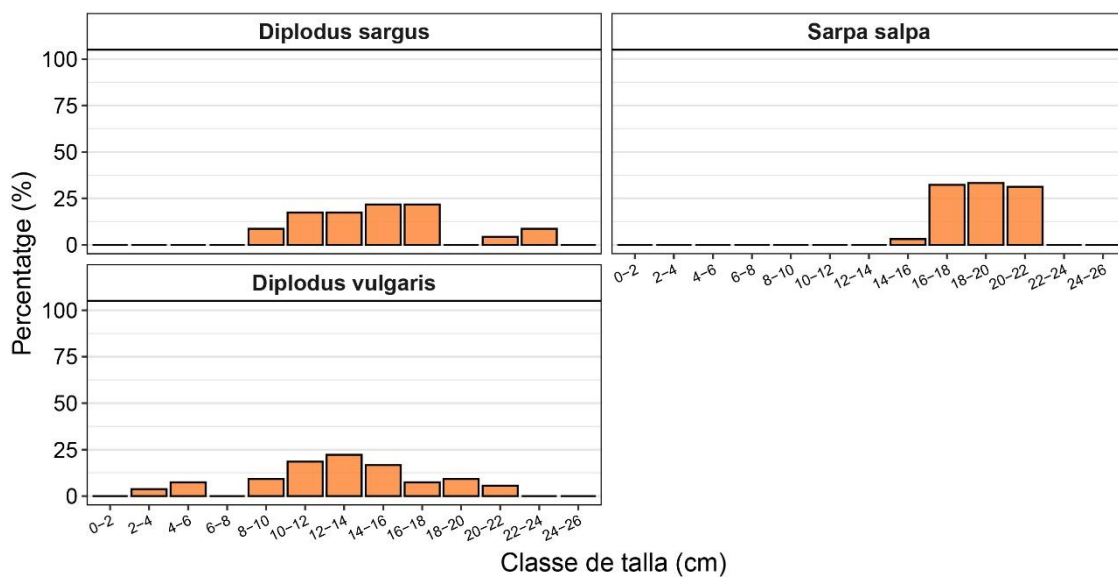


Figura 14. Estructura de talles dels espàrids observats a l'estació de la Matella: *Diplodus sargus* (n=23), *Sarpa salpa* (n=192) i *Diplodus vulgaris* (n=54).

La Boia

A l'estació de la Boia s'han observat 14 espècies que formen part de 5 famílies diferents. L'espècie amb una major densitat és *C. chromis*, seguida de *S. salpa* i *C. julis*. La resta d'espècies mostren valors inferiors a 20 ind/250 m² (Figura 15a, Taula 10). La família Pomacentridae és la que té una densitat més elevada (la mateixa que *C. chromis*, ja que és l'única espècie que els conforma en aquesta estació), seguida dels espàrids (Sparidae), i els làbrids (Labridae). La resta de famílies es troben per sota de 10 ind/250 m² (Figura 15b).

En termes de biomassa, *S. salpa* és la que mostra un valor més elevat, seguida de *D. vulgaris* i *D. sargus*. La resta d'espècies es troben per sota dels 500 g/250 m² (Figura 15c, Taula 10). La família dels espàrids es troba molt per sobre que la resta de famílies en aquest paràmetre. La segueixen els Pomacèntrids (Pomacentridae), amb el mateix valor que *C. chromis*. La resta de famílies presenten valors per sota els 1.000 g/250 m². Els làbrids són els que més s'hi apropen, amb 930 g/250 m² (Figura 15d).

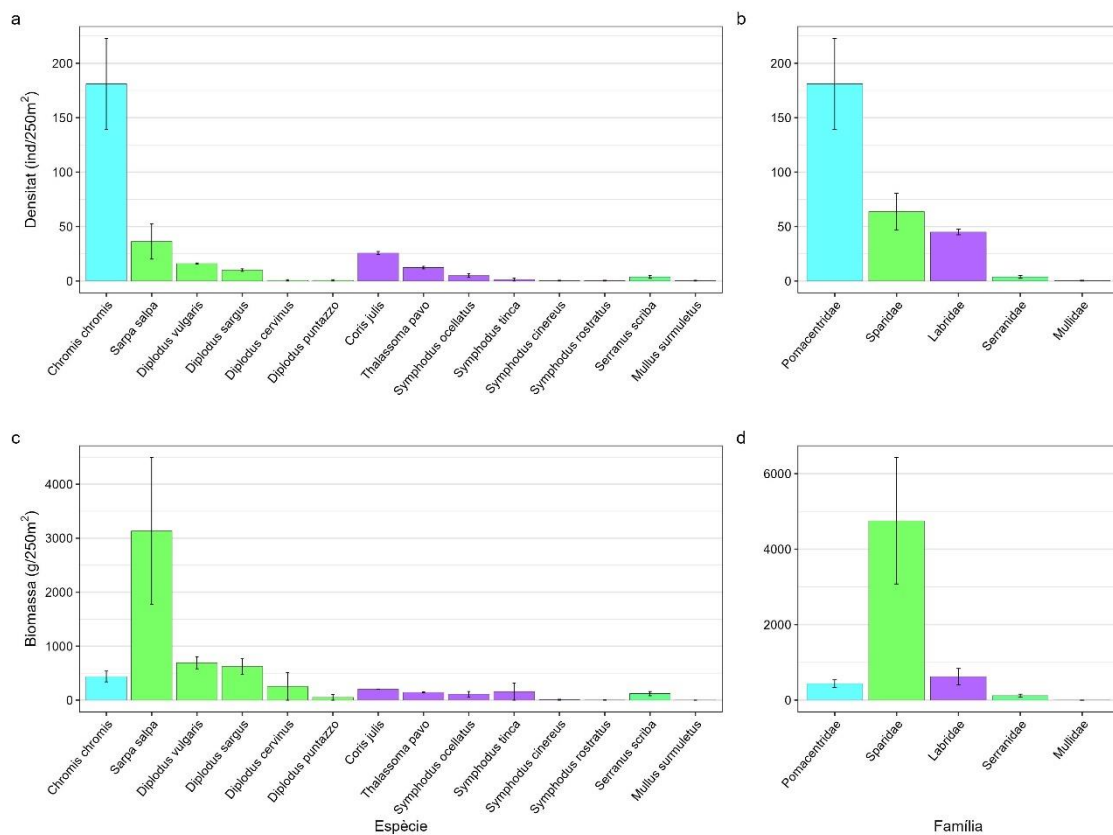


Figura 15. Densitat (mitjana i error estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i error estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació de la Boia. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

Taula 10. Mitjanes de densitat (ind/250 m²) i biomassa (g/250 m²) de cada espècie de l'estació de La Boia a la ZEC de les Costes del Maresme de l'any 2023. Els valors destacats en negreta corresponen als més elevats de cada espècie, ja sigui pel que fa a la densitat o a la biomassa.

Família	Espècie	Densitat (ind/250 m ²)		Biomassa (g/250 m ²)	
		Mitjana	ES	Mitjana	ES
Labriidae	<i>Coris julis</i>	25,67	1,45	203,15	3,06
	<i>Symphodus cinereus</i>	0,33	0,33	8,09	8,09
	<i>Symphodus ocellatus</i>	5,00	1,53	110,45	50,76
	<i>Symphodus rostratus</i>	0,33	0,33	2,00	2,00
	<i>Symphodus tinca</i>	1,33	1,33	157,79	157,79
	<i>Thalassoma pavo</i>	12,33	1,20	143,42	10,20
Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i>	0,33	0,33	0,71	0,71
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i>	181,00	41,80	438,63	99,07
Serranidae	<i>Serranus scriba</i>	3,67	1,20	120,60	39,18
	<i>Diplodus cervinus</i>	0,67	0,67	253,07	253,07
Sparidae	<i>Diplodus puntazzo</i>	0,67	0,67	51,42	51,42
	<i>Diplodus vulgaris</i>	10,00	1,15	624,39	141,55
	<i>Diplodus sargus</i>	16,00	0,58	691,17	110,61
	<i>Sarpa salpa</i>	36,33	16,23	3.132,56	1.361,31

De les 5 espècies d'espàrids observades en aquesta estació només s'ha pogut representar l'estructura de talles de 3 d'elles. *D. sargus* presenta una distribució unimodal, amb una proporció més elevada d'individus entre les talles 12-14 i 14-16 cm, amb una talla mínima de 8-10 cm i una de màxima de 18-20 cm. En el cas de *D. vulgaris*, els individus es distribueixen en un rang més ampli de talles, des de 2-4 cm (talla mínima) fins a 22-24 (talla màxima). La màxima proporció d'individus es troba al rang 8-10 cm. *S. salpa* es troba en un rang més restringit de mides, des de 12-14 cm (talla mínima, amb una proporció molt petita d'individus), fins a 18-20 cm (talla màxima); la proporció més gran es troba en el rang 16-18 cm (Figura 16). De les altres dues espècies s'han observat només 2 individus de cadascuna; en el cas de *D. cervinus*, ambdós es troben en el rang de talles 24-26 cm, mentre que en el cas de *D. puntazzo*, un pertanyia al rang de 14-16 cm i l'altre al de 16-18 cm.

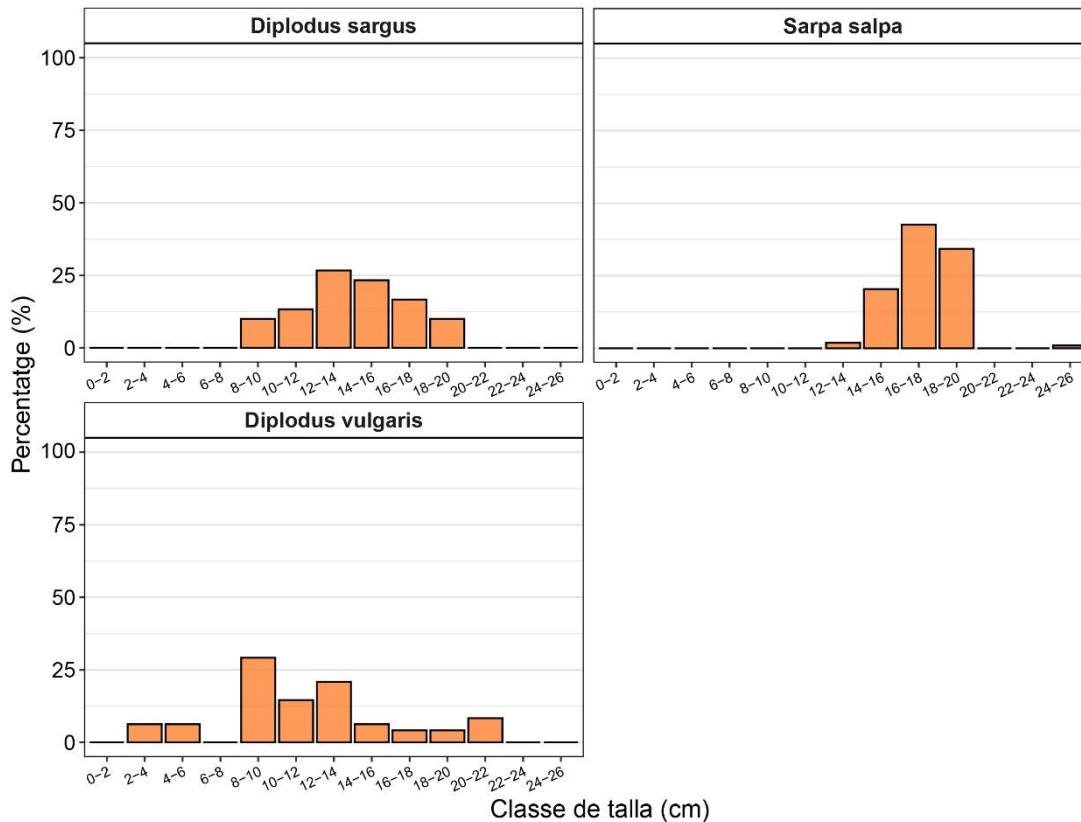


Figura 16. Estructura de talls dels espàrids observats a l'estació de la Boia: *Diplodus sargus* (n=30), *Sarpa salpa* (n=109) i *Diplodus vulgaris* (n=48).

L'anàlisi de coordenades principals (PCoA) representa la desigualtat entre els objectes representats, en aquest cas, els transectes, que es troben ordenats al voltant dels dos eixos principals, els quals integren el 38,0% (eix 1) i el 28,3% (eix 2) de la variància (Figura 17). És per això, que els transectes que es troben més propers seran els que s'assemblaran més entre ells i els més allunyats seran els més diferents. Així doncs, les estacions de La Boia i La Matella tenen més similituds, excepte un transecte de la segona, la qual presenta més similituds amb un dels transectes de Xoni Mira. Aquesta última estació és la que es diferencia més de la resta, fins i tot presentant diferències entre els popis transectes. Aquestes diferències es deuen principalment a la presència d'espècies com *L. viridis* o *S. rostratus*, on la primera es troba únicament a l'estació de Xoni Mira (Figura 17). Malgrat aquesta representació, segons l'anàlisi SIMPER, l'espècie que més contribueix en la diferència entre l'estació de Xoni Mira amb les altres dues és *C. chromis*, seguida de *B. boops* (Taula 11). En canvi, entre les estacions de La Matella i La Boia, l'espècie que més contribueix a diferenciar-les és *S. salpa* (Taula 11).

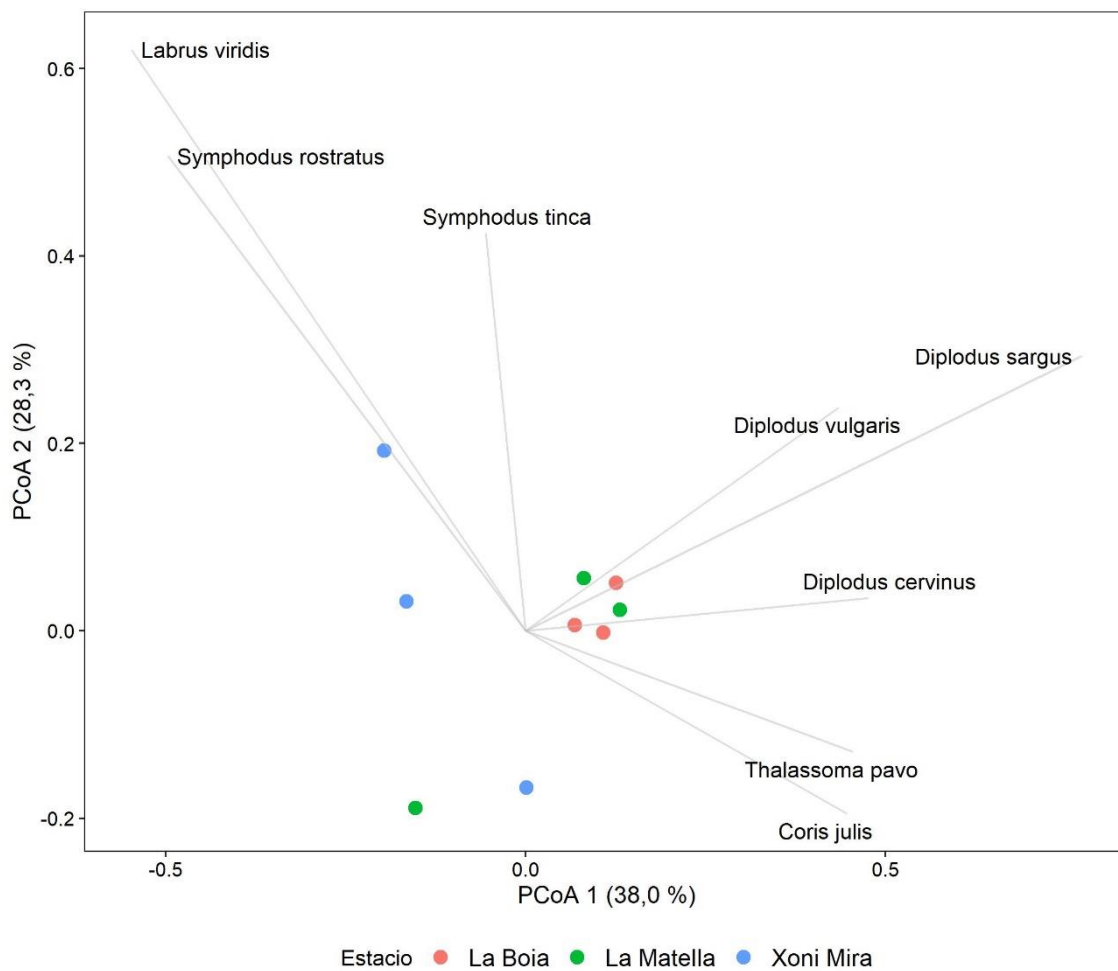


Figura 17. Anàlisi de coordenades principals (PCoA) de les comunitats de peixos de les tres estacions mostrejades a la ZEC de les Costes del Maresme, en base a la distància Bray-Curtis entre els transectes realitzats. Els dos primers eixos acumulen el 66,3% de la variància observada a les dades. Les espècies representades estan identificades per una correlació amb els eixos de $|r| > 0,4$. Els colors dels punts símbols representen les diferents estacions, mentre que cada punt representa un transecte mostrejat.

Taula 11. Anàlisi SIMPER que mostra el percentatge de contribució de cada espècie en la desigualtat entre les diferents estacions de mostreig a la ZEC de les Costes del Maresme. El percentatge de contribució de cada espècie és acumulatiu, de manera que la primera espècie és la que té una contribució més elevada.

Combinació	Espècie	Contribució acumulativa (%)
La Boia-Matella		
	<i>Oblada melanura</i>	11,4
	<i>Chromis chromis</i>	22,6
	<i>Sarpa salpa</i>	32,1
	<i>Symphodus tinca</i>	40,7
	<i>Boops boops</i>	47,5
	<i>Mullus surmuletus</i>	54,0
	<i>Serranus scriba</i>	60,1
	<i>Diplodus puntazzo</i>	64,8
	<i>Diplodus cervinus</i>	68,0
	<i>Diplodus vulgaris</i>	71,2
La Boia-Xoni Mira		
	<i>Chromis chomis</i>	17,2
	<i>Boops boops</i>	34,1
	<i>Oblada melanura</i>	43,6
	<i>Sarpa salpa</i>	51,0
	<i>Diplodus sargus</i>	56,5
	<i>Symphodus tinca</i>	60,9
	<i>Serranus cabrilla</i>	64,7
	<i>Thalassoma pavo</i>	67,7
	<i>Serranus scriba</i>	70,7
Matella-Xoni Mira		
	<i>Chromis chromis</i>	15,9
	<i>Boops boops</i>	29,6
	<i>Oblada melanura</i>	40,5
	<i>Sarpa salpa</i>	46,5
	<i>Symphodus tinca</i>	50,7
	<i>Serranus scriba</i>	54,8
	<i>Diplodus sargus</i>	58,5
	<i>Diplodus puntazzo</i>	61,9
	<i>Serranus cabrilla</i>	65,3
	<i>Mullus surmuletus</i>	68,6
	<i>Symphodus rostratus</i>	71,6

Discussió

En termes generals, s'ha observat un elevat nombre d'espècies en totes les estacions, però especialment en les de Xoni Mira i la Matella. En total s'han observat 29 espècies diferents, pertanyents a 9 famílies. Tot i aquest elevat nombre d'espècies, la diversitat no és especialment elevada a cap de les estacions; de fet la que presenta un major valor de diversitat segons l'índex de Shannon-Wiener és la de La Boia, amb un menor nombre d'espècies (14), tot i que amb el nombre d'individus repartit més homogèniament en les diferents espècies, tal com indica l'índex de Pielou.

L'espècie que més densitat ha mostrat en totes les estacions ha estat *C. chromis*, que si bé alguns estudis la classifiquen com una espècie indicadora d'impacte de la pesca en abundàncies molt altes (Pinnegar, 2018), també és cert que és una espècie que de normal és molt abundant i extensa a tota la Mediterrània. En termes de biomassa la família capdavantera és la dels espàrids i, dins



d'aquesta, en aquesta ZEC destaca l'espècie *S. salpa*, molt present en totes les estacions i amb talles força grans arreu (més de 16-18 cm). Aquesta és una espècie herbívora i no és comú que es consumeixi, així que la seva mida gran i abundància no ens indica necessàriament un bon estat de conservació de les poblacions de peixos. De fet, s'han trobat molt baixes abundàncies d'espècies altament vulnerables a la pesca (espècies piscívores i de mida gran) (Myers i Worm, 2005): un exemplar de nero (*E. marginatus*) i un d'orada (*S. aurata*) a l'estació de Xoni Mira, 3 individus de sarg imperial (*D. cervinus*) (2 a la Boia i un a la Matella) i 4 corballs (*S. umbra*) (2 a la Matella i 2 a Xoni Mira).

No obstant, el fet que s'hagin observat aquestes espècies, malgrat ser en valors molt baixos, ens indica que hi ha un hàbitat potencial per a albergar aquestes espècies. Així doncs, la zona mostrejada, zona rocosa amb extraploms i alguns blocs (Figura 10a) és idònia per a l'establiment d'aquestes espècies. És per això que les seves baixes abundàncies ens indiquen una pressió de pesca important, de forma que per a poder preservar aquestes espècies i augmentar-ne la seva abundància caldria una gestió d'aquesta activitat, com ja ha quedat altament demostrat en els Parcs Naturals de Catalunya (Hereu *et al.*, 2022).

D'altra banda, en aquesta zona també s'han observat forces individus de fadrí (*T. pavo*), espècie termòfila, pròpia d'aigües càlides, i cada vegada més abundant en el litoral català. Tot i que les Costes del Maresme tenen temperatures més elevades que el nord de Catalunya i, per tant, a priori és normal que s'observin més individus d'aquesta espècie, cada vegada se'n troben més arreu del territori i no només a les zones amb aigua més càlida, i això probablement sigui degut a l'escalfament de les aigües pel canvi climàtic (Milazzo *et al.*, 2013). Així doncs, caldrà seguir aquestes poblacions per veure si la seva abundància augmenta o es manté en valors similars als d'enguany.

Per concloure, hi ha indicis que les comunitats de peixos de la Zona d'Especial Conservació de les Costes del Maresme es troben impactades degut a la sobrepesca; en aquesta zona es du a terme pesca mitjançant diversos arts, principalment extracció mitjançant cèrcol de fons, arrossegament i pesca amb gànguil (Generalitat de Catalunya, 2017). Malgrat això, s'ha constatat que l'hàbitat de la zona potencialment pot permetre l'establiment de moltes espècies altament vulnerables a la pesca. És per això que es recomana prendre mesures de protecció per tal de que aquestes espècies puguin augmentar la seva abundància en aquesta zona i, per tant, arribar a un bon estat de conservació.

Conclusions

En general s'ha observat una elevada diversitat d'espècies: 29 espècies que formen part de 9 famílies diferents.

S'han observat alguns exemplars d'espècies altament vulnerables, com ara el nero, l'orada, el sarg imperial o el corball, tot i que en densitats molt baixes.

Malgrat la presència de hàbitat favorable per a l'establiment de poblacions d'espècies vulnerables a la pesca, la seva baixa densitat ens indica una alta pressió de pesca.

Es recomana prendre mesures de protecció en aquesta zona per tal de que les poblacions d'aquestes espècies puguin recuperar-se.

Comunitats algals i poblacions de garotes

- La ZEC de les Costes del Maresme compta amb unes barres rocoses grans que permeten la formació de comunitats algals dominades per espècies fotòfiles típiques de zones amb un cert grau de sedimentació.
 - L'espècie dominant, *Halopteris scoparia*, pot formar boscos de petita alçada i oferir hàbitat a diverses espècies associades.
 - Les poblacions de *Paracentrotus lividus* en aquesta ZEC presenten unes densitats relativament baixes amb una estructura de talles amb pocs individus petits, possiblement suggerint una elevada pressió per depredació.
- Les poblacions de *Arbacia lixula* són inferiors a les de *P. lividus*, i mostren estructures de talles similars, amb major proporció d'individus de talla mitjana-gran.
 - S'ha observat l'alga invasora *Caulerpa cylindracea* en aquesta ZEC, la qual pot tenir efectes adversos sobre les comunitats natives.
 - La reducció de pressions locals com ara la sobrepesca, l'eutrofització i la urbanització i alteració als fluxos sedimentaris podria contribuir a millorar l'estat de salut d'aquests hàbitats en la ZEC de les Costes del Maresme.



Introducció

Les comunitats dominades per 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* les quals tenen formes arborescents i configuren comunitats complexes, pròpies de les zones més ben conservades i amb bona qualitat de l'aigua (Sala *et al.*, 2012).

Les algues de les comunitats rocoses infralitorals al mediterrani proporcionen hàbitat i aliment per una multitud d'altres organismes (Cheminée *et al.*, 2013). Aquests hàbitats són vulnerables a una sèrie d'impactes derivats de les activitats antròpiques com ara la contaminació, la modificació del litoral, la introducció d'espècies exòtiques, l'erosió causada per arts de pesca i l'herbivorisme excessiu com a resultat de la sobrepesca (Mineur *et al.*, 2015). Els efectes del canvi climàtic, com l'augment de la temperatura de l'aigua, també poden afectar les comunitats algals (Verdura *et al.*, 2021; Montserrat *et al.*, 2022). Al mediterrani, així com a altres mars temperats s'han descrit mortalitats de macroalgues i canvis en les comunitats degut a l'augment de la temperatura (Wernberg *et al.*, 2016; Verdura *et al.*, 2021).

Una de les causes més rellevants de la davallada de les algues formadores d'hàbitat arreu de la Mediterrània és la sobrepastura per part d'herbívors, principalment les garotes. Aquesta en molts casos és derivada de la sobrepesca de peixos (principals depredadors de les garotes), que pels anomenats efectes tròfics en cascada ha causat la proliferació excessiva d'aquests herbívors, i pot portar a canvis dràstics en l'estat de l'ecosistema cap a blancalls amb molt poca cobertura algal i biodiversitat associada (Sala *et al.*, 1998; Thibaut *et al.*, 2005; Giakoumi *et al.*, 2012; Ling *et al.*, 2015). Així doncs, la composició de les comunitats algals i el seu estat de conservació pot estar relacionat amb la densitat i estructura de les poblacions de garotes.

Al mediterrani les dues espècies de garotes més freqüents en ambients fotòfils són *Paracentrotus lividus* i *Arbacia lixula*. La garota *P. 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. El marisqueig d'aquesta espècie 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). També s'han descrit diferències en el seu paper estructural a les comunitats rocoses infralitorals. *P. lividus* sembla consumir més aviat algues frondoses erectes, i quan la seva densitat és elevada pot formar blancalls extensos (Sala *et al.*, 1998; Privtera *et al.*, 2008; Agnetta *et al.*, 2015). *A. lixula*, en canvi, sembla alimentar-se més d'algues calcàries incrustants i d'algues reclutes, i per tant la seva presència pot mantenir blancalls i dificultar la recuperació dels boscos algals (Privtera *et al.*, 2008; Bonaviri *et al.*, 2011). A més, *A. lixula* no pateix una depredació tan important com *P. lividus* (Guidetti, 2004; Guidetti i Mori, 2006).

Una altra de les pressions preocupants que pateixen aquestes comunitats, que podria comportar canvis molt significatius en les comunitats algals és l'arribada d'espècies invasores. *Caulerpa cylindracea* és una de les espècies invasora que pot causar diversos efectes adversos sobre els

ecosistemes Mediterranis (Klein i Verlaque, 2008; Ceccherelli *et al.*, 2000). A Catalunya es va detectar per primer cop el 2008 a les costes del Garraf, i posteriorment s'ha observat extensament en diversos llocs de la costa catalana.

A la Zona d'Especial Conservació de les Costes del Maresme, trobem una sèrie de barres rocoses longitudinals a la costa on s'han desenvolupat comunitats dominades per algues. Aquestes comunitats conformen un dels elements claus pels que es va definir aquesta ZEC. En aquesta ZEC, les comunitats infralitorals rocoses poden estar exposades a diverses pressions d'origen antròpic, més enllà de l'efecte per l'herbivorisme de les garotes i peixos. Per una banda, l'eutrofització provinent de l'activitat industrial, urbana i agrícola pot provocar canvis en les comunitats algals i episodis de floració de fitoplàncton o algues filamentoses que poden arribar a competir amb les algues formadores d'hàbitat. La regeneració de platges i l'extracció de sorres també és una pressió en aquesta ZEC, ja que l'alteració de la sedimentació també pot provocar canvis en l'estructura d'aquestes comunitats. Per últim, el turisme i el fondeig pot tenir un impacte sobre aquests hàbitats quan no està ben regulat. L'objectiu d'aquest capítol és avaluar l'estat de conservació d'aquests hàbitats en aquesta ZEC, estudiant la composició de la comunitat algal i l'estructura de les poblacions de garotes. Així, definirem una línia de base sobre la qual els futurs seguiments poden informar les decisions i mesures de gestió.

Material i mètodes

Disseny de mostreig

Per a l'estudi de les comunitats algals i les poblacions de garotes en la ZEC de les Costes del Maresme s'han seleccionat els punts suggerits en l'exploració duta a terme l'any 2021, que són l'estació de La Boia i la Xoni Mira (Linares *et al.*, 2022)(Figura 18). Les dues estacions es situen als 7m de fondària i dins de comunitats infralitorals de fons rocós dominades per algues fotòfiles. La Taula 12 mostra les dates de mostreig d'aquest indicador.

Taula 12. Estacions de mostreig de comunitats d'algues i poblacions de garotes del 2023 a la ZEC de les Costes del Maresme

ZEC	Estació	Data mostreig	Fondària (m)
Costes del Maresme	La Boia	2023-06-28	7
	Xoni Mira	2023-06-29	7

Metodologia de mostreig

A cada estació, es va dur a terme el mostreig dels indicadors de la següent manera:

- **Poblacions de garotes:** S'han realitzat 3 transectes de 30 metres de llarg, subdividits en trams de 10 m, i 1 metre d'ample a cada estació, anotant el nombre d'exemplars de garotes observades, així com l'espècie a la que pertanyien, la seva mida, fondària i l'hàbitat sobre el qual es trobaven.

- **Comunitats algals:** Les comunitats algals s'han caracteritzat en la mateixa àrea delimitada pels transectes utilitzats per monitoritzar les poblacions de garotes. Per fer-ho, s'ha quantificat la cobertura de cada espècie d'algues d'una llista predeterminada, en les que s'inclouen les espècies més abundants a la costa catalana i alhora de fàcil identificació, per tal de reduir la probabilitat d'errors durant el comptatge (Taula 13). La composició i cobertura algal s'ha caracteritzat mitjançant quadrats de 50x50 cm subdividits en 25 quadrats de 10x10 cm. A cada quadrat s'han anotat les espècies presents en cadascun dels subquadrats, determinant així tant la cobertura de cada espècie i la composició de la comunitat. S'ha realitzat un total de 10 quadrats al llarg dels 3 transectes utilitzats pel comptatge de garotes.

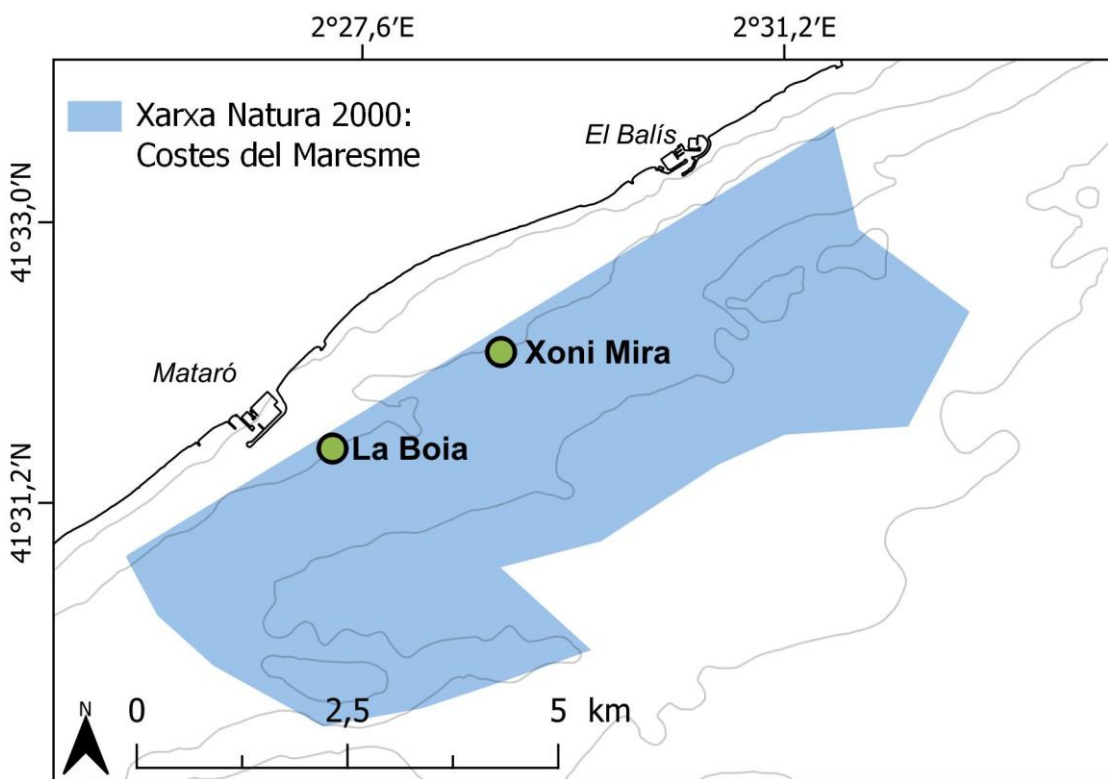


Figura 18. Mapa de les estacions de mostreig de comunitats d'algues i poblacions de garotes de la ZEC de les Costes del Maresme l'any 2023.

Taula 13. Llistat d'espècies d'algues utilitzat en el mostreig d'algues a la ZEC de les Costes del Maresme l'any 2023.

Algues brunes	Algues vermelles	Algues verdes
<i>Acinetospora crinita</i>	<i>Amphiroa</i> sp.	<i>Acetabularia acetabulum</i>
<i>Cladostephus spongiosus</i>	<i>Asparagopsis armata</i>	<i>Caulerpa cylindracea</i>
<i>Colpomenia sinuosa</i>	<i>Bonnemaisonia</i> sp.	<i>Codium bursa</i>
<i>Cystoseira compressa</i>	<i>Ceramium ciliatum</i>	<i>Codium effusum</i>
<i>Cystoseira zosteroides</i>	<i>Ellisolandia elongata</i>	<i>Codium vermilara</i>
Dictiotals	<i>Gelidium spinosum</i>	<i>Flabellia petiolata</i>
<i>Gongolaria elegans</i>	<i>Jania rubens</i>	<i>Halimeda tuna</i>
<i>Halopteris scoparia</i>	<i>Laurencia</i> sp.	<i>Valonia utricularis</i>
<i>Padina pavonica</i>	<i>Liagora viscida</i>	
<i>Phyllariopsis</i> sp.	<i>Lithophyllum incrustans</i>	
<i>Sargassum</i> sp.	<i>Mesophyllum alternans</i>	
<i>Zanardinia typus</i>	<i>Peyssonelia rubra</i>	
	<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	
	<i>Wrangelia penicillata</i>	

Anàlisi de dades

S'ha calculat la densitat mitjana de cada espècie de garota. També s'ha representat l'estructura de talles de la mostra de garotes mesurades.

S'ha calculat la corba rang-abundància de la comunitat algal. Per fer això, s'ha calculat primer la cobertura mitjana de cada espècie, entesa com la proporció mitjana de subquadrats on s'ha detectat l'espècie dins d'un quadrat de mostreig. Aquesta cobertura mitjana s'ha dividit per la cobertura de l'espècie més abundant, obtenint així la dominància relativa de cada espècie. S'han ordenat les espècies en funció de la seva cobertura mitjana, assignant rangs d'abundància, i s'ha representat la relació entre la dominància relativa de cada espècie i el seu rang.

Resultats

Poblacions de garotes

Paracentrotus lividus

Les densitats mitjanes de *P. lividus* observades són de $6,6 \pm 1,1$ individus/10m² a l'estació de Xoni Mira i $7,1 \pm 1,3$ individus/10m² a l'estació de La Boia.

La estructura de talles mostra una dominància de individus de 4-5 cm i 5-6 cm de diàmetre a les dues estacions de mostreig (Figura 19). A La Boia, s'ha observat un elevat nombre també de garotes de 6-7 cm, mentre que a la Xoni Mira aquesta classe de talla és poc freqüent. A La Boia,

s'ha observat un individu major als 7 cm. A la Xoni Mira, s'ha observat un individu de 1-2 cm de diàmetre, mentre que a la Boia no s'ha observat cap recluta ni cap individu de 1-2 cm.

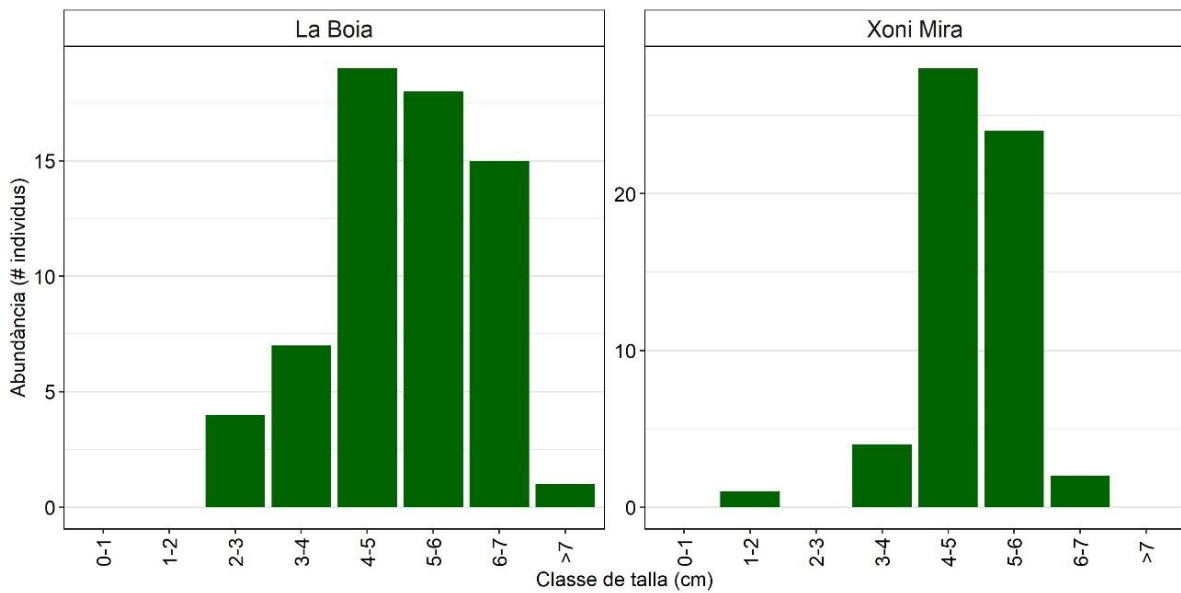


Figura 19. Estructura de talles de *Paracentrotus lividus* a les dues estacions mostrejades de la ZEC de les Costes del Maresme l'any 2023.

Arbacia lixula

Les densitats mitjanes de *Arbacia lixula* observades són de $2,9 \pm 1,6$ individus/10m² a la Xoni Mira, i de $3,8 \pm 1,3$ individus/10m² a La Boia.

Les estructures de talles a les dues estacions són força similars, amb dominància de garotes d'entre 4-5 cm de diàmetre, i absència de garotes inferiors als 2cm o superiors als 6 cm (Figura 20).

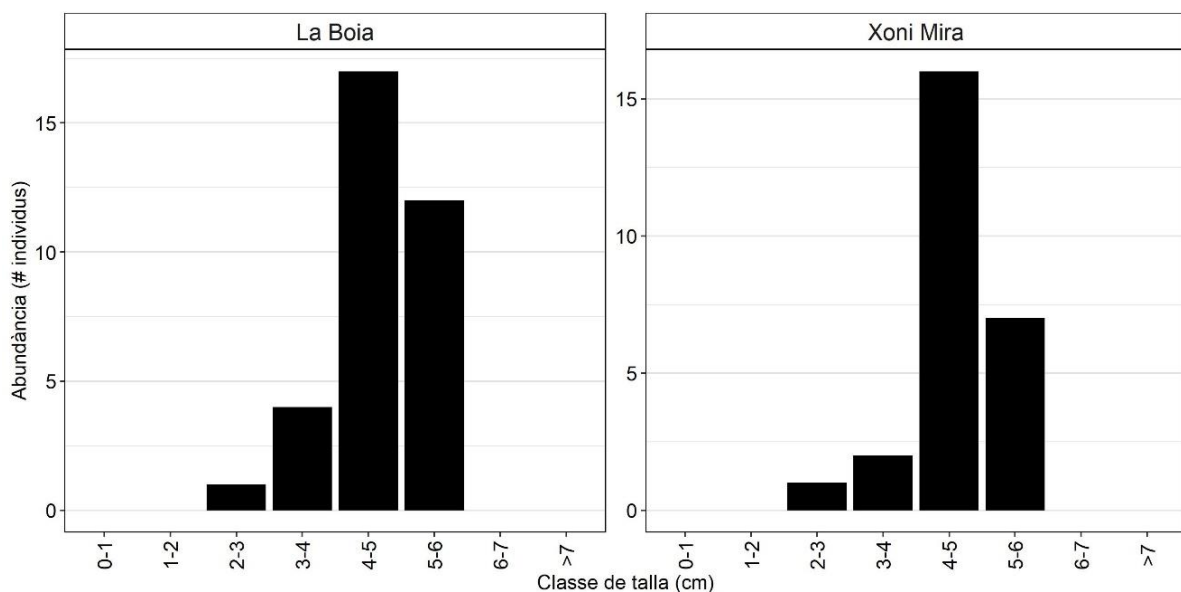


Figura 20. Estructures de talles de *Arbacia lixula* a les dues estacions mostrejades de la ZEC de les Costes del Maresme l'any 2023.

Comunitats algals

Les comunitats algals a les dues estacions mostrejades en aquesta ZEC són força similars, amb diferències en la dominància d'algunes espècies concretes (Figura 21). La mitjana d'espècies observades a la Xoni Mira ha estat de 8,3, lleugerament major que a La Boia, amb una mitjana de 7,2. Aquesta diferència no és significativa (ANOVA: $F=3,9$; $p=0,06$). L'alga erecta *Halopteris scoparia* ha estat la més abundant en ambdues estacions, seguida de *Padina pavonica* i *Jania rubens* (Figura 21). A l'estació de La Boia, l'alga invasora *Caulerpa cylindracea* ha estat la quarta més abundant, mentre que a l'estació de Xoni Mira, se n'han observat pocs exemplars i ocupa el setè rang. Ambdues estacions mostren una cobertura similar d'algues de l'ordre Dictyotales, que en el cas de Xoni Mira ha estat quart grup més dominant. Les espècies que s'han observat només a la Xoni Mira han estat totes rodòfits calcaris incrustants, com per exemple, *Mesophyllum alternans*, *Zanardinia typus* i els del gènere *Peysonnelia*.

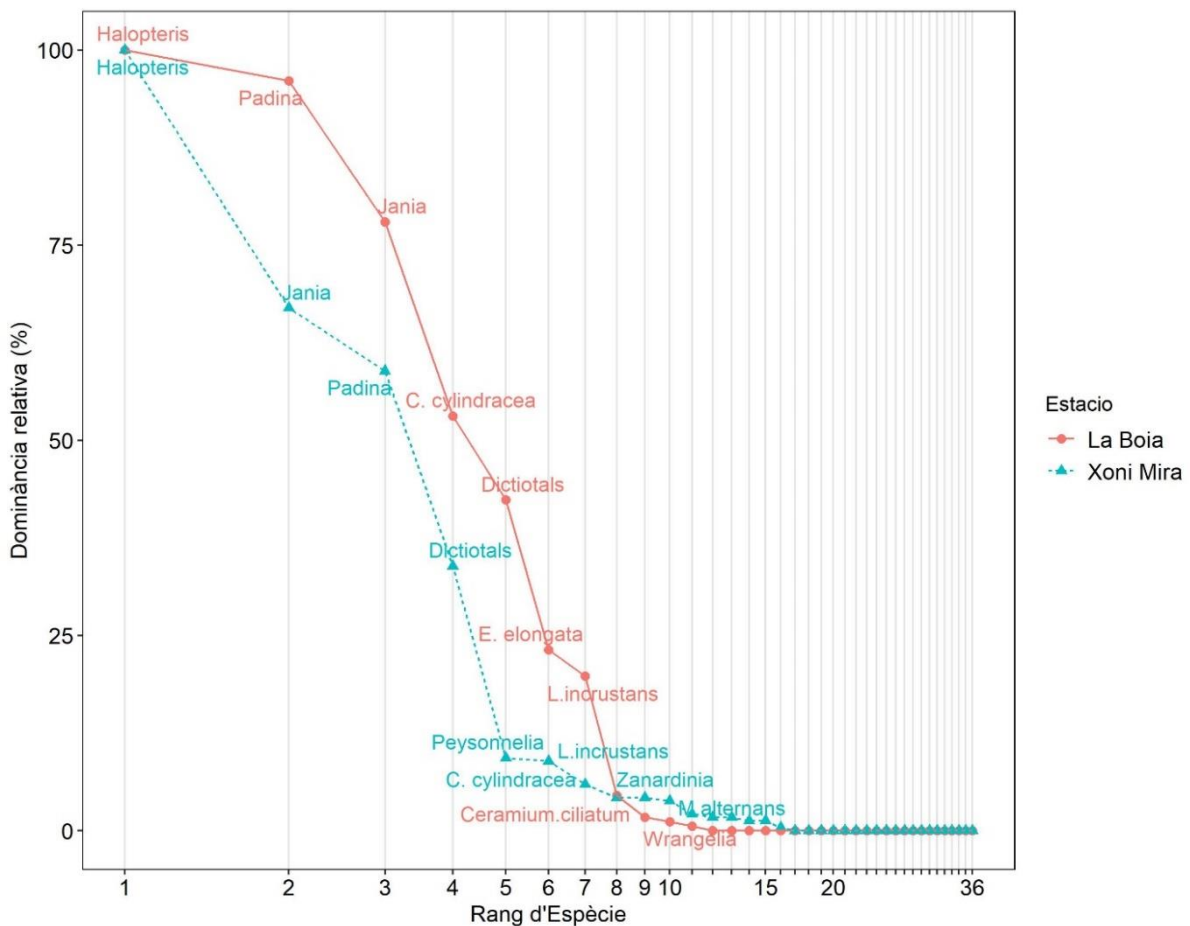


Figura 21. Corba de rang-abundància de la comunitat algal a les dues estacions mostrejades de la ZEC de les Costes del Maresme l'any 2023. El rang correspon al rang de cada espècie en ordre d'abundància, i la dominància relativa correspon a la cobertura de cada espècie (percentatge mitjà de subquadrats on és present l'espècie) en relació a la cobertura de l'espècie dominant (de rang 1). Eix X en escala logarítmica.



Discussió

La densitat de garota comuna (*Paracentrotus lividus*) en la ZEC de les Costes del Maresme és relativament baixa, tot i que a ambdues estacions s'ha observat una proporció elevada d'individus de talla gran. La manca relativa de reclutes podria ser degut a un baix assentament per raons aleatòries o per una elevada depredació sobre els individus de talla més petita. En el cas de la garota negra (*Arbacia lixula*), s'ha observat una densitat reduïda i inferior a la de *P. lividus*. A les dues estacions s'ha observat una estructura de talles molt similar, amb manca de reclutes i abundància d'individus més grans. Aquestes poblacions de garotes segurament exerceixen una pressió d'herbivoria moderada a les comunitats algals, però els resultats d'enguany en aquesta ZEC no suggereixen que això sigui una amenaça important per aquestes comunitats.

Les comunitats algals a les dues estacions mostrejades en aquesta ZEC són força semblants, dominades per l'alga erecte fotòfila *Halopteris scoparia* i amb elevada presència de les algues calcificants *Padina pavonica* i *Jania rubens*. Aquestes comunitats són típiques de fons infralitorals rocosos ben il·luminats, horitzontals o semi-horitzontals i amb un grau moderat de sedimentació (Ballesteros, 1993). L'alga dominant, *H. scoparia*, pot formar petits boscos, oferint hàbitat a diverses espècies associades, i per tant aquestes comunitats algals tenen un elevat valor de conservació. Tot i així, la baixa diversitat i l'absència d'altres algues erectes típiques d'aquest hàbitat, com ara *Cladostephus spongiosus* o *Colpomenia sinuosa*, indica que aquest hàbitat podria estar en un estat de maduresa i/o conservació moderat (Ballesteros *et al.*, 2014).

L'alga invasora *Caulerpa cylindracea* s'ha detectat a les dues estacions, i en major mesura a La Boia que a la Xoni Mira. L'impacte d'aquesta espècie invasora sobre les comunitats infralitorals natives pot ser important, afavorint la proliferació de gesses algals en lloc d'algues erectes, alterant la sedimentació (Bulleri *et al.*, 2010), i possiblement afectant el metabolisme d'algunes espècies de peixos (Felline *et al.*, 2012).

Cal tenir en compte la importància de la qualitat de l'aigua en l'estat de conservació d'aquestes comunitats. Al Maresme, la qualitat de l'aigua és considerada entre dolent i moderat segons l'ACA, donat que conflueixen una sèrie de pressions que poden impactar negativament la qualitat de l'aigua, inclosa la eutrofització, la contaminació i l'alteració de fluxos sedimentaris per les regeneracions de platges (Generalitat de Catalunya, 2017). Les barres rocoses mostrejades en aquesta ZEC presenten unes comunitats en un estat de conservació moderat, però vulnerables a una sèrie d'impactes antròpics que cal reduir per assolir un bon estat ecològic d'aquestes comunitats i mantenir els serveis ecosistèmics que proporcionen, sobretot en el context de canvi global. Aquest any és el primer any de mostreig d'aquestes comunitats i per tant és difícil saber quin és el grau de l'impacte al que han estat sotmeses. És fonamental, per tant, el monitoratge continuat dels hàbitats rocosos infralitorals per poder detectar i gestionar els impactes als que poden estar exposats. Davant l'amenaça d'espècies invasores com *C. cylindracea* i les pressions derivades del canvi climàtic (com ara l'escalfament del mar) és important reduir al màxim les múltiples altres pressions que actuen sobre aquests hàbitats a nivell local.

Conclusions

La ZEC de les Costes del Maresme compta amb unes barres rocoses grans que permeten la formació de comunitats algals dominades per espècies fotòfiles típiques de zones amb un cert

grau de sedimentació. L'espècie dominant, *Halopteris scoparia*, pot formar boscos de petita alçada i oferir hàbitat a diverses espècies associades.

Les poblacions de *Paracentrotus lividus* en aquesta ZEC presenten unes densitats relativament baixes amb una estructura de talles amb pocs individus petits, possiblement suggerint una elevada pressió per depredació.

Les poblacions de *Arbacia lixula* són inferiors a les de *P. lividus*, i mostren estructures de talles similars, amb major proporció d'individus de talla mitjana-gran.

S'ha observat l'alga invasora *Caulerpa cylindracea* en aquesta ZEC, la qual pot tenir efectes adversos sobre les comunitats natives.

La reducció de pressions locals com ara la sobrepesca, l'eutrofització i la urbanització i alteració als fluxos sedimentaris podria contribuir a millorar l'estat de salut d'aquests hàbitats en la ZEC de les Costes del Maresme.



Comunitats de coral·ligen

- Tot i que s'han trobat gorgònies en totes les estacions estudiades (E. singularis, E. verrucosa i L.sarmentosa), aquestes es presenten en densitats molt baixes i mides relativament petites.
 - L'estació del Negre Prof destaca per la presència de les tres i talles més grans, tot i que no superen mai els 30 cm en cap de les estacions estudiades
 - S'ha detectat mortalitat en les gorgònies, i molt probablement causades per les onades de calor que afecten tot el nostre litoral
- A nivell de comunitat, les tres estacions estudiades presenten un estat de qualitat moderat, essent millor al Negre i pitjor a la Trencada que s'apropa a valors de qualitat pobres.
 - Diverses fonts de informació indiquen que aquest hàbitat amb presència de gorgònies es pot trobar a més fondària i fora dels límits actuals de la ZEC, pel que seria important fer algunes prospeccions fora dels límits de la ZEC per tal d'avaluar la possibilitat d'ampliar la ZEC

Introducció

El coral·ligen, definit com una bioconstrucció formada principalment per algues coral·linàcies que creixen en condicions de baixa irradiància, és un hàbitat marí endèmic de la mediterrània i d'elevat interès patrimonial, ja que és considerat un *hot-spot* de biodiversitat marina que concentra un 10 % de les espècies marines presents al Mar Mediterrani, esdevenint una prioritat per a la conservació. Aquest hàbitat es caracteritza per la presència d'algues dels gèneres *Lithophyllum*, *Lithothamnion*, *Mesophyllum*, *Neogoniolithon*, *Peyssonnelia* i *Halimeda*, que es desenvolupen entre els 20 i 120m de fondària, limitant el creixement de les algues fotòfiles degut a la limitada quantitat de llum disponible que arriba al fons (Ballesteros, 2006; Linares *et al.*, 2012; Garrabou *et al.*, 2017). En aquestes condicions, les algues calcàries esdevenen les espècies dominants, i conjuntament amb una varietat d'organismes invertebrats, formen comunitats d'alta complexitat estructural (Linares *et al.*, 2012).

Originalment, el concepte de coral·ligen va sorgir al segle XIX a la regió de Marsella i s'atribueix al científic francès A. F. Marion (1833), el qual es dedicava a l'estudi de la biologia del corall vermell *Corallium rubrum*, espècie de gran importància pesquera a aquesta regió. En aquest context, com que el corall vermell era extret en zones amb gran abundància d'algues calcàries, aquest hàbitat "productor de corall" va adoptar aquest nom. No obstant, el terme agrupa una gran diversitat de comunitats dominades per diversos tipus d'algues calcàries i invertebrats que, independentment de la seva composició, es caracteritzen per la capacitat de formar importants bioconcrecions, que poden arribar fins als 2 m d'alçada, en diferents zones geogràfiques de la Mediterrània (Ballesteros, 2006; Linares *et al.*, 2012; Garrabou *et al.*, 2017).

La formació del coral·ligen és un procés extremadament lent que dona lloc a una estructura complexa i heterogènia. En aquest sentit, les comunitats de coral·ligen es caracteritzen per la presència de tres estrats diferents en els quals hi habiten diferents tipus d'espècies segons la forma de creixement, mida i requeriments ecològics. L'estrat basal es troba constituït per diferents tipus d'algues coral·linàcies i espècies de creixement incrustant i/o poca alçada (rodòfits, algues verdes, briozous coralls o esponges). L'estrat mig està dominat per espècies amb un creixement massiu i d'alçada moderada (fins uns 15 cm) com el cas de briozous, antozous, ascidis esponges i algunes algues (*Halimeda tuna* i *Flabellia petiolata*) i finalment trobem l'estrat superior dominat per gorgònies i esponges de forma arborescent i de gran envergadura (Garrabou, 2017).

Malauradament, les comunitats de coral·ligen, a l'igual que la gran majoria d'hàbitats, no estan exemptes de pressions i perturbacions vinculades a l'activitat humana. Entre aquestes hi trobem l'augment de la turbulència de l'aigua, l'eutrofització i els efectes erosius de les àncores i els arts de pesca, com la pesca d'arrossegament (Ballesteros, 2006). Actualment, a aquestes perturbacions més locals, cal afegir-hi els efectes de dos impactes importants d'abast regional, el canvi climàtic i l'arribada d'espècies invasores. Així doncs, en un món cada vegada més canviant degut al canvi climàtic, amb augments de temperatura i onades de calor cada vegada més elevats i recurrents, les espècies del coral·ligen es troben entre els organismes més vulnerables en els ecosistemes costaners del Mar Mediterrani, el qual ha registrat màxims històrics de temperatures ens els últims anys (Garrabou *et al.*, 2022). Al canvi climàtic, s'ha d'afegir l'arribada d'espècies invasores (com *Caulerpa cylindracea* i *Womersleyella setacea*) vinculada a l'increment del transport marítim i el desenvolupament de l'aqüicultura (Linares *et al.*, 2012). La suma d'aquestes perturbacions, ja



siguin directes o combinades, pot comportar conseqüències greus per a la conservació d'aquestes valuoses comunitats, el qual accentua la gran fragilitat d'aquest hàbitat davant les perturbacions.

Donada la seva elevada vulnerabilitat a aquestes pressions, el coral·ligen ha estat objecte de diverses mesures de protecció preses per diferents administracions i organitzacions. Concretament, la Unió Europea va prohibir la pesca amb arts d'arrossegament, dragues, xarxes de platja o xarxes similars sobre les comunitats del coral·ligen (CE Num. 1967/2006, Article 4.2). Més recentment, els països signataris de la Convenció de Barcelona (entre ells Espanya) varen aprovar un pla d'acció per la protecció del coral·ligen compromentent-se a promoure la seva conservació i gestió sostenible (UNEP-MAP RAC/SPA, 2008). Finalment, l'any 2016, el coral·ligen ha estat inclòs a la llista vermella d'hàbitats europeus com gairebé amenaçada (NT) (http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/redlist_en.htm). Cal afegir que algunes de les espècies emblemàtiques com el corall vermell *Corallium rubrum* i la gorgònia *Paramuricea clavata* han estat recentment incloses dins la llista vermella d'Antozous del Mediterrani de la IUCN com en perill i vulnerable, respectivament (Otero *et al.*, 2017).

Per tal d'avaluar l'estat de la comunitat del coral·ligen en general, s'ha estimat la riquesa de principals grups taxonòmics, morfològics i també s'ha calculat un índex de qualitat pel coral·ligen. De tots els índexs descrits pel coral·ligen (Di Camillo *et al.*, 2023), s'ha triat l'INDEX-COR (IC, Sartoretto *et al.*, 2017), ja que no necessita d'una estació de referència dins la zona d'estudi, i integra 3 components per a valorar l'estat de conservació del coral·ligen: la sensibilitat de les espècies presents a perturbacions, i per tant de forma indirecta la presència d'aquestes; la biodiversitat de la comunitat, que sustenta les funcions ecosistèmiques d'aquesta comunitat (Paoli *et al.*, 2016); i finalment la complexitat estructural de la comunitat, essencial per tota la biodiversitat que viu associada al coral·ligen (Ballesteros, 2006)

En el present treball, per tal de mesurar el possible impacte que pateix aquest hàbitat, a part d'estudiar tota la comunitat en conjunt, s'han escollit les gorgònies com a principal espècie indicadora d'aquest hàbitat, donat el seu paper com formadores d'hàbitat. Concretament, a la ZEC de les Costes del Maresme s'ha seleccionat diferents espècies de gorgònies (*Eunicella singularis*, *Eunicella verrucosa* i *Leptogorgia sarmentosa*) com a espècies indicadores d'aquest hàbitat.

Les gorgònies són espècies molt emblemàtiques de la Mediterrània per la seva bellesa i el seu paper ecològic (Figura 22). La seva forma arborescent genera una estructura tridimensional que serveix de substrat i refugi per a moltes espècies associades, desenvolupant així comunitats molt complexes a nivell estructural amb una elevada biodiversitat, presents sobretot a l'estatge infralitoral i circalitoral (Ballesteros, 2006; Casas *et al.*, 2015; Gómez-Gras *et al.*, 2021). Aquest elevat valor ecològic també ve acompanyat d'un alt valor paisatgístic, que representa un reclam turístic molt important. Aquestes espècies acostumen a presentar una dinàmica poblacional molt lenta, la qual ve donada per la longevitat de les colònies (fins a més de cent anys), per les taxes de creixement somàtic baixes (per sota d'un centímetre a l'any), una maduresa reproductiva tardana i taxes de reclutament molt baixes (Coma *et al.*, 1995a, 1995b, 1998; Linares *et al.*, 2007), tot i que hi ha una certa variabilitat en els paràmetres demogràfics i això varia entre espècies. Degut a aquesta dinàmica, en general lenta sobretot comparada amb altres organismes bentònics, aquestes espècies de gorgònies poden viure bé en ambients estables, on poden amortir bé petites variacions, però aleshores això els hi confereix una major vulnerabilitat a perturbacions més fortes,

fet que està ocorrent cada vegada més en els ecosistemes marins somers a causa de l'impacte creixent de les activitats humanes.



Figura 22. Imatge de dues gorgònies (*Eunicella verrucosa* i *Leptogorgia sarmentosa*) a la ZEC de les Costes del Maresme.

Una de les principals amenaces per aquestes espècies són les onades de calor, esmentades anteriorment, les que han comportat mortalitats massives de gorgònies des de fa dècades, com les observades al 1999 o 2003 (Cerrano *et al.*, 2000; Linares *et al.*, 2005; Garrabou *et al.*, 2009, 2019), i que s'han tornat més intenses i recurrents entre el 2015 i el 2019 (Garrabou *et al.*, 2022). Una problemàtica afegida a l'increment de la temperatura del mar és la creixent presència d'activitats humanes en els ecosistemes litorals (Halpern *et al.*, 2008).

Els esdeveniments de mortalitat, lligats a l'augment de la temperatura, conjuntament amb les perturbacions causades per la pressió de busseig, entre d'altres activitats humanes com la pesca (Bavestrello *et al.*, 1997; Betti *et al.*, 2020) o l'ancoratge, poden generar efectes sinèrgics que empitjoren els impactes del canvi climàtic i comprometen la conservació de les poblacions de gorgònies (Linares i Doak, 2010; Zentner *et al.*, 2023). En aquesta línia, entre l'any 2017 i 2018 es van produir per primer cop a la costa catalana, fenòmens d'anomalies tèrmiques que al 2017 van coincidir amb una proliferació excessiva d'algues filamentoses, lligada a condicions ambientals particulars com augment de la temperatura, irradiància i manca d'hidrodinamisme (Mistri i Cecchereli, 1996; Schiaparelli *et al.*, 2007) i que va tenir un efecte molt important en els nostres parcs (Hereu *et al.*, 2017). Aquestes algues poden quedar atrapades en les ramificacions de les gorgònies, on poden seguir creixent, generant una pel·lícula que ofega a aquests organismes, amb la conseqüent aparició de teixit necrosat. Tant els efectes directes (augment de la temperatura)



com indirectes (proliferació d'algues filamentoses) del canvi global resulten difícils de gestionar a petita escala.

Així doncs, l'objectiu d'aquest programa de seguiment és avaluar l'estat de conservació de l'hàbitat de coral·ligen de la ZEC de les Costes del Maresme a partir de la d'avaluació de la comunitat en general i de l'estat de les espècies indicadores d'aquest hàbitat, les gorgònies. Les gorgònies presenten molts atributs per fer estudis de seguiment, com la relativa facilitat amb la qual es pot censar, la seva gran mida, i la seva sensibilitat a perturbacions de diferents orígens (Linares *et al.*, 2010). Tot i que a la ZEC de les Costes del Maresme no trobem actualment poblacions denses de gorgònies, no sabem com eren en el passat. El seu monitoratge ens permet, per un costat, tenir un control dels efectes del canvi climàtic en aquestes espècies, a més de controlar l'impacte causat per activitats humanes que es poden donar en aquesta ZEC.

Material i mètodes

Disseny de mostreig

Per a l'estudi de les comunitats de coral·ligen i les poblacions de gorgònies s'han seleccionat els punts de manera que quedessin ben representats al llarg de tota la ZEC de les Costes del Maresme, buscant la fondària idònia per al desenvolupament d'aquestes espècies. De nord a sud, les estacions seleccionades han estat: El Negre, La Trencada i la Barreta de l'Arbre (Figura 23, Taula 14). A més, s'ha explorat una quarta estació, El Negre profunda, en el mostreig de gorgònies.

Taula 14. Estacions de mostreig de comunitats de coral·ligen de la ZEC de les Costes del Maresme de l'any 2023.

ZEC	Estació	Fondària (m)	Data mostreig
Costes del Maresme	El Negre profunda	27	2023-07-03
	El Negre	19	2023-06-29
	La Trencada	13,5	2023-07-03
	Barreta de l'Arbre	20	2023-06-28

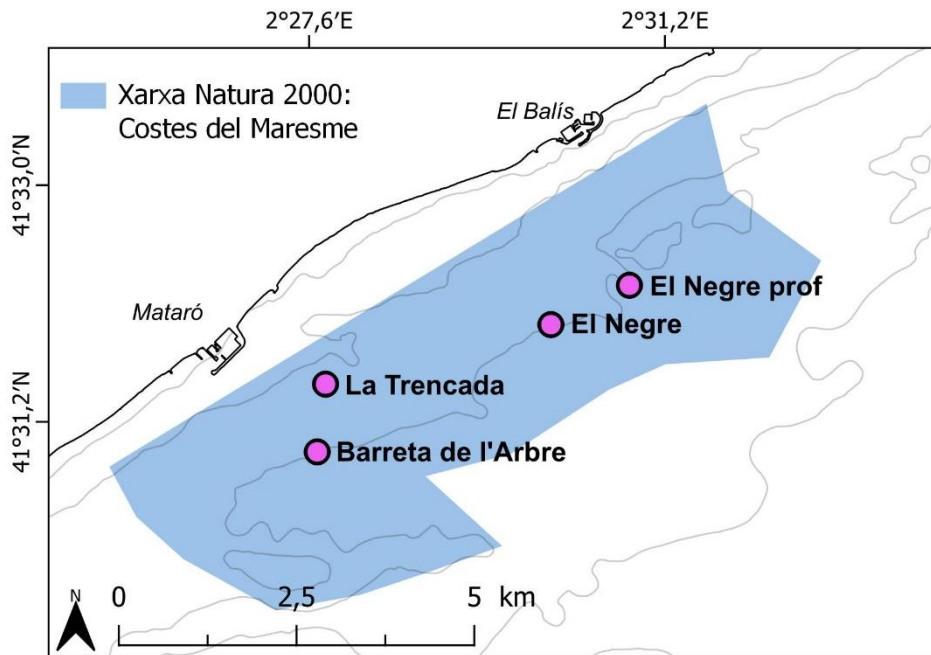


Figura 23. Mapa de les estacions de mostreig de comunitats de coral·ligen de la ZEC de les Costes del Maresme de l'any 2023.

Metodologia de mostreig

Per aquest mostreig es s'han dut a terme dues aproximacions: d'una banda s'ha dut a terme un mostreig demogràfic de les gorgònies presents (*Eunicella singularis*, *Eunicella verrucosa* i *Leptogorgia sarmentosa*), i per altra, un mostreig fotogràfic de la comunitat del coral·ligen a la mateixa zona de les poblacions de gorgònies.

Mostreig de gorgònies

En aquest mostreig de gorgònies, a més de les tres estacions originalment proposades, s'ha mostrerjat una quarta estació més profunda, El Negre Profunda. A cada estació s'han col·locat quadrats de 50x50 cm de forma aleatòria dins de cada població (Figura 24).

A cada quadrat s'ha mesurat l'alçada màxima de totes les gorgònies presents, així com el percentatge i tipus de mortalitat observada (recent o antiga). Entenem per mortalitat recent (anomenada com a necrosi) aquella que es manifesta en forma de teixits malmesos i que es van desprenent o nus, els quals recentment (prop d'un parell de mesos com a màxim) han perdut el teixit viu. En el cas de la mortalitat antiga (anomenada com a epibiosi), la mort dels teixits s'ha produït temps enrere, i les parts mortes queden cobertes per organismes epibionts que creixen sobre l'esquelet de les gorgònies (Figura 25a). També s'ha apuntat el percentatge de teixit que quedava recobert de l'alga *Acinetospora* (Figura 25b).



Figura 24. Mètode de mostreig mitjançant quadrats aleatoris.

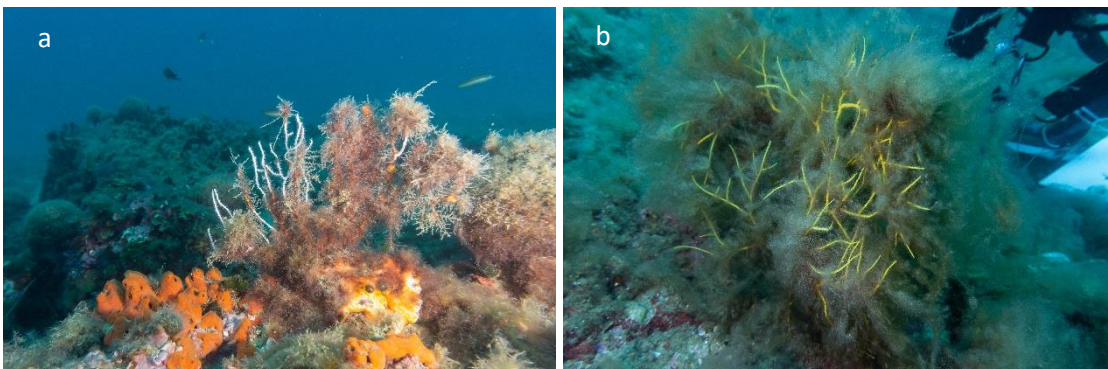


Figura 25. a) *Eunicella verrucosa* amb signes de mortalitat antiga; el teixit es troba recobert d'organismes. b) *Leptogorgia sarmentosa* recoberta de l'alga *Acinetospora*.

Les dades recollides permeten mesurar el reclutament de nous individus a les diferents poblacions, estudiar l'estructura de les classes de talla a cada estació de mostreig, i avaluar el grau de mortalitat total i parcial de les colònies que, conjuntament amb el tipus d'afectació, permet inferir les causes de mortalitat, com l'efecte de l'escalfament de l'aigua, d'algues filamentoses o dels submarinistes. Al mateix temps, s'ha anotat la possible presència d'espècies introduïdes de les poblacions.

Finalment, s'han pres fotografies de les zones d'estudi, de colònies de gorgònies a l'atzar i dels efectes més palesos de la mortalitat de les colònies. Aquestes fotografies serveixen com a referència per a futurs mostrejos.

Resumint, els descriptors estudiats a partir dels quadres aleatoris a cada localitat són:

- **Densitat.**
- **Estructura de talles en alçada (cm)** a partir de les mides individuals de les colònies. Les classes de mida emprades són en intervals de 10 cm, com les descrites per Linares i Doak (2010).
- **Grau de necrosi:** percentatge (%) mitjà de teixit denudat.
- **Grau d'epibiosi:** percentatge (%) mitjà de teixit epibiotat (teixit cobert d'organismes epibionts).
- **Percentatge de colònies afectades** per algun tipus de mortalitat (parcial i total), considerades com afectades aquelles que presenten >10% de superfície afectada per necrosi o epibiosi (segons Linares *et al.*, 2008).
- **Tipus d'afectació** (si s'observa necrosi dels teixits o hi ha parts arrencades).
- **Detecció d'impactes.**
- **Presència d'altres espècies vulnerables.**
- **Presències d'espècies exòtiques.**

Mostreig de la comunitat associada a les gorgònies

Per a mostrejar la comunitat, s'han fotografiat els organismes sèssils macrobentònics del coral·ligen. Específicament, s'ha fet servir una càmera Nikon D7000, per a mostrejar fotogràficament 3 transectes aleatoris per estació. Cada transecte estava compost per 8 quadrats de 25 x 25 cm, donant-nos un total de 24 fotografies. Es va decidir aquesta quantitat per a cobrir l'àrea òptima, respecte l'esforç de mostreig, per capturar la biodiversitat de comunitats coral·lígenes (Kipson *et al.*, 2011).

Un cop realitzades les fotografies, s'han analitzat amb el programari lliure PhotoQuad (Trygonis i Sini, 2012), amb l'objectiu d'obtenir la cobertura dels diferents organismes. És a dir, el percentatge d'àrea que ocupa cada un dels organismes dins la comunitat, i en aquest cas en les fotografies. Per a fer-ho, s'han plotejat de forma aleatòria 100 punts en cada fotografia i s'ha identificat l'espècie al nivell taxonòmic més baix possible. Amb aquestes dades, s'ha realitzat una exploració taxonòmica, un anàlisi centrat en les morfologies de les espècies presents i, conjuntament amb les dades de les gorgònies, s'ha calculat l'índex INDEX-COR (Sartoretto *et al.*, 2017) per a categoritzar el seu estat de conservació.

L'exploració taxonòmica, ha consistit en agrupar i representar la cobertura de les espècies en el següents grups taxonòmics: algues cloròfitas, algues feòfitas, algues rodòfitas, bivalves, briozous, cnidaris poliquets, porífers i tunicats. A part d'aquests grups, també s'ha representat la cobertura de "turf algal", és a dir, la gespa d'algues que no es pot identificar de forma macroscòpica. També s'ha representat la cobertura del "mixture complex", entesa com la matriu biòtica basal que en volta la resta d'organismes identificats, també un aspecte tipus "turf", però que està composta per un conjunt d'invertebrats, d'algues, i altres espècies que no es poden identificar de forma macroscòpica.

Amb l'objectiu d'explorar la complexitat estructural del coral·ligen, i per tant la seva capacitat d'oferir hàbitat, s'ha categoritzat les espècies en diferents grups morfològics. Adaptat de Casas *et*



al., (2015), el grups morfològics son: algues incrustants, tipus turf, foliars, articulades i massives; invertebrats incrustants, amb forma de copa, massius, arborescents, perforants i epibionts obligats; i el "mixture complex". De cada grups s'ha calculat la cobertura en percentatge i representat en la gràfica en ordre ascendent de complexitat.

Finalment, per a avaluar l'estat del coral·ligen, s'ha calculat un índex de qualitat. Dels índexs descrits pel coral·ligen (Di Camillo *et al.*, 2023), s'ha triat l'INDEX-COR (IC, Sartoretto *et al.*, 2017). Fent servir un llistat d'espècies publicat pels autors de l'índex (Sartoretto *et al.*, 2017), el primer component es calcula classificant les espècies identificades en diferents grups de sensibilitat a pressions antropogèniques, en aquest cas centrat en qualitat de l'aigua (matèria orgànica, sediment) i perturbacions físiques (ancoratge, pesca, submarinisme). El segon component, la biodiversitat, es calcula a partir del nombre d'unitats taxonòmiques identificades en el mostreig. Finalment, el tercer component es basa en dividir el coral·ligen en 3 capes: basal (espècies incrustants < 5cm), intermèdia (espècies de creixement erecte limitat < 20cm) i superior (espècies > 20cm) i calcular la seva proporció dins la comunitat. De les espècies de la capa superior (principalment gorgònies), també pondera el seu estat d'afectació per temperatura. A partir dels 3 components, seguint la metodologia del autors es pot calcular el valor de l'índex per cada estació i classificar-lo en 5 estats: "dolent" (IC < 20), "pobre" (20 < IC < 40), "moderat" (40 < IC < 60), "bo" (60 < IC < 80) i "alt" (IC > 80).

Resultats

Mostreig de gorgònies

Densitats

A la ZEC de les Costes del Maresme s'han pogut observar 3 espècies de gorgònies: la gorgònia blanca (*Eunicella singularis*), la gorgònia verrugosa (*Eunicella verrucosa*) i la gorgònia taronja (*Leptogorgia sarmentosa*).

La gorgònia blanca només s'ha observat a l'estació d'El Negre, i amb una densitat molt baixa, de només 0,93 colònies/m² (Figura 26).

Les altres dues espècies s'han pogut observar en totes 4 estacions de mostreig, amb diferents densitats. D'una banda, destaca la densitat de gorgònia taronja a l'Estació de Barreta de l'Arbre, amb 2,5 colònies/m², sent l'estació que presenta un valor més elevat d'aquest paràmetre. Per contra, l'estació amb menor densitat de *L. sarmentosa* és El Negre, amb 0,27 colònies/m² (Figura X).

Pel que fa a *E. verrucosa*, les densitats són força baixes en totes les estacions: la que presenta un valor més elevat és la Barreta de l'Arbre, amb 0,53 colònies/m², i les dues que menys, El Negre i La Trencada, amb 0,26 colònies/m² cadascuna (Figura 26).

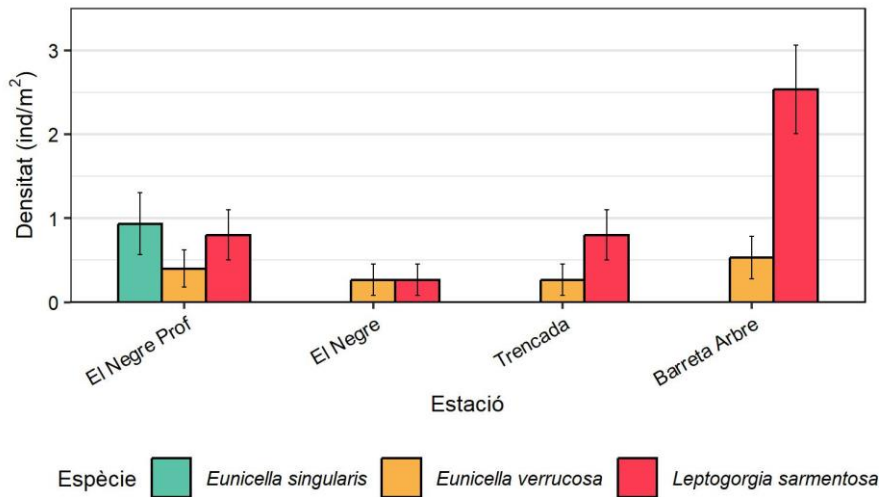


Figura 26. Densitat de gorgònies (mitjana i error estàndard) a les diferents estacions mostrejades a la ZEC de les Costes del Maresme l'any 2023.

Estructura de talles

Al no haver-hi una gran densitat de gorgònies a les Costes del Maresme, no és possible estimar l'estructura de talles de les espècies mostrejades. Sí que s'ha pogut calcular la talla mitjana de cada espècie i lloc mostrejats.

La talla mitjana de *E. singularis* a l'estació d'El Negre profunda és d'uns 23 cm (Figura 27).

Pel que fa a *E. verrucosa*, l'estació on trobem una talla mitjana més elevada és El Negre, amb 23 cm, seguida d'El Negre profunda, amb 19 cm i La Barreta de l'Arbre, amb 17 cm. Finalment, on trobem una talla mitjana més baixa és a La Trencada, amb 13 cm (Figura 27).

En relació a *L. sarmentosa*, El Negre profunda és la que mostra una talla mitjana més elevada, amb 23 cm, seguida per la Barreta de l'Arbre, amb 22 cm. El Negre i La Trencada presenten talles mitjanes molt similars, de 18,5 cm i 18,4 cm respectivament (Figura 27).

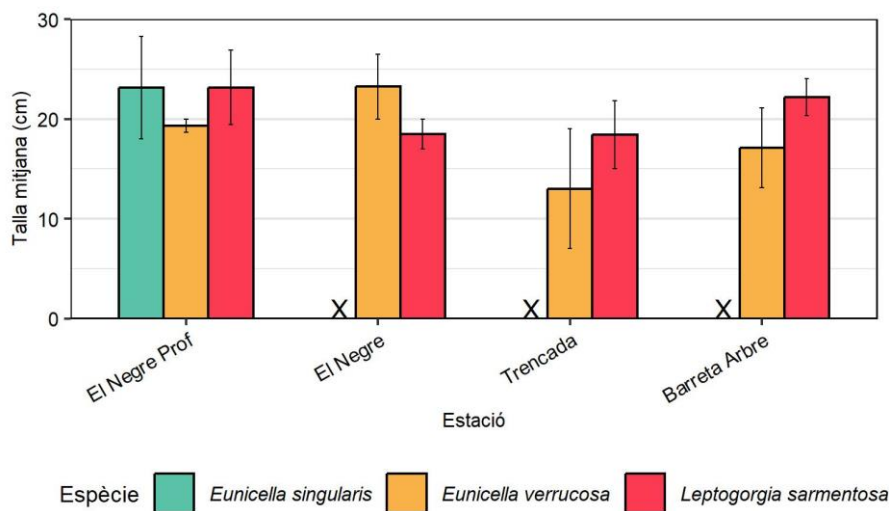


Figura 27. Talla mitjana de gorgònies (mitjana i error estàndard) a les diferents estacions mostrejades a la ZEC de les Costes del Maresme l'any 2023.

Mortalitat

El percentatge de colònies afectades varia segons l'espècie i l'estació mostrejades. *E. singularis*, que només la trobem a El Negre profunda, presenta una mitjana de colònies amb mortalitat força elevada, del 67% de les colònies afectades (Figura 28).

Eunicella verrucosa té el 50% de colònies afectades a les estacions de més al sud, La Trencada i La Barreta de l'Arbre, tot i que aquest valors representen 1 i 2 colònies respectivament; El Negre profunda mostra un valor del 33% (1 colònia) i no en trobem cap d'afectada a El Negre (Figura 28).

Pel que fa a de *L. sarmentosa*, l'estació de El Negre és la que presenta un percentatge més elevat de colònies afectades, amb un 50% (1 colònia), seguida de l'estació de La Barreta de l'Arbre, amb un 20% (4 colònies); les estacions de El Negre profunda i La Trencada mostren un 17% de colònies amb signes de mortalitat cadascuna (1 colònia cadascuna) (Figura 28).

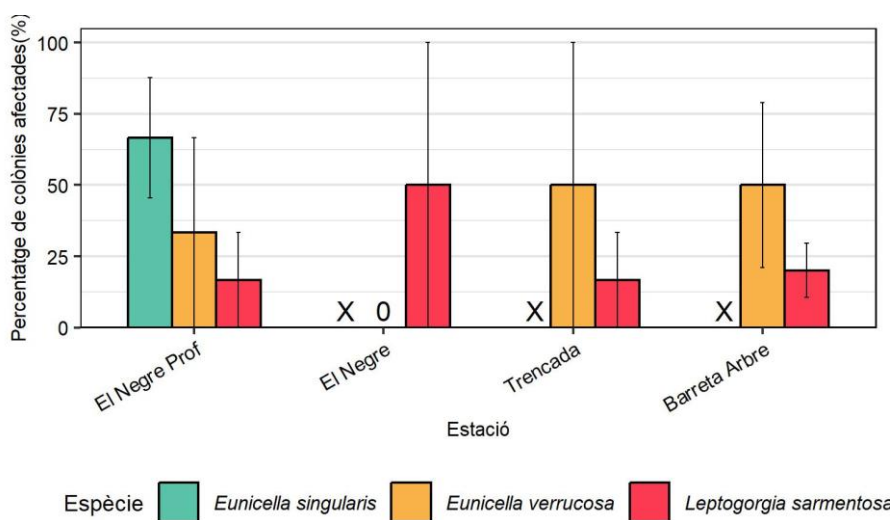


Figura 28. Percentatge de colònies amb signes de mortalitat (>10% de la superfície afectada) (mitjana i error estàndard) en les diferents estacions mostrejades a la ZEC de les Costes del Maresme l'any 2023. La X significa que no hi havia colònies d'aquella espècie, mentre que el 0 indica que no hi ha mortalitat.

El percentatge de colònies afectades segons el tipus de mortalitat varia entre les diferents espècies i estacions mostrejades a la ZEC de les Costes del Maresme. D'una banda, *E. singularis*, només a El Negre profunda, presenta un percentatge de colònies totalment sanes molt baix, de només el 14%, mentre que el 86% restant es tracta de colònies amb mortalitat antiga (epibiosi) (Figura 29).

Pel que fa a *E. verrucosa*, El Negre, amb 2 colònies, i La Barreta de l'Arbre, amb 4 colònies, presenten valors de 100% de colònies afectades per epibiosi. A El Negre profunda hi trobem dues colònies totalment sanes (67%) i una afectada per epibiosi (33%), mentre que La Trencada té una colònia totalment sana i una afectada per epibiosi (Figura 29).

En quant a *L. sarmentosa*, és l'única espècie on s'ha observat necrosi, només a l'estació de la Barreta de l'Arbre, tot i que en un percentatge baix (11% de colònies amb necrosi i epibiosi alhora). El Negre profunda és l'estació amb un percentatge de colònies totalment sanes més elevat, amb un 83%, tot i que només té 6 colònies, seguit de La Trencada, amb un 67% (també té 6 colònies); El Negre té una colònia amb signes de mortalitat i una de totalment sana i La Barreta de l'Arbre,

amb 19 colònies en total, presenta el 42% de colònies totalment sanes i un 47% de colònies amb epibiosi (Figura 29).

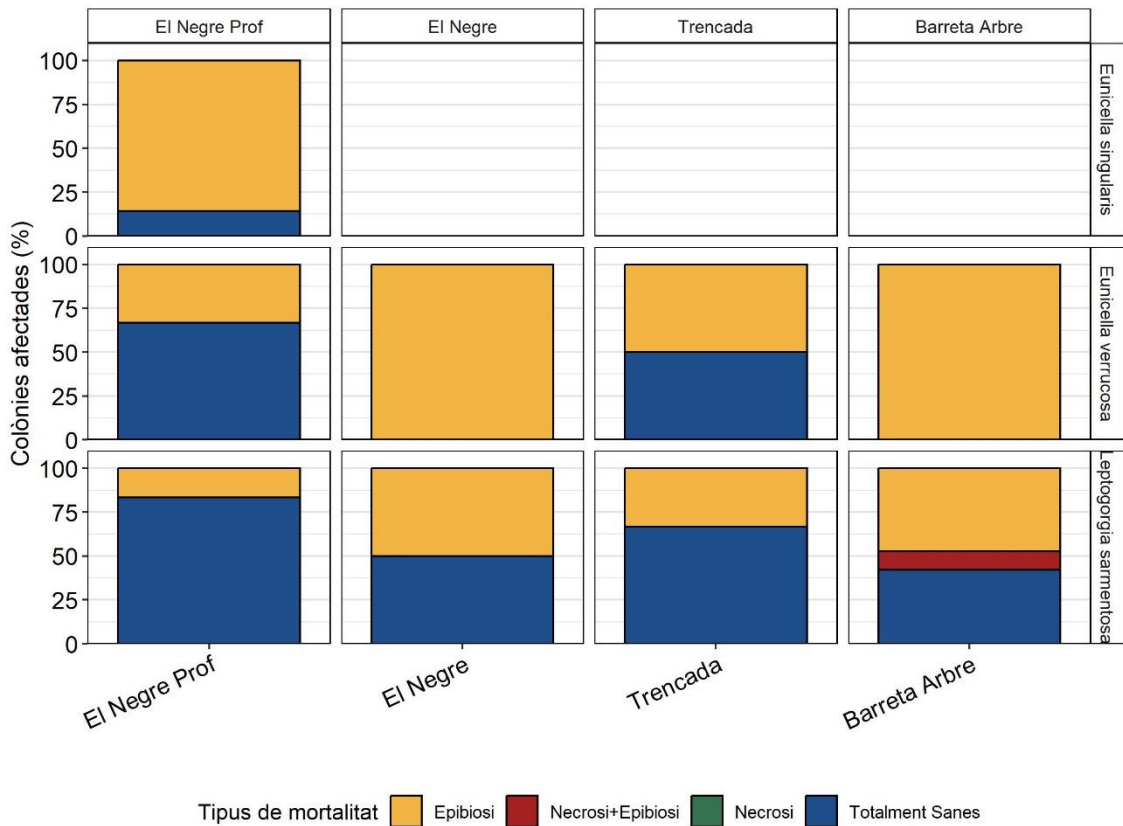


Figura 29. Percentatge de colònies afectades per mortalitat a les diferents estacions mostrejades a la ZEC de Costes del maresme l'any 2023. S'han comptat les colònies totalment sanes com aquelles que tenen menys d'un 10% de mortalitat. Els valors de les barres indiquen el percentatge de colònies afectades segons el tipus de mortalitat: Epibiosi, Necrosi, Necrosi i Epibiosi, o Totalment Sanes.

Pel que fa a la superfície afectada per mortalitat també varia segons l'espècie i el lloc de mostreig. *E. singularis* presenta un percentatge mitjà de superfície amb mortalitat del 33% (Figura 30).

La superfície de *E. verrucosa* més elevada la trobem a La Barreta de l'Arbre, amb un valor d'un 45%, seguida de La Trencada, amb un 40%. Les estacions d'El Negre i El Negre profunda presenten percentatges de superfície afectada molt baixos, del 7,5% i el 7% respectivament (Figura 30).

En quant a *L. sarmentosa*, els valors de superfície amb mortalitat són generalment baixos. El Negre i El Negre profunda són les que mostren un valors més elevat, i és del 10% en ambdós casos; La Trencada presenta un valor del 8% i, finalment, La Barreta de l'Arbre, del 7% (Figura 30).

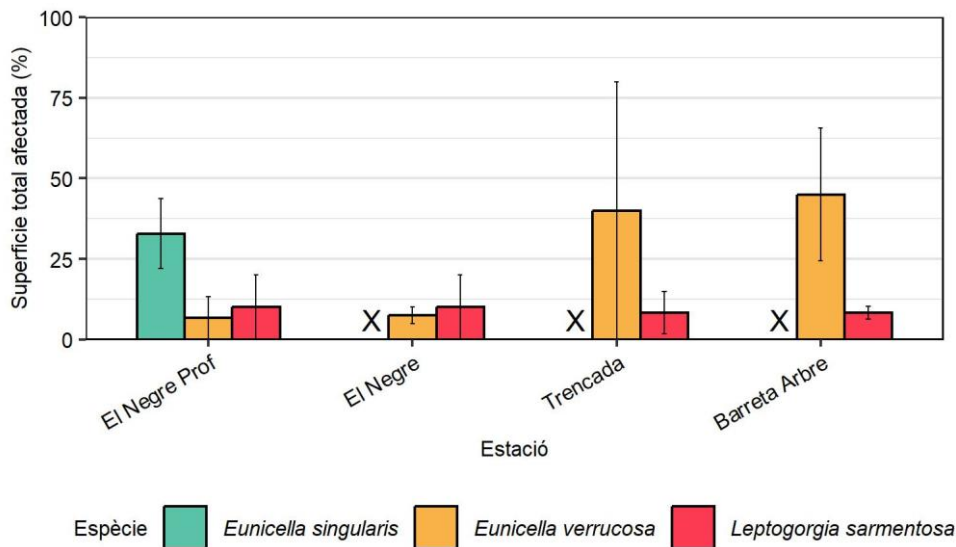


Figura 30. Percentatge de superfície afectada per mortalitat total (mitjana i error estàndard) a les diferents estacions de la ZEC de les Costes del Maresme l'any 2023. La X significa que no hi havia colònies d'aquella espècie.

Mostreig de la comunitat associada a les gorgònies

Exploració taxonòmica

Les comunitats estudiades presenten una composició taxonòmica principalment formada per esponges, turf algal i algues vermelles (Figura 31). El Negre presenta la major proporció de taxons amb estratègia principalment heterotròfica (47.42%), degut a una elevada proporció de esponges (35.2%) i cnidaris (8.5%). Trencada es l'estació amb major proporció d'espècies autotròfiques (65.6%), dominada sobretot per turf algal (43.64%), però una major presència de rodòfits i briozous comparat amb la resta d'estacions (17.7% i 5.6% respectivament). Barreta de l'Arbre, també esta dominada per turf algal (35.54%), però també presenta una proporció de mixture complex i rodòfits important (8.88% i 11.77% respectivament).

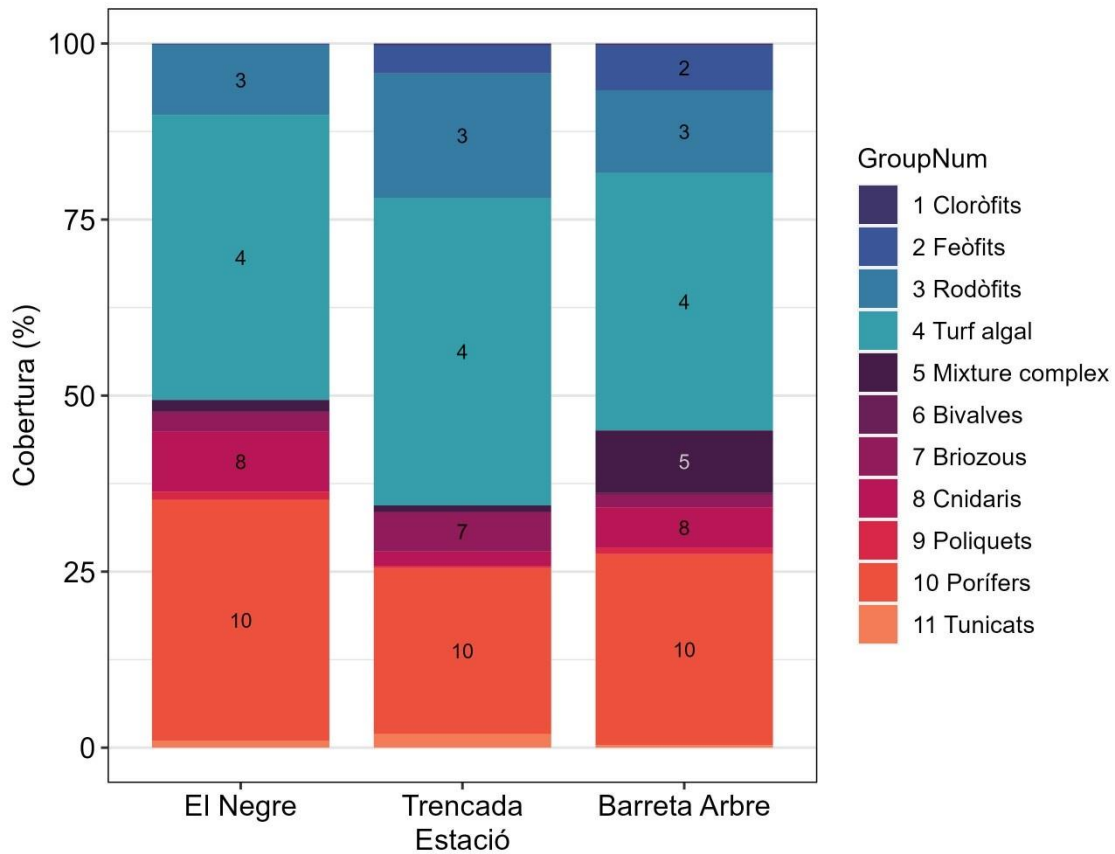


Figura 31. Cobertura en percentatge del principals grups taxonòmics identificats en la comunitat del coral-ligen al ZEC de les Costes del Maresme l'any 2023. Els colors blaus indiquen grups autotròfics mentre els colors vermells indiquen grups amb estratègies principalment heterotròfiques. La categoria "mixture complex" es defineix com la matriu basal de la comunitat composta per un conjunt d'invertebrats i algues que no són identificables a nivell macroscòpic. En el gràfic, només s'han etiquetat els grups que superen el 5%.

Complexitat estructural

En les comunitats estudiades, les espècies presenten principalment morfologies tipus turf, superant el 40% en totes les estacions (Figura 32). L'estació El Negre presenta la major proporció d'invertebrats amb morfologia incrustant (32.1%) i també la major proporció d'espècies amb morfologies tipus copa (9.34%). L'estació Trencada presenta un proporció de morfologies foliars i arborescents elevada respecte la resta d'estacions (4.25% i 5.05% respectivament). Finalment, l'estació Barreta de l'Arbre tot i presentar una distribució similar a la resta d'estacions, es la que presenta major proporció d'espècies massives (7.71%).

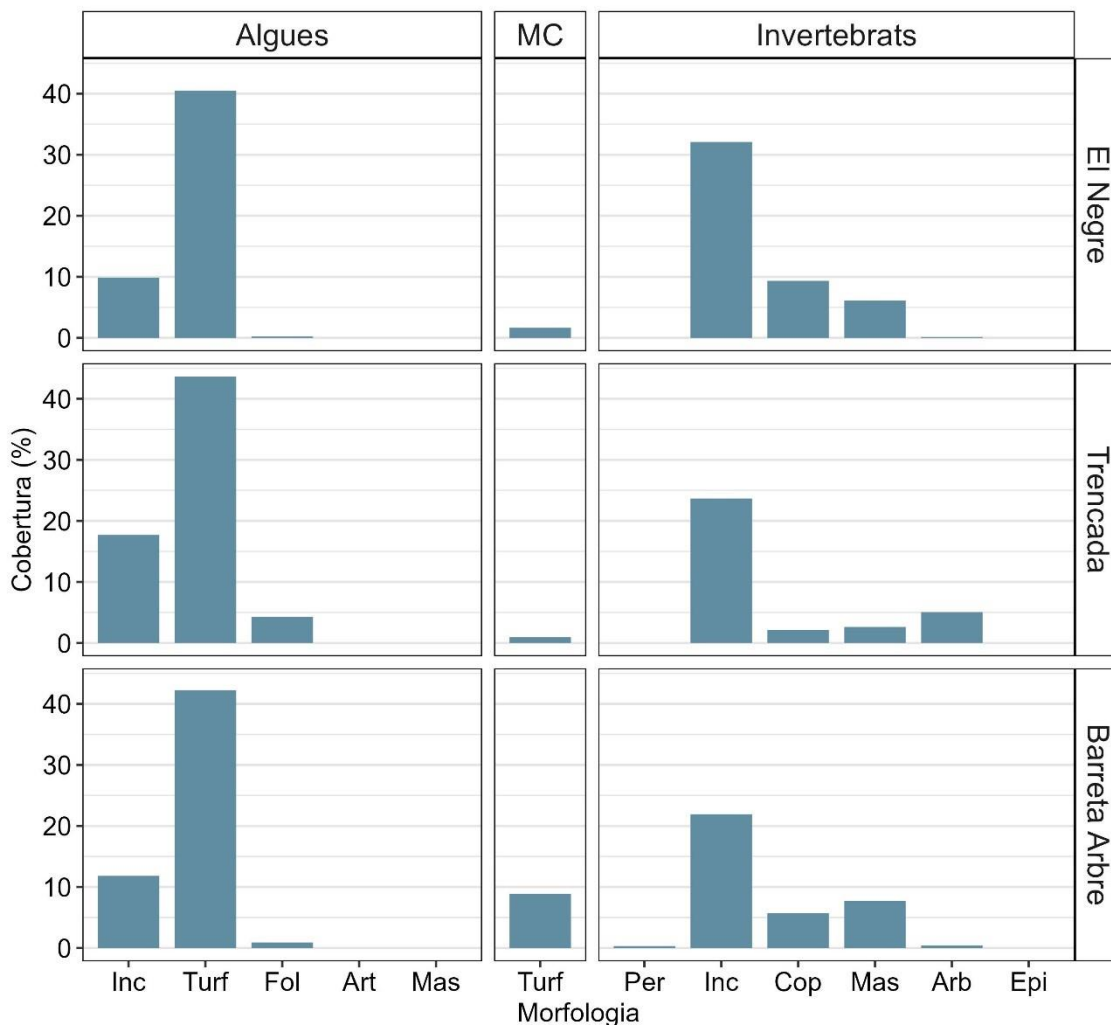


Figura 32. Cobertura en percentatge del principals grups morfològics identificats en la comunitat del coral·ligen al ZEC de les Costes del Maresme l'any 2023. Les abreviacions signifiquen: Incrustants, Turf, Foliars, Articulada, Massiva, Turf, Perforant, Incrustant, Forma de Copa, Massiva, Arborescent i Epibiont. La categoria "MC" s'entén com la matriu basal de la comunitat composta per un conjunt d'invertebrats i algues que no són identificables a nivell macroscòpic.

Estat de conservació

Totes 3 estacions presenten un estat de conservació moderat (Taula 15). Cal d'estacar que tant l'estació la Barreta de l'Arbre està molt a prop del llindar de ser categoritzada amb un pobre estat de conservació ($IC < 40$). Tot i que els valors dels components no es poden valorar per separat, en comparar entre estacions s'observa que totes 3 tenen una biodiversitat similar, per l'estació El Negre una major presència d'espècies sensibles, mentre que l'estació La Trencada te una major complexitat estructural. L'estació Barreta de l'Arbre te sobretot una baixa presència d'espècies sensibles.

Taula 15. Resultats de INDEX-COR en el coral·ligen al ZEC de les Costes del Maresme l'any 2023. Aquí s'observen els valors dels 3 components: TS (Sensitivitat), OTR (Biodiversitat), SC (Complexitat estructural) i el valor de l'índex (IC) amb l'estat de conservació corresponent.

ZEC	Estació	TS	OTR	SC	IC	Estat
Costes del Maresme	El Negre	32.6	43	0.5	46.9	Moderat
	La Trencada	30.8	44	0.7	46.7	Moderat
	Barreta de l'Arbre	21.2	45	0.5	40.9	Moderat

Discussió

Tot i que s'han trobat gorgònies en totes les estacions estudiades, entre dos i tres espècies, aquestes es presenten en densitats molt baixes i mides relativament petites. Destaca la presència de tres espècies (*E. singularis*, *E. verrucosa* i *L. sarmentosa*) en El Negre prof. mentre que a la resta s'han trobat *E. verrucosa* i *L. sarmentosa*. En general, l'espècie més afectada ha estat *E. singularis* i *L. sarmentosa* la menys afectada. En quant a estacions, El Negre prof es la que té menys afectació i la resta d'estacions són similars.

Aquestes densitats baixes són típiques en general de *E. verrucosa* i *L. sarmentosa* però no de *E. singularis* (Linares *et al.*, 2008). Al no tenir dades previes d'aquesta ZEC es fa difícil saber si en el passat aquestes poblacions eren més denses i tenien talles grans. Algunes gorgònies capturades accidentalment per pescadors de la zona a més fondària (aprox 60-70 m de fondària, Figura 33) indiquen a més fondària es troben talles molt més grans i probablement poblacions més denses, però que actualment estan fora dels límits de la ZEC.

Aquests resultats, mostren un estat de conservació general no massa bo per a les poblacions de gorgònies en aquesta ZEC. Els diferents impactes que reben, però en especial les elevades temperatures, han produït un important declivi de les poblacions més somes d'aquesta espècie. Això pot tenir greus conseqüències degut al seu paper estructural i com a espècie formadora d'hàbitat, afectant també a tota la seva fauna associada dins la comunitat del coral·ligen (Gómez-Gras *et al.*, 2021). A més, al tractar-se d'espècies amb un baix reclutament en molts casos (Linares *et al.*, 2008) i una baixa taxa de creixement (Coma *et al.*, 1998), juntament amb la seva elevada longevitat (Linares *et al.*, 2007), la converteixen en espècies molt sensible a qualsevol impacte.



Figura 33. Imatge de una gorgonia, probablement *Eunicella verrucosa*, capturada accidentalment per un pescador d'Arenys i portada als aquaris per ser restaurada dins el projecte LIFE Ecoarest coordinat pel ICM-CSIC i on participa el grup de recerca MedRecover-UB.

A nivell de comunitat, totes les tres estacions mostren un índex de qualitat moderat, en alguns casos molt proper a pobre. El Negre es el coral·ligen més heterotròfic, i coincideix amb tenir certa complexitat estructural a nivell de morfologies (Figura 34). Té un dels valors més alts de l'índex INDEX-COR i una major presència d'espècies sensibles (en aquest cas segurament degut a algunes esponges i cnidaris que es veu a nivell d'anàlisi taxonòmica)

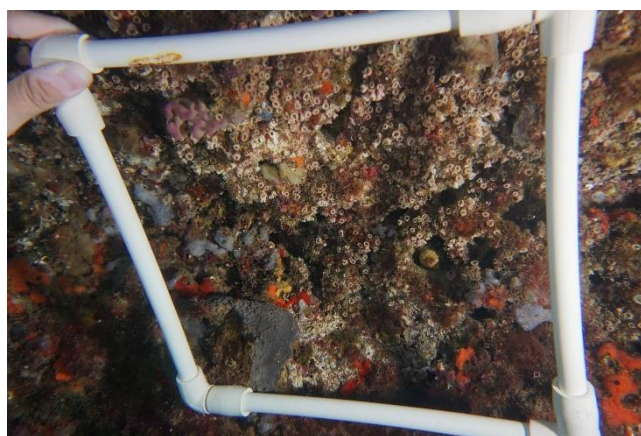


Figura 34. Quadrat de mostreig de la comunitat del coral·ligen a l'estació El Negre, a la ZEC de les Costes del Maresme l'any 2023. La comunitat és força heterotròfica, amb esponges i cnidaris.

La Trencada és l'estació més autotròfica amb una gran presència de turf, amb tot el que comporta a nivell d'estructura d'hàbitat i funcionament. Les morfologies arborescents que surten es deuen a la presència del briozou *Myriapora truncata*

Finalment la Barreta de l'arbre, és la que està en pitjor estat de conservació segons l'índex per falta d'espècies sensibles. També es destacable la presència d'algues filamentoses tipus *Acinetospora crinita*, que arribaven a cobrir algunes gorgònies.

L'estat de conservació d'aquest hàbitat ve determinat segurament per diversos factors com la qualitat de les aigües, terbolesa de l'aigua i l'excés de sedimentació (en aquesta ZEC hi ha una elevada heterogeneïtat d'hàbitats de roca i sedimentaris). Tot i que no s'han observat impactes de pesca, la manca de dades d'aquesta ZEC se'ns fa difícil poder dir si aquestes pressions també estan afectant negativament a aquest espai. El canvi climàtic si que sembla que està afectant en aquest hàbitat com indica la mortalitat de les gorgònies observades.

Els resultats obtinguts ens indiquen que l'aplicació de l'índex INDEX-COR es una bona aproximació per avaluar l'estat d'aquest hàbitat als nostres espais protegits. Tot i que futurs estudis haurien d'avaluar l'efectivitat d'altres índexs desenvolupats pel coral·ligen. S'ha de tenir en compte que des de l'any 2009, s'han dissenyat almenys 16 índexs, però cap d'ells ha estat adoptat oficialment pel Centre d'Activitats Regionals d'Àrees Especialment Protegides (RAC/ZEPA) per estimar la qualitat del coral·ligen (Di Camillo *et al.*, 2023).

Diverses fonts de informació indiquen que aquest hàbitat amb presència de gorgònies es pot trobar a més fondària i fora dels límits actuals de la ZEC, pel que seria important fer algunes prospeccions fora dels límits de la ZEC per tal d'avaluar la possibilitat d'ampliar la ZEC per tal d'incloure un major nombre de localitats on es pugui trobar aquest hàbitat del coral·ligen tant vulnerable i amb un elevat valor ecològic pel gran nombre de espècies que pot albergar i el nombre de serveis ecosistèmics que proveeix.

Conclusions

Tot i que s'han trobat gorgònies en totes les estacions estudiades (*E. singularis*, *E. verrucosa* i *L. sarmentosa*), aquestes es presenten en densitats molt baixes i mides relativament petites.

L'estació del Negre Prof destaca per la presència de les tres i talles més grans, tot i que no superen mai els 30 cm en cap de les estacions estudiades

S'ha detectat mortalitat en les gorgònies, i molt probablement causades per les onades de calor que afecten tot el nostre litoral

A nivell de comunitat, les tres estacions estudiades presenten un estat de qualitat moderat, essent millor al Negre i pitjor a la Trencada que s'apropa a valors de qualitat pobres.

Diverses fonts de informació indiquen que aquest hàbitat amb presència de gorgònies es pot trobar a més fondària i fora dels límits actuals de la ZEC, pel que seria important fer algunes prospeccions fora dels límits de la ZEC per tal d'avaluar la possibilitat d'ampliar la ZEC



Paisatge

- S'han realitzat tres transectes batimètrics entre 15 i 26 m de profunditat i distribuïts al llarg de la ZEC.
- Predominen principalment tres hàbitats, sorres fines i gruixudes, praderies de *Posidonia oceanica* i fons infralitorals rocosos. Aquesta combinació proporciona un paisatge submarí divers.
- Les praderies profundes de *P. oceanica* presenten un aspecte saludable amb una morfologia típica de les praderies profundes.

- S'ha observat un marge profund regressiu de la praderia de posidònia, probablement resultat d'una regressió històrica.
- S'ha detectat la presència generalitzada de l'alga filamentosa *Acinetospora crinita* cobrint les comunitats bentòniques dels afloraments rocosos.
- En algunes ocasions, s'ha observat mortalitat total i parcial de gorgònies recobertes de l'alga *A. crinita*, tant en afloraments rocosos com en substrat de cascals i pedres.

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 una dimensió espacial determinada i 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 consisteix en veure'l com una jerarquia d'elements (taca, hàbitat...) encaixats a diferents escales espacials (Pittman *et al.*, 2004) (Figura 35). 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.

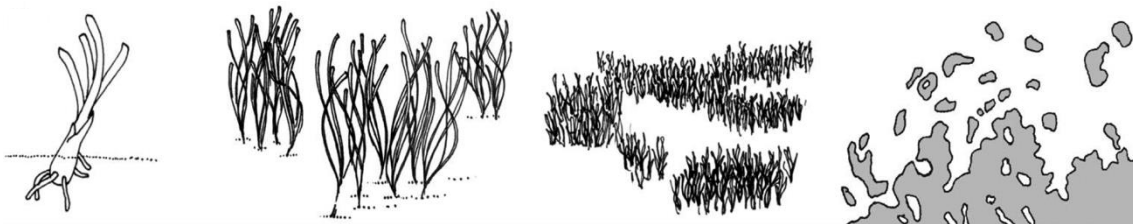


Figura 35. Representació de l'estructura jeràrquica d'un hàbitat de fanerògames marines al paisatge marí costaner, modificada a partir de Boström *et al.*, 2011. D'esquerra a dreta, plantes marines vistes a escales creixents de centímetres a quilòmetres.

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 en un bon estat. No obstant això, la fragmentació estaria impeding el moviment d'espècies, els fluxos gènics i altres processos, amb conseqüències negatives a mitjà termini. En conseqüència, 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 els resultats obtinguts a partir d'una escala o una altra, siguin complementaris (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 una banda, per 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 de les Costes del Maresme trobem principalment tres hàbitats: sorres fines o gruixudes infralitorals, fanerògames marines, en concret *Posidonia oceanica* i *Cymodocea nodosa*, i fons infralitorals rocosos amb diferents comunitats algals com dictiotals, *Padina pavonica* o *Elisollandia elongata*, i comunitats de precoral-ligen (Linares *et al.*, 2022).

L'objectiu d'aquest treball és obtenir informació a una escala espacial gran (de centenars de metres) sobre la distribució espacial dels diferents hàbitats d'aquesta ZEC. L'estructura de l'hàbitat, tal com l'hem definit, és sensible a canvis ambientals, ja siguin abruptes, deguts a impactes puntuals, com progressius i a llarg termini. Per tant, la informació obtinguda serà de gran valor pel seguiment i gestió d'aquesta ZEC.

Material i mètodes

Estacions de mostreig

Es van realitzar tres transectes batimètrics distribuïts al llarg de la ZEC, un a la zona nord (El Vell), un altre al mig (Mig), i un últim a la zona sud (Barreta de l'Arbre)(Taula 16, Figura 36). El mostreig es va dur a terme en dos dies de campanya, concretament el 27 i el 30 de juny del 2023, amb un equip de cinc persones, quatre bussejadors i un barquer. Les immersions van tenir una duració aproximada de 40 minuts.

Taula 16. Estacions on s'han realitzat els transectes de paisatge en la ZEC de les Costes del Maresme. Fondària: rang de fondària en metres al llarg dels transectes.

Estació	Data mostreig	Fondària (m)
Barreta de l'Arbre	27/06/2023	17- 21
Mig	27/06/2023	15-23
El Vell	30/06/2023	17-26

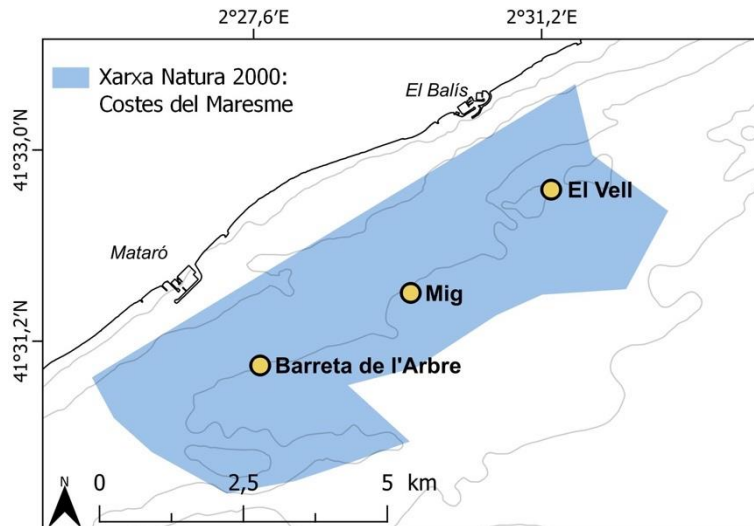


Figura 36. Mapa de les zones on s'han realitzat els transectes de paisatge de la ZEC de les Costes del Maresme.

Metodologia de mostreig

La metodologia utilitzada per dur a terme l'estudi del paisatge va consistir en fer els recorreguts amb propulsors mecànics al llarg de transectes batimètrics perpendiculars a la costa. Al llarg dels recorreguts es va anotar la distribució dels hàbitats principals i les espècies més característiques, així com possibles signes d'impactes, com pot ser el grau de mortalitat dels organismes bentònics de substrat rocós o presència d'espècies introduïdes. Pel que fa a les fanerògames, també es va anotar la presència de feixos arrancats, i altres aspectes relacionats amb la macroestructura (continuitat de la praderia, presència i mida de clapes de sorra), i el tipus de substrat. A més, es va obtenir un registre fotogràfic com a referència o per possibles anàlisis futures.

Resultats

Barreta de l'Arbre

L'inici d'aquest transecte se situa a 1,7 km del port de Mataró, a una profunditat de 17 m, i recorre una distància aproximada de 400 m seguint un rumb de 330-340°. El punt inicial es troba sobre l'aflorament rocós conegut com la Barreta de l'Arbre (Figura 37b), on habiten comunitats algals com dictiotals i *Padina pavonica*, i de manera molt abundant, l'alga filamentosa *Acinetospora crinita*. També s'observen comunitats esciòfiles amb les espècies *Halimeda tuna* i *Peysonellia sp.*, típiques de zones poc il·luminades. Deixant enrere la Barreta de l'Arbre, i després de passar per una extensió de sediment sorrenc d'uns 15 m d'amplada, s'arriba a una praderia de *P. oceanica*, a gairebé 20 m de profunditat, amb un marge poc definit i caracteritzat per taques disperses de planta de diferent mida. La praderia té una estructura contínua amb clapes de sorra mitjanes (1-5 m de diàmetre) i grans (> 5 m de diàmetre), típica de les praderies profundes (Figura 37a). La praderia esdevé més esclarissada a mesura que ens acostem a un límit, també poc definida i a taques, a 20 m de profunditat. En aquesta zona observem mata morta al voltant d'algunes taques de posidònia, així com l'acumulació de fullaraca entre les taques. El transecte finalitza en una gran extensió de sorra a 21 m de profunditat.



Mig

L'inici d'aquest transecte se situa a 2,6 km de la costa, a gairebé 23 m de profunditat, i cobreix una distància d'uns 700 m seguint un rumb de 350-360°. En el punt inicial es troba en una praderia de posidònia contínua amb clapetes de sorra mitjanes (1-5 m de diàmetre) i grans (> 5 m de diàmetre), típica de les praderies profundes. A mesura que avança el recorregut, apareixen diversos afloraments rocosos (Figura 37c) a diferents profunditats, que alberguen comunitats de precoral·ligen amb espècies com les gorgònies *Eunicella singularis*, *Leptogorgia sarmentosa*, i el corall *Cladocora caespitosa*, o el briozou *Pentapora fascialis*. La presència de l'alga invasora *A. crinita* també és notable, cobrint en alguns casos les comunitats estructurants del precoral·ligen (Figura 37d). Els afloraments rocosos emergeixen enmig de la praderia de posidònia, que alterna zones amb una cobertura elevada i zones més esclarissades. S'ha observat també la presència de taques de posidònia que creixen sobre el substrat rocós. A més, s'ha detectat una zona erosionada que forma un petit esglaó d'aproximadament mig metre d'alçada en un dels marges de la praderia. En el tram final del recorregut, en una zona dominada per sorra amb taques de posidònia, es localitza una estructura de cordes disposats en línia amb feixos de posidònia enganxats, i separats a una distància d'un metre entre ells, que semblaria un experiment de replantació. El transecte finalitza a 15 m de profunditat. Cal destacar que s'ha observat un exemplar viu de *Pinna rudis* al costat d'un aflorament rocós a una profunditat de 21 m. Pel que fa a deixalles, l'única que s'ha observat ha estat un fil de pescar enredat entre les comunitats de roca.

El Vell

L'inici d'aquest transecte se situa a 2,6 km de la costa, a 23,5 m de profunditat, i recorre una distància aproximada de 400 m seguint un rumb de 330-340°. El recorregut comença en el límit profund d'una praderia de posidònia. El límit és poc definit i està caracteritzat per taques disperses de planta de diferent mida i sobre una gran extensió de mata morta. La mata presenta, en alguna zona, un esglaó de mig metre (Figura 37e). Més enllà d'aquest límit, s'estén un substrat de sorres gruixudes, cascals i pedres, on s'observa una gorgònia blanca, *Eunicella singularis*, morta i recoberta de l'alga *A. crinita*. Seguint la direcció del recorregut, en pocs metres s'arriba a un aflorament rocós (Figura 37f). Al llarg del recorregut, tal com s'ha observat en transectes anteriors, es van alternant zones de praderia de posidònia amb diverses barres de roca a diferent profunditat, i amb grans extensions de sorra. La primera barra té una amplada d'uns 30-40 m i una alçada que arriba a 17,2 m de profunditat. Presenta comunitats típiques del precoral·ligen com les gorgònies *Eunicella singularis* i *Leptogorgia sarmentosa*. La segona barra apareix després d'haver creuat una extensió de sorra i una altra de posidònia, les dues d'uns 10 m d'amplada. Les dimensions d'aquesta barra són semblants a la primera. També trobem molta presència de l'alga *A. crinita*. La tercera barra de roca, es troba després d'una gran extensió de praderia de posidònia amb clapetes mitjanes (1-5 m de diàmetre) i grans (> 5 m de diàmetre), a una profunditat de 23 m. Seguint el rumb i després de passar la tercera barra, a una profunditat de 23,2 m, comença una gran extensió de sorra que, a mesura que avança el recorregut, va augmentant gradualment de profunditat fins a 26 m, on finalitza el recorregut. Al llarg del recorregut s'ha trobat alguna deixalla, com ara les restes d'un filferro sobre una de les barres de roca, i una estructura allargada molt epifitada que sobresurt del sediment sorrenc a una altura de 60 cm.



Figura 37. Imatges del recorreguts de paisatge de la ZEC de les Costes del Maresme. a-b) praderia profunda de posidònia (a) i aflorament rocós (b) del transecte de Barreta de l'Arbre, c-d) aflorament rocós enmig d'una praderia de posidònia (c), *Leptogorgia sarmentosa* recoberta d'*Acinetospora crinita* (d) del transecte Mig , i e-f) marge erosionat amb taques de posidònia (e), aflorament rocós (f) del transecte El Vell.



Discussió

L'objectiu final d'aquest estudi és obtenir informació a una escala espacial més gran (centenars de metres), sobre la distribució espacial dels diferents hàbitats de la ZEC de les Costes del Maresme, d'aquesta manera, poder complementar la informació obtinguda d'altres descriptors (vegeu altres capítols d'aquest informe).

Els resultats obtinguts mostren que una combinació de tres hàbitats principals, sorres fines i gruixudes, praderies de fanerògames i fons infralitorals rocosos. Aquests hàbitats es van intercalant formant un paisatge submarí on els afloraments rocosos de naturalesa calcària es troben disposats de manera paral·lela a la costa i sobresurten del fons arenós cobert o no per fanerògames marines. A nivell ecològic aquest tipus de paisatge esdevé molt important per diverses raons. Per una banda, la presència de fons rocosos proporcionen una alta disponibilitat d'aliments i refugi per als peixos i altres organismes, gràcies a la seva alta complexitat topogràfica (Roberts i Ormond, 1987), així com a la presència de les comunitats algals que hi habiten. En l'aflorament rocós observat al llarg del recorregut del paisatge, per exemple, trobem una gran diversitat de peixos i de comunitats bentòniques. La disponibilitat de recursos i refugi també és un aspecte conegut en les praderies de fanerògames marines (Yeager *et al.*, 2011), a més d'altres serveis ecosistèmics com la protecció de la costa o el paper com a embornals de carboni (Kennedy *et al.*, 2022). Per altra banda, aquest paisatge pot tenir una influència en el moviment d'organismes (entitats mòbils actives) i de la matèria (entitats mòbils passives) entre els hàbitats, i per tant en les seves interaccions i connectivitat. Per exemple, s'ha vist que l'abundància d'algunes espècies de serrànids es veu afavorida per la riquesa d'hàbitats (Ricart *et al.*, 2019).

Pel que fa a les praderies de *P. oceanica* profundes, cal destacar la seva bona aparença, presentant una estructura típica de les zones profundes, amb la presència de clapes de sorra mitjanes i grans enmig de la praderia. Aquesta estructura va canviant a mesura que la profunditat augmenta, disminuint la cobertura vegetal i incrementant el nombre de clapes i la seva mida. Les fanerògames marines estan fortament limitades per la llum (Ralph *et al.*, 2007, Mayol *et al.*, 2022) i el canvi de la seva estructura és un fenomen normal. 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 del Montgrí, Illes Medes i el 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). Tot i la bona aparença general de les praderies explorades, cal fer menció al límit profund de la praderia observada a l'inici del transecte El Vell. Es tracta d'un límit amb morfologia 'a taques' sobre abundant mata morta que, en algunes ocasions, s'estén més enllà de les últimes taques de planta i finalitza amb un esglaó que limita amb un substrat de sorres gruixudes, cascals i pedres. Es tracta doncs d'un marge regressiu que indica que hi ha hagut una regressió, segurament històrica.

Finalment, cal destacar la presència generalitzada de l'alga invasora *A. crinita*, sobretot cobrint les comunitats que habiten els afloraments rocosos. Aquesta espècie, com altres espècies de creixement ràpid relacionades amb blooms algals, poden danyar greument els organismes bentònics reduint la penetració de la llum (Lorenti *et al.*, 2005) i provocant hipòxia bentònica a causa de la degradació de grans quantitats de material orgànic (Cornello *et al.*, 2005). Es considera que les gorgònies són un dels grups més vulnerable a aquesta pertorbació, ja que les seves

branques poden atrapar els filaments algals i proporcionar un suport adequat per al seu creixement (Giuliani *et al.*, 1995). Aquest impacte s'ha vist reflectit en la mortalitat parcial o total d'algunes gorgònies cobertes d'*A. crinita* observada al llarg dels recorreguts realitzats. Ara bé, a banda del dany que pot causar *A. crinita*, la mortalitat d'aquestes comunitats també pot ser més antiga, o sigui, que la mort de teixit viu s'ha produït temps enrere, de tal manera que les parts mortes queden cobertes per organismes epibionts, com *A. crinita*, que creixen sobre l'esquelet.

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 presenta alguna limitació relacionada amb les dimensions de la ZEC. En presentar grans dimensions i un perfil amb poc desnivell, fa que, mitjançant la metodologia emprada (transectes amb busseig autònom), s'hagin de recórrer grans distàncies per obtenir variacions en la profunditat i no s'arribi a descriure bé la variabilitat i distribució d'hàbitats.

Conclusions

En aquesta ZEC predominen principalment tres hàbitats: sorres fines i gruixudes, praderies de *P. oceanica* i fons infralitorals rocosos. Aquesta combinació d'hàbitats proporciona un paisatge submarí divers.

Les praderies profundes de *P. oceanica* presenten un aspecte saludable amb una morfologia típica de les praderies profundes.

S'ha observat un marge regressiu de la praderia de posidònia explorada, probablement d'una regressió històrica.

S'ha detectat la presència generalitzada de l'alga filamentosa *Acinetospora crinita*, cobrint les comunitats bentòniques dels afloraments rocosos.

En algunes ocasions s'ha observat mortalitat total i parcial en gorgònies recobertes de l'alga *A. crinita*, tant en afloraments rocosos com en substrat de cascals i pedres.



Prospeccions

- S'ha realitzat una prospecció a una de les praderies de posidònia més afectades pel temporal Glòria.
- L'impacte sobre la praderia, després de tres anys del temporal, encara és molt evident.
- El mecanisme principal de l'afectació és el descalçament dels feixos, resultat de la mobilització del sediment per la intensitat de l'onatge.

- S'ha observat abundant mata morta, zones erosionades i abundants feixos arrencats.
- Les zones explorades més somes (12 m) són les més afectades, mentre que les profundes (16-20 m) no han sofert tant dany o fins i tot no se n'ha apreciat.

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. Les espècies i els hàbitats responen de forma diferent a les pertorbacions, 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'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 (Sanmartí *et al.*, 2023; 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. A més, cal esmentar 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.

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 (Sanmartí *et al.*, 2023) i avaluar possibles impactes tant naturals com antropogènics.

En la ZEC de les Costes del Maresme, diverses estacions han estat monitoritzades històricament per diferents programes de seguiment (Renom i Romero, 1996; Romero *et al.*, 2011; Submon, 2013; Muñoz-Ramos i Seglar, 2022) i compta amb la segona sèrie de dades més llarga de tota la costa catalana, després de la de les illes Medes. Aquestes sèries de dades, permet fer un seguiment de l'evolució de l'estat de les praderies i de l'efecte de diferents impactes als quals han estat sotmeses. Un cas notori és el del temporal Glòria, que l'any 2020 va impactar durant 5 dies el litoral català, sent l'alguer de Mataró uns dels més afectats (Alcoverro *et al.*, 2020; Marco-Méndez *et al.*, 2023).

L'objectiu d'aquest treball és explorar una de les zones més impactades de l'alguer de Mataró, i recopilar informació a nivell qualitatiu del seu estat actual, i complementar els estudis que ja s'hi estan duent a terme per diferents equips (Muñoz-Ramos i Seglar, 2022).

Material i mètodes

Estacions de mostreig

S'ha realitzat una prospecció a la ZEC de les Costes del Maresme. La zona seleccionada, una de les més impactades pel temporal Glòria, presenta un interès que va més enllà de les zones mostrejades en praderies de posidònia (vegeu capítols 'Fanerògames i nacres' i 'Paisatge' d'aquest informe). Aquesta prospecció, a més d'incrementar la informació de l'estat actual de la praderia, també pot ser valuosa per fer un seguiment la seva evolució.

La prospecció s'ha dut a terme amb un equip de dos bussejadors i un barquer en un dia de campanya, concretament el 3 de juliol (Taula 1, Figura 1).

Taula 1. Estació de mostreig de la prospecció del fons marí a la ZEC de les Costes del Maresme.

ZEC	Estació	Data	Fondària (m)
Costes del Maresme	Glòria	03/07/2023	12-14

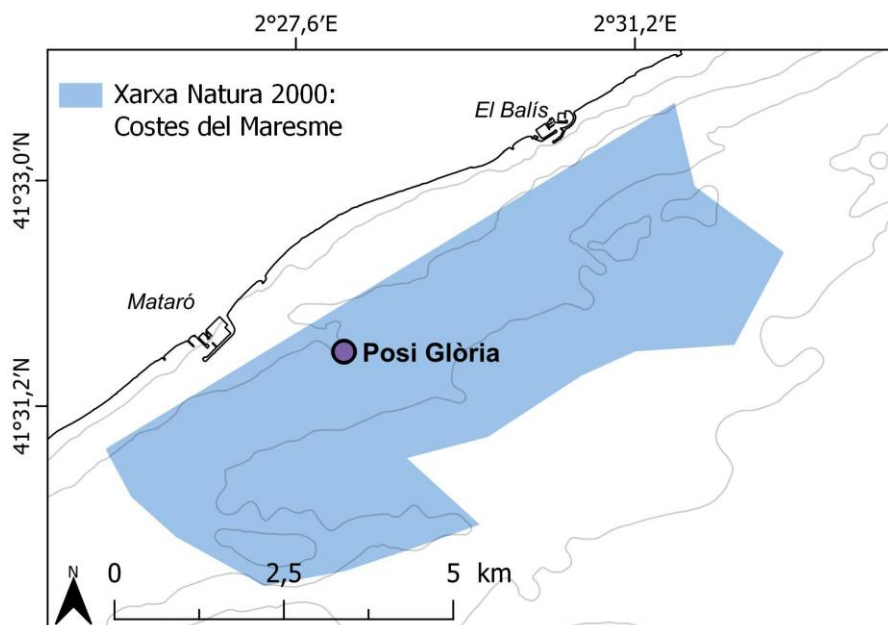


Figura 1. Mapa de l'estació de la prospecció a la ZEC de les Costes del Maresme.

Metodologia de mostreig

La metodologia utilitzada per dur a terme la prospecció va consistir en fer un recorregut amb propulsors mecànics des d'un punt inicial a 12 m de profunditat, fins a cobrir part de l'àrea afectada pel temporal. Durant el recorregut, es van anotar diferents aspectes especialment relacionats amb signes de l'impacte del temporal Glòria, com ara feixos arrancats, mata morta o descalçament dels feixos. Finalment, es va obtenir un registre fotogràfic i de vídeo de tot el recorregut.

Resultats

El recorregut es va iniciar a 12 m de profunditat i va cobrir una àrea aproximada de 65.000 m², entre 12 i 14 m. De tota la zona explorada, la que presentava més afectació pel temporal Glòria va ser la més soma (12 m), que corresponia al límit de la praderia. L'impacte sobre la praderia de posidònia, després de tres anys del temporal, encara és molt evident. Es constata amb la presència d'abundant mata morta, així com de feixos arrencats. A més, es poden observar àrees molt erosionades amb taques de posidònia de mida variable, moltes de les quals inferiors a 1 m², sobre una elevació de mata (Figura 2a, b, c, d). Malgrat que aquesta zona, de manera natural, està formada per abundants taques de posidònia, el descalçament i conseqüent disminució de mida, o fins i tot arrencament complet d'aquestes, deixa un paisatge molt més fragmentat i desolador. A més de l'evident descalçament, també cal destacar que s'han observat algunes zones on hi ha enterrament moderat dels feixos.

En allunyar-se del límit i guanyar profunditat, els signes de l'impacte del temporal disminueixen i la praderia esdevé més contínua amb clapetes petites (<1 m de diàmetre) i mitjanes (1-5 m de diàmetre), de sorra i mata, i fins i tot alguna gran (<5 m de diàmetre) a uns 14 m (Figura 2e, f). Els marges de les clapetes més grans, com s'observa en el límit superior, es troben descalçats, tot i que amb menor intensitat. En aquesta zona apareixen nombrosos afloraments rocosos enmig de la praderia (Figura 2g) amb comunitats fotòfiles constituïdes per algues brunes com dictiotals, *Padina pavonica* i *Halopteris scoparia*, i algues verdes com *Codium bursa* i *Flabellia petiolata*, aquesta última més d'ambients esciòfils. També s'observen organismes filtradors com esponges i gorgònies com *Leptogorgia sarmentosa* (Figura 2g).

Finalment, cal destacar que al llarg del recorregut, s'ha trobat algunes deixalles, com un petit fragment de plàstic, una tapa de llauna i un cap amb un petit mort de formigó cilíndric (Figura 2h).

Discussió

La prospecció d'una de les zones més afectades pel temporal Glòria, ens ha proporcionat un millor coneixement del seu estat després de tres anys del temporal, i de l'abast del seu impacte.

En aquesta praderia, es fa evident que l'efecte principal sobre la posidònia va ser a través del mecanisme de descalçament dels feixos, resultat de la mobilització del sediment per la intensitat de l'onatge del temporal que va superar rècords històrics (Alfonso *et al.*, 2021). El nivell de descalçament va ser variable, tot i que va ser més elevat al límit de la praderia, la zona més soma (12 m) i als marges de clapetes grans de sorra. Aquestes són zones de transició entre la planta i la sorra on l'exposició de la planta és major i, per tant, és més vulnerable. Cal considerar que el descalçament no és letal per a la planta, sinó que el que fa és exposar els seus rizomes a l'acció de l'onatge. Això significa que la planta esdevé més vulnerable davant la força de l'onatge (no necessàriament extrema) i, per tant, els efectes finals de la mortalitat poden manifestar-se a llarg termini, probablement transcorreguts uns mesos després de l'impacte.

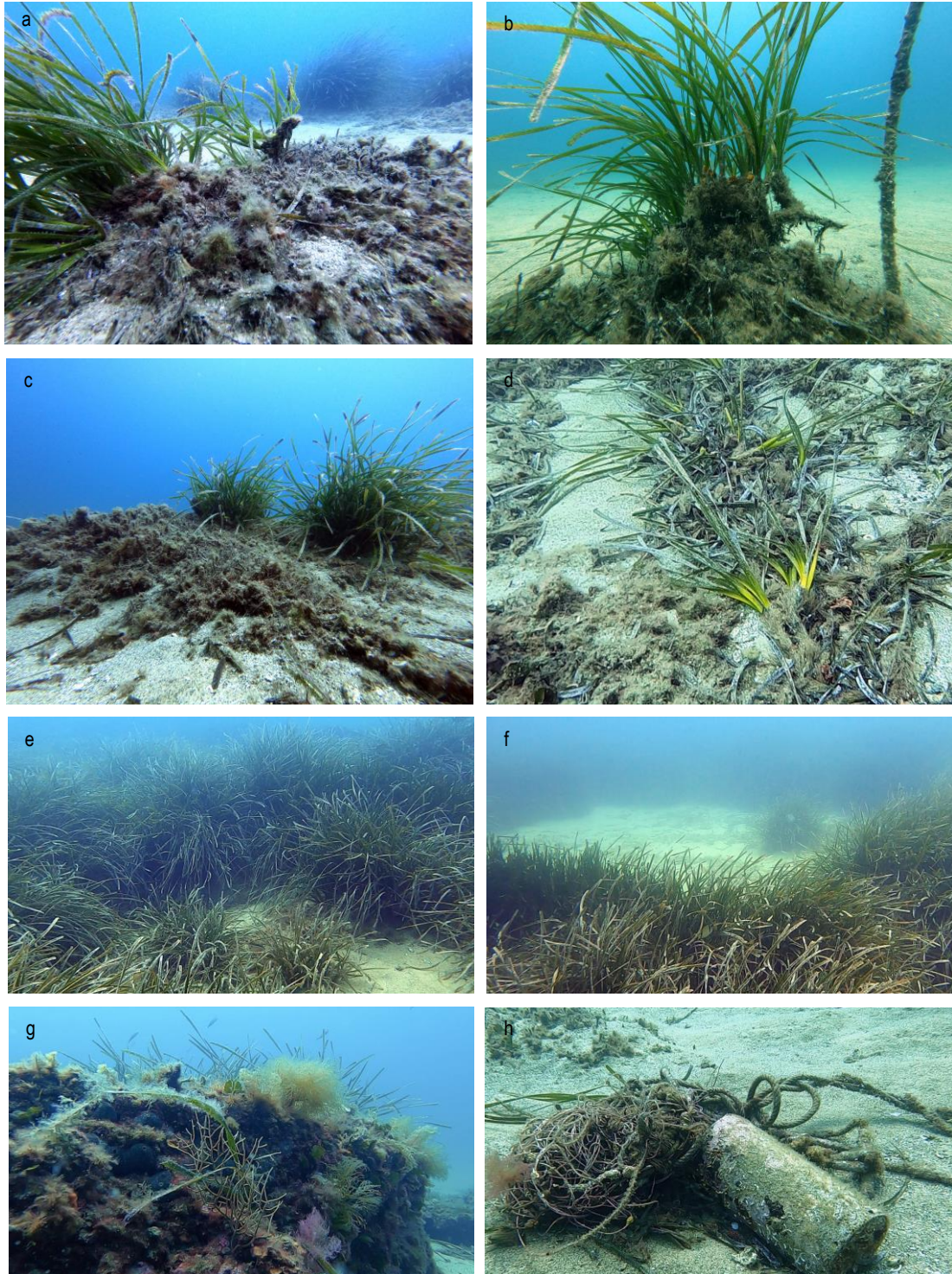


Figura 3. Imatges de la prospecció realitzada a la zona de la praderia de *Posidonia oceanica* més afectada pel temporal Gloria. a-c) zones de posidònia descalçada, d) feixos arrancats, e-f) praderia més profunda amb clapes petites i grans de sorra i mata, g) aflorament rocós i h) cap amb bloc de formigó cilíndric.

A banda del nivell de descalçament, la pèrdua de biomassa per arrencament dels feixos també es fa evident en la gran superfície de mata morta observada, encara amb les restes dels rizomes i arrels al descobert. S'ha calculat que, fins al 2020, el retrocés acumulat dels marges la praderia era d'aproximadament un metre i mig, i amb el Glòria, es van perdre gairebé dos metres de cop

(Muñoz-Ramos i Seglar, 2022; Marco-Méndez *et al.*, 2023). A més, l'impacte també es va veure reflectit en la variació de la cobertura que, després del Glòria, va baixar a valors crítics del 10% en algunes zones.

Un altre mecanisme d'afectació a les praderies per esdeveniments extrems, com el temporal Glòria, és l'enterrament dels feixos. Malgrat que no és el principal mecanisme que ha actuat en les praderies de Mataró, sí que s'ha observat en algunes zones explorades al llarg de la prospecció, sobretot en taques de posidònia d'1 m² i al final del recorregut en direcció nord-est. Això indica que el moviment de sediment pot ser variable en una mateixa àrea. No tenim indicis que aquest enterrament, tot i ser moderat, sigui resultat del temporal Glòria o d'altres esdeveniments posteriors menys servers, en tot cas, no sembla afectar la continuïtat de les taques. L'enterrament té uns llinars d'afectació clars que són específics de cada espècie, i posidònia presenta un llinar de supervivència entre 4 i 5 cm de sediment per sobre la base del meristema dels feixos (Gera *et al.*, 2014).

Malgrat que la intensa afectació del temporal Glòria sobre l'alguer de Mataró encara està present tres anys més tard, cal tenir en compte la seva variabilitat pel que fa a la profunditat. Les zones més somes (12 m) són les més afectades, mentre que les més profundes, entre 18 i 20 m, no han sofert tant dany o fins i tot no se n'ha apreciat (Muñoz-Ramos i Seglar, 2022). Aquest resultat és recolzat pels resultats trobats en l'estudi realitzat pel nostre equip en tres estacions distribuïdes al llarg de l'alguer (vegeu capítol 'Fanerògames i nacres' d'aquest informe) i que, tant els resultats qualitius (observacions macroscòpiques de l'estructura de la praderia), com quantitius (mesures de densitat, cobertura i enterrament), confirmen un estat satisfactori de les praderies i l'absència de símptomes de degradació i d'impactes hidrodinàmics.

Finalment, cal tenir present que *P. oceanica* és una espècie amb alta capacitat per resistir canvis de sedimentacions progressius. Aquesta capacitat és gràcies a, d'una banda, a la naturalesa resistent dels seus rizomes (amb elevat contingut de cel·lulosa, lignina i tanins), i de l'altra banda, el creixement vertical dels seus rizomes (Pergent *et al.*, 1989; Gacia i Duarte, 2001). Per contra, és incapaç de suportar sedimentacions superiors a les habituals, i encara menys de recuperar-se si es mantenen els intervals de temps dels temporals d'alta intensitat, com el dels últims anys. En aquest sentit, en les últimes dècades, dos esdeveniments extrems han colpejat la costa catalana, i en particular la costa del Maresme, el temporal de Sant Esteve, el 2008 i el temporal Glòria, el 2020, sent aquest segon de durada i abast més grans. En les sèries temporals de dades de les estacions de seguiment de l'alguer de Mataró, s'observa clarament l'impacte d'aquests esdeveniments sobretot pel que fa al retrocés dels marges, així com en la cobertura i el balanç sedimentari (Muñoz-Ramos i Seglar, 2022; Marco-Méndez *et al.*, 2023). Aquest és un clar exemple de la importància de les xarxes de seguiment per detectar els canvis que poden patir les comunitats bentòniques, no només per causes relacionades amb esdeveniments extrems naturals, sinó també amb l'activitat humana.

Així doncs, serà imprescindible mantenir el funcionament de les diferents xarxes de vigilància en general, i en concret la de l'alguer de Mataró, sobretot en l'escenari actual de canvi climàtic que, segons els models climàtics, hi ha indicis que la freqüència dels temporals pot anar a més (Romero i Emanuel, 2013; González-Alemán *et al.*, 2019). Això planteja un risc per a la persistència de les praderies de *P. oceanica*, no només per un impacte directe i la consegüent disminució de la seva



àrea de distribució, sinó també per la manca de temps de recuperació entre els esdeveniments extrems.

Conclusions

La prospecció d'una de les zones més afectades pel temporal Glòria mostra que l'impacte sobre la praderia de posidònia, després de tres anys del temporal, encara és evident.

El mecanisme principal de l'afectació és el descalçament dels feixos, resultat de la mobilització del sediment per la intensitat de l'onatge.

S'ha observat abundant mata morta, zones erosionades i abundants feixos arrencats.

També s'ha observat algunes zones amb enterrament moderat dels feixos.

Les zones visitades més somes són les més afectades (12 m), mentre que les profundes (16-20) no han sofert tant dany o fins i tot no se n'ha apreciat.

Diagnosi general de la ZEC de les Costes del Maresme

Estat actual de les principals espècies i hàbitats en la ZEC

La ZEC de les Costes del Maresme presenta un paisatge submarí ric i divers, amb una elevada heterogeneïtat on es combinen zones de roca, praderies de fanerògames i fons sorrencs. El principal hàbitat a destacar és l'extens alguer de *Posidonia oceanica*, un dels hàbitats prioritari de la Xarxa Natura 2000 (concretament l'hàbitat 1120). L'alguer del Maresme és un dels més grans de Catalunya i que ha sigut objecte de diversos estudis i seguiments des de fa temps. En aquest estudi hem mostregat tres praderies, les quals es troben en un estat de conservació satisfactori segons els paràmetres estudiats, tot i una lleugera tendència a la baixa en la densitat de feixos des del 2003. Les praderies profundes observades en el marc de l'indicador "Paisatge" presenten un estat saludable. Tot i que en la majoria de praderies mostrejades no s'han observat efectes del temporal Glòria, s'ha mostregat una praderia que va patir una afectació important en el marc de l'indicador "Prospeccions". A més d'aquesta, es coneixen altres punts de la ZEC on les praderies han estat afectades per aquest temporal, i que es troben en un estat de conservació més desfavorable. Per tant, les praderies de *P. oceanica* en aquesta ZEC es troben en general en un bon estat, però algunes d'elles es troben molt impactades i per tant és fonamental continuar la vigilància i gestió d'aquest hàbitat.

Aquesta ZEC també compta amb una sèrie de barres rocoses infralitorals importants, constituint també un dels hàbitats prioritari de la Xarxa Natura 2000 (concretament l'hàbitat 1170). Pel que fa als peixos de comunitat, s'ha observat una elevada diversitat d'espècies, però una baixa densitat d'espècies vulnerables a la pesca, indicant una elevada pressió de pesca en aquesta ZEC. Les comunitats algals d'aquestes barres rocoses estan dominades per espècies fotòfiles típiques de zones amb un cert grau de sedimentació. Les poblacions de garotes presenten densitats relativament baixes, i no s'han observat indicis de sobreherbivorisme que impliquin formacions de blancalls. L'elevada presència de l'alga invasora *Caulerpa cylindracea* i l'alga filamentosa *Acinetospora crinita*, així com la manca d'espècies algals indicadores de molt bon estat ecològic, indiquen que aquest hàbitat es troba en un estat de conservació moderat en aquesta ZEC.

Les barres de precoral·ligen mostrejades en aquesta ZEC mostren un estat de conservació moderat, en algun cas molt prop de la categoria pobre, i s'ha observat una densitat molt reduïda de gorgònies dominades en general per talles petites, algunes amb mortalitats importants.

Recomanacions pel futur seguiment i gestió

Aquesta ZEC presenta un mosaic divers d'hàbitats i una confluència d'activitats humanes que poden exercir diferents graus de pressió sobre aquests, així com una especial vulnerabilitat als temporals excepcionals com el Glòria. Tot i que hi ha bastanta informació sobre les praderies de *Posidonia oceanica*, manquen dades històriques per la majoria dels indicadors realitzats en aquest



estudi. Per tant, es recomana continuar el seguiment de les espècies i hàbitats en aquesta ZEC per a poder dur a terme una adequada gestió i conservació del patrimoni natural.

Respecte l'indicador Fanerògames i Nacres, es recomana continuar amb el seguiment de les tres estacions mostrejades amb els paràmetres utilitzats per l'aproximació quantitativa, i també amb l'aproximació qualitativa per observar patrons més macroscòpics de les praderies, tenint en compte que s'haurà de fer aquest mostreig sempre en el mateix moment de l'any.

Es recomana afegir una estació de l'indicador Algues i Garotes a La Matella, on també es fa el mostreig de peixos, per tal de tenir una visió més completa de les comunitats infralitorals rocoses (peixos, poblacions de garotes i comunitats algals) en totes les estacions.

Com a possibles prospeccions del fons marí en aquesta ZEC, es recomana la caracterització de les comunitats rocoses en altres punts de la ZEC, concretament les més fondes per poder descriure de forma més global l'estat de conservació del coral·ligen i les comunitats algals més profundes.

Com s'ha esmentat, aquesta ZEC compta amb una diversitat considerable d'hàbitats i inclou hàbitats amb elevat valor socioecològic com són les praderies de *P. oceanica*, el coral·ligen i comunitats infralitorals rocoses. També conflueixen una sèrie de pressions antròpiques locals com ara l'eutrofització, la pesca, l'alteració de fluxos sedimentaris degut a les regeneracions de platges, les espècies invasores, i la freqüentació humana. Aquesta ZEC és sensible també als efectes del canvi global, com ara la intensificació dels temporals i l'escalfament de l'aigua. En els mostrejos realitzats enguany, hem pogut observar els efectes d'algunes d'aquestes pressions, com ara la fragmentació i descalçament de les praderies de *P. oceanica*, la presència de les algues invasores com *C. cylindracea*, la mortalitat de les gorgònies, la presència d'algues filamentosos com *A. crinita* i una abundància molt baixa d'espècies de peixos vulnerables a la pesca.

En base a aquestes dades i en el context de canvi global actual, es recomana prendre mesures per reduir les pressions que actuen a nivell local, per poder recuperar i mantenir el bon estat ambiental i ecològic dels hàbitats marins d'aquesta ZEC.

Bibliografia general de la Zona d'Especial Conservació de les Costes del Maresme

- Agnetta, D., Badalamenti, F., Ceccherelli, G., Di Trapani, F., Bonaviri, C., Gianguzza, P. (2015). Role of two co-occurring Mediterranean sea urchins in the formation of barren from *Cystoseira* canopy. *Estuarine, coastal and shelf science*, 152, 73-77.
- 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., 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. <https://digital.csic.es/handle/10261/226307>
- Ballesteros, E. (1993). Species composition and structure of a photophilic algal community dominated by *Halopteris scoparia* (L.) Sauvage from the North-Western Mediterranean. *Collectanea Botanica*, 22, 5-24.
- Ballesteros, E. (2006). Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 44, 123-195.
- Ballesteros, E., Mariani, S., Cefali, M. E., Terradas, M., Chappuis, E. (2014). Manual dels hàbitats litorals de Catalunya. *Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat*.
- Bavestrello, G., Cerrano, C., Zanzi, D., i Cattaneo-Viatti, R. (1997). Damage by fishing activities to the Gorgonian coral *Paramuricea clavata* in the Ligurian Sea. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 7(3), 253-262.
- Betti, F., Bavestrello, G., Bo, M., Ravanetti, G., Enrichetti, F., Coppari, M., i Cattaneo-Viatti, R. (2020). Evidences of fishing impact on the coastal gorgonian forests inside the Portofino MPA (NW Mediterranean Sea). *Ocean & Coastal Management*, 187, 105105.
- Bonaviri, C., Vega Fernández, T., Fanelli, G., Badalamenti, F., Gianguzza, P. (2011). Leading role of the sea urchin *Arbacia lixula* in maintaining the barren state in southwestern Mediterranean. *Marine Biology*, 158, 2505-2513.
- Boström, C., Pittman, S. J., Simenstad, C., Kneib, R. T. (2011). Seascape ecology of coastal biogenic habitats: advances, gaps, and challenges. *Marine ecology progress series*, 427, 191-217.
- 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.
- Bulleri, F., Balata, D., Bertocci, I., Tamburello, L., Benedetti-Cecchi, L. (2010). The seaweed *Caulerpa racemosa* on Mediterranean rocky reefs: from passenger to driver of ecological change. *Ecology*, 91(8), 2205-2212.



- 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 <https://doi.org/10.1016/J.ECSS.2008.04.021>.
- Casas, E., Teixidó, N., Garrabou, J., Cebrian, E. (2015). Structure and biodiversity of coralligenous assemblages over broad spatial and temporal scales. *Marine Biology*, 162, 901–912.
- Ceccherelli, G., Piazzzi, L., Cinelli, F. (2000). Response of the non-indigenous *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh to the native seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile: effect of density of shoots and orientation of edges of meadows. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 243(2), 227-240.
- Cerrano, C., Bavestrello, G., Bianchi, C. N., Bava, S., Morganti, C., Morri, C., Picco, P., Sara, G., Schiaparelli, S., Siccardi, A., Sponga, F. (2000). A catastrophic mass-mortality episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian Sea (North-western Mediterranean), summer 1999. *Ecology Letters*, 3(4), 284-293.
- Cheminée, A., Sala, E., Pastor, J., Bodilis, P., Thiriet, P., Mangialajo, L., ...Francour, P. (2013). Nursery value of *Cystoseira* forests for Mediterranean rocky reef fishes. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 442, 70-79.
- Coma, R., Ribes, M., Zabala, M., Gili, J. M. (1995a). Reproduction and cycle of gonadal development in the Mediterranean gorgonian *Paramuricea clavata*. *Marine Ecology Progress Series*, 117, 173-183.
- Coma, R., Ribes, M., Zabala, M., i Gili, J. M. (1998). Growth in a modular colonial marine invertebrate. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 47(4), 459-470.
- Coma, R., Zabala, M., Gili, J. M. (1995b). Sexual reproductive effort in the Mediterranean gorgonian *Paramuricea clavata*. *Marine Ecology Progress Series*, 117(1), 185-192.
- Cornello, M., Boscolo, R., Giovanardi, O. (2005). Do mucous aggregates affect macro-zoobenthic community and mussel culture? A study in a coastal area of the Northwestern Adriatic Sea. *Sci. Total Environ*, 353, 329-339.
- 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. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2>.
- de Alfonso, M., Lin-Ye, J., García-Valdecasas, J.M., Pérez- Rubio, S., Luna, M.Y., Santos-Muñoz, D., Ruiz, M.I., Pérez-Gómez, B., Álvarez-Fanjul, E. (2021). Storm Gloria: Sea State Evolution Based on in situ Measurements and Modeled Data and Its Impact on Extreme Values. *Frontiers in Marine Science*, 8, 646873. <https://doi.org/10.3389/FMARS.2021.646873>
- 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., Montefalcone, M., Pergent, G., Ruiz, J.M., Cabaço, S., Cook, K., Wilkes, R.J.,

- Frithjof, E.M., Muñoz-Ramos, G., Seglar-Arañó, 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, 3356.
- den Hartog, C. (1970). *The Seagrasses of the World*. North Holland Publishing Company, Amsterdam London.
- Di Camillo, C., Ponti, M., Pulido Mantas, T., i Roveta, C. (2023). Review of the indexes to assess the ecological quality of coralligenous reefs: Towards a unified approach. *Frontiers in Marine Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1252969>
- ETC/BD, 2014. Article 17 Reporting –Assessments of conservation status at the EU biogeographical level–Public consultation. ETC/BD Technical paper3/2014, Paris.
- Felline, S., Caricato, R., Cutignano, A., Gorbi, S., Lionetto, M. G., Mollo, E., ...Terlizzi, A. (2012). Subtle effects of biological invasions: cellular and physiological responses of fish eating the exotic pest *Caulerpa racemosa*. *PLoS One*, 7(6), e38763.
- Figuerola, F. L., Flores-Moya, A., Vergara, J. J., Korbee, N., Hernández, I. (2014). Autochthonous seaweeds. *The Mediterranean Sea: its history and present challenges*, 123-135.
- Francour, P., Ganteaume, A., Poulain, M. (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.
- Gacia, E., Duarte, C. M. (2001). Sediment Retention by a Mediterranean *Posidonia oceanica* Meadow: The Balance between Deposition and Resuspension. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 52(4), 505–514. <https://doi.org/10.1006/ECSS.2000.0753>
- 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., Coma, R., Bensoussan, N., Bally, M., Chevaldonné, P., Cigliano, M., Cerrano, C. (2009). Mass mortality in Northwestern Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. *Global Change Biology*, 15(5), 1090-1103.
- Garrabou, J., Gómez-Gras, D., Medrano, A., Cerrano, C., Ponti, M., Schlegel, R., ... i Harmelin, J. G. (2022). Marine heatwaves drive recurrent mass mortalities in the Mediterranean Sea. *Global Change Biology*, 28(19), 5708-5725.
- Garrabou, J., Linares, C., López-Sanz, A., López-Sendino, P., Ledoux, J. B., Montero-Serra, I. (2017). *El coral·ligen, un hàbitat d'interès pesquer*. Direcció General de Pesca i Afers Marítims, Generalitat de Catalunya. 20 pp. Quedern divulgatiu 1.
- Generalitat de Catalunya, 2017. Impactes i vulnerabilitat natural a les Costes del Maresme. Generalitat de Catalunya. Departament Medi Ambient i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals.



https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/senp_catalunya/espais_sistema/barcelona/costes-del-maresme/impactes-i-vulnerabilitat-natural/

- 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.
- Gera, A., Pagès, J. F., Arthur, R., Farina, S., Roca, G., Romero, J., Alcoverro, T. (2014). The effect of a centenary storm on the long-lived seagrass *Posidonia oceanica*. *Limnology and Oceanography*, 59(6), 1910–1918. <https://doi.org/10.4319/lo.2014.59.6.1910>.
- Giakoumi, S., Cebrian, E., Kokkoris, G. D., Ballesteros, E., Sala, E. (2012). Relationships between fish, sea urchins and macroalgae: The structure of shallow rocky sublittoral communities in the Cyclades, Eastern Mediterranean. *Estuarine, coastal and shelf science*, 109, 1-10.
- Giuliani, S., Virno Lamberti, C., Sonni, C., Pellegrini, D. (2005). Mucilage impact on gorgonians in the Tyrrhenian Sea. *Sci Total Environ.*, 353, 340-349.
- Gómez-Gras D, Linares C, Dornelas M, Madin J.S, Brambilla V, Ledoux JB, López-Sendino P, Bensoussan N, Garrabou J (2021). Climate change transforms the functional identity of Mediterranean coralligenous assemblages. *Ecology Letters*, 24(5), 1038–1051.
- González-Alemán, J.J.; Pascale, S.; Gutiérrez-Fernández, J.; Murakami, H.; Gaertner, M. A., i Vecchi, G. A. (2019). Potential Increase in hazard from Mediterranean hurricane activity with global warming. *Geophysical Research Letters*, 46, 3, 1754-1764. DOI: 10.1029/2018GL081253
- Guidetti, P. (2004). Consumers of sea urchins, *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula*, in shallow Mediterranean rocky reefs. *Helgoland Marine Research*, 58(2), 110-116.
- Guidetti, P., Mori, M. (2005). Morpho-functional defences of Mediterranean sea urchins, *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula*, against fish predators. *Marine Biology*, 147, 797-802.
- 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.
- Halpern, B. S., Walbridge, S., Selkoe, K. A., Kappel, C. V., Micheli, F., D'Agrosa, C., ... i Watson, R. (2008). *A global map of human impact on marine ecosystems*. *Science*, 319(5865), 948-952.
- Hereu, B., Aspillaga, E., Capdevila, P., Linares, C., Medrano, A., Montero-Serra, I., Pagès, M., Rovira, G. (2017). Seguiment anual de Briozous, Gorgònia vermella i Coves a la Reserva Natural Parcial Marina de les Medes del Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter. Any 2017. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals.
- Kennedy, H., Pagès, J. F., Lagomasino, D., Arias-Ortiz, A., Colarusso, P., Fourqurean, J. W., ... i Duarte, C. M. (2022). Species traits and geomorphic setting as drivers of global soil carbon stocks in seagrass meadows. *Global Biogeochemical Cycles*, 36(10), e2022GB007481.

- Klein, J., Verlaque, M. (2008). The Caulerpa racemosa invasion: a critical review. *Marine pollution bulletin*, 56(2), 205-225.
- Levin, S. A., (1992). The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology*, 73, 1943–1967.
- Linares, C., Coma, R., Diaz, D., Zabala, M., Hereu, B., i Dantart, L. (2005). Immediate and delayed effects of a mass mortality event on gorgonian population dynamics and benthic community structure in the NW Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 305, 127-137.
- Linares, C., Coma, R., i Garrabou, J. (2012). El coral·ligen de les illes Medes: una comunitat fràgil amb un gran valor patrimonial.
- Linares, C., Coma, R., Garrabou, J., Díaz, D., & Zabala, M. (2008). Size distribution, density and disturbance in two Mediterranean gorgonians: *Paramuricea clavata* and *Eunicella singularis*. *Journal of Applied Ecology*, 45(2), 688-699.
- 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., 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., 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.
- Linares, C., Zabala, M., Garrabou, J., Coma, R., Díaz, D., Hereu, B., Dantart, L. (2010). Assessing the impact of diving in coralligenous communities: the usefulness of demographic studies of red gorgonian populations. *Scientific Reports Port-Cros National Park*, 24, 161-184.
- Ling, S. D., Scheibling, R. E., Rassweiler, A., Johnson, C. R., Shears, N., Connell, S. D., ... Johnson, L. E. (2015). Global regime shift dynamics of catastrophic sea urchin overgrazing. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1659), 20130269.
- 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.
- M. Lorenti, M.C., Buia, V., Di Martino, Modigh M.(2005). Occurrence of mucous aggregates and their impact on *Posidonia oceanica* beds. *Sci Total Environ*, 353, 369-379.
- Marco-Méndez, C., Pagès, F.J., Seglar, X., Muñoz-Ramos, G. (2023). Efectes dels temporals extrems als herbeis de *Posidonia oceanica* i a la consciència mediambiental col·lectiva. *L'Atzavara*, 33, 87-98. DOI: 10.2436/20.1502.atz33.087



- 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.
- Medrano, A., Hereu, B., Cleminson, M., Pagès-Escolà, M., Rovira, G. L., Sola, 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*, 28(3), 632-644.
- 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.
- 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., ... De Clerck, O. (2015). European seaweeds under pressure: Consequences for communities and ecosystem functioning. *Journal of sea research*, 98, 91-108.
- Mistri, M., Ceccherelli, V. U. (1996). Effects of a mucilage event on the Mediterranean gorgonian *Paramuricea clavata*. Short term impacts at the population and colony levels. *Italian Journal of Zoology*, 63, 221-230.
- Monserrat, M., Comeau, S., Verdura, J., Alliouane, S., Spennato, G., Priouzeau, F., ... Mangialajo, L. (2022). Climate change and species facilitation affect the recruitment of macroalgal marine forests. *Scientific Reports*, 12(1), 18103.
- Muñoz-Ramos, G., Seglar, X. (2022). Informe de l'alguer de Mataró. Escola del Mar. Ajuntament de Badalona.
- 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.
- Otero, M. D. M., Numa, C., Bo, M., Orejas, C., Garrabou, J., Cerrano, C., ... i Cattaneo-Vietti, R. (2017). *Overview of the conservation status of Mediterranean anthozoans*. International Union for Conservation of Nature and Natural and Natural Resources (IUCN).
- Paoli, C., Morten, A., Bianchi, C. N., Morri, C., Fabiano, M., i Vassallo, P. (2016). Capturing ecological complexity: OCI, a novel combination of ecological indices as applied to benthic marine habitats. *Ecological Indicators*, 66, 86-102. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.029>
- Pergent G., C.F. Boudouresque, A. Crouzet, A. Meinesz (1989). Cyclic changes along *Posidonia oceanica* rhizomes (Lepidochronology): Present state and perspectives. *Marine Ecology P.Z.N.I.*, 10, 3, 221-230

- Pergent G., Pergent-Martini C., Boudouresque, C.F. (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.
- Pinnegar, J. K. (2018). Why the damselfish *Chromis chromis* is a key species in the Mediterranean rocky littoral—a quantitative perspective. *Journal of Fish Biology*, 92(3), 851-872.
- 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.
- Privitera, D., Chiantore, M., Mangialajo, L., Glavic, N., Kozul, W., Cattaneo-Vietti, R. (2008). Inter- and intra-specific competition between *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula* in resource-limited barren areas. *Journal of Sea Research*, 60(3), 184-192.
- 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 i Romero, J. (1996). Xarxa de vigilància de la qualitat biològica dels herbassars de fanerògames marines: Experiència pilot i projecte prototipus. Informe de resultats. Exercici 1996. Direcció General de Pesca i Afers Marítims, Generalitat de Catalunya.
- Ricart, A. M., Sanmarti, N., Perez, M., Romero, J. (2018). Multilevel assessments reveal spatially scaled landscape patterns driving coastal fish assemblages. *Marine environmental research*, 140, 210-220.
- Roberts, C.M., Ormond, R.F.G. (1987) Habitat complexity and coral reef fish diversity and abundance on Red Sea fringing reefs. *Mar Ecol Prog Ser*, 41, 1–8.
- 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: Experiència pilot i projecte prototipus. Informe de resultats. Exercici 1996. Direcció General de Pesca i Afers Marítims, Generalitat de Catalunya
- 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., (2011). 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, R., Emanuel, K. (2013). Medicane risk in a changing climate. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 118, 12, 5992-6001. Doi: 10.1002/jgrd.50475



- Sala, E., Ballesteros, E., Dendrinis, P., Di Franco, A., Ferretti, F., Foley, D., ... 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., Ribes, M., Hereu, B., Zabala, M., Alvà, V., Coma, R., Garrabou, J. (1998). Temporal variability in abundance of the sea urchins *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula* in the northwestern Mediterranean: comparison between a marine reserve and an unprotected area. *Marine Ecology Progress Series*, 168, 135-145.
- Sanmartí, N., Romero J., Pérez M., Ortega, J., Casals, D., Rovira G. (2023). Seguiment de les praderies de posidònia i de les poblacions de nacres del Parc Natural de Cap de Creus i del 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. Pp 153-236
- Sartoretto, S., Schohn, T., Bianchi, C. N., Morri, C., Garrabou, J., Ballesteros, E., ... & Gatti, G. (2017). An integrated method to evaluate and monitor the conservation state of coralligenous habitats: The INDEX-COR approach. *Marine pollution bulletin*, 120(1-2), 222-231.
- Schneider, D.C. (2001). The Rise of the concept of scale in ecology. *Bioscience*, 51(7), 545-554
- Submon, Divulgació, estudi i conservació del medi marí (2013). Xarxa de vigilància de la qualitat dels herbassars de fanerògames marines: memòria 2013. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural
- Thibaut, T., Pinedo, S., Torras, X., Ballesteros, E. (2005). Long-term decline of the populations of Fucales (*Cystoseira* spp. and *Sargassum* spp.) in the Albères coast (France, North-western Mediterranean). *Marine pollution bulletin*, 50(12), 1472-1489.
- 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.
- UNEP-MAP-RAC, S. P. A. (2008). Action plan for the conservation of the coralligenous and other calcareous bio-concretions in the Mediterranean Sea. *UNEP MAP RAC-SPA publ., Tunis*.
- Verdura, J., Santamaría, J., Ballesteros, E., Smale, D. A., Cefali, M. E., Golo, R., ... Cebrian, E. (2021). Local-scale climatic refugia offer sanctuary for a habitat-forming species during a marine heatwave. *Journal of Ecology*, 109(4), 1758-1773.
- Wangensteen, O. S., Dupont, S., Casties, I., Turon, X., Palacín, C. (2013). Some like it hot: temperature and pH modulate larval development and settlement of the sea urchin *Arbacia lixula*. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 449, 304-311.
- Waycott, M., Duarte. C.M., Carruthers. T.J.B., Orth. R.J., Dennison. W.C., Olyarnik, S., ... i 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(30), 12377-12381.

- Wernberg, T., Bennett, S., Babcock, R. C., De Bettignies, T., Cure, K., Depczynski, M., ... Wilson, S. (2016). Climate-driven regime shift of a temperate marine ecosystem. *Science*, 353(6295), 169-172.
- Yeager, L.A., Layman, C.A., Algeier, J.E. (2011). Effects of habitat heterogeneity at multiple spatial scales on fish community assembly. *Oecologia*, 167, 157–68.
- 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 DEL GRAPISSAR DE MASIA BLANCA

Introducció general de la ZEC del Grapissar de Masia Blanca

Codi ZEC: ES5140020

Superfície marina de la regió: 440,58 ha

Superfície ZEC: 440,58 ha

El Grapissar de Masia Blanca és una zona situada entre Coma-Ruga i el Roc de Sant Gaietà (al municipi de Roda de Barà) (Figura 1). És un espai marítim poc profund, que arriba a un màxim d'uns 20 metres, aproximadament, amb un fons de sorra amb poc pendent. A més, també hi trobem una zona rocosa perpendicular a la costa, i que va dels 4 als 11 metres de fondària. Aquest espai alberga una gran varietat de flora i fauna en una superfície molt petita, cosa que fa que sigui un lloc de gran interès. Hi trobem praderies de *Posidonia oceanica* i *Cymodocea nodosa*, que acullen una gran biodiversitat d'espècies de poliquets, equinoderms, gorgònies o briozous, a més de peixos, tals com meros, congres, agulles, orades i sards, entre d'altres (Generalitat de Catalunya, 2015). A més, dins aquesta ZEC s'hi diferencien dues zones amb diferent grau de protecció: una zona compresa dins una circumferència de 0,2 milles nàutiques, la qual és Reserva Marina Integral, de 43 ha, on únicament s'hi poden dur a terme activitats científiques, i una altra zona al seu voltant, a 0,6 milles nàutiques, que s'anomena zona d'amortiment, on es podrà dur a terme pesca professional amb palangre de fons i tresmall, immersió i extracció de flora i fauna per a fins científics, sempre amb prèvia autorització (Generalitat de Catalunya, 2021a).

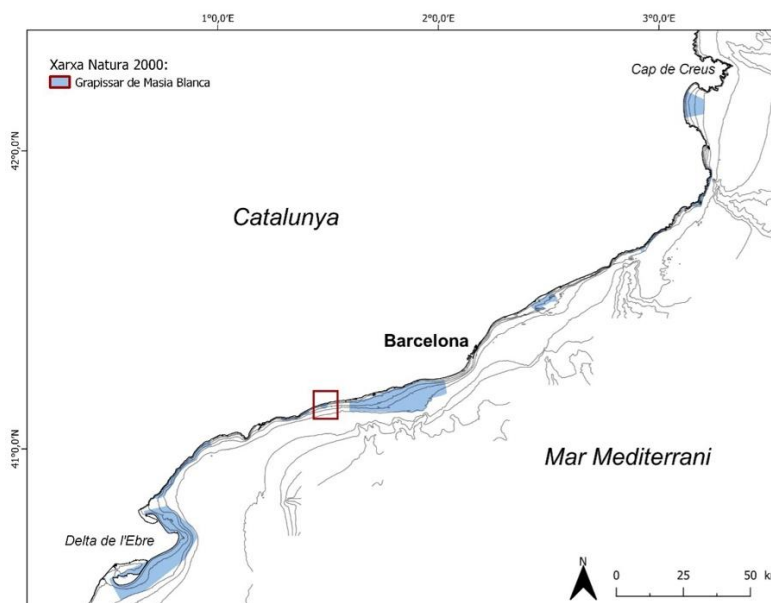


Figura 1. Mapa de les ZECs amb el Grapissar de Masia Blanca destacat.

A l'informe de l'any 2021 es van proposar els següents punts de mostreig (Taula 1, Figura 2). Finalment però, no s'ha realitzat cap prospecció i en canvi s'han realitzat dues immersions de l'indicador paisatge, és a dir, una immersió més que la indicada pel PLEC.

Taula 1. Punts proposats per al mostreig dels indicadors per a l'avaluació de l'estat de la zona ZEC del Grapissar de Masia Blanca.

Indicador	Llegenda	Nº immersions PLEC	Punts de mostreig proposats	Nº immersions realitzades	Punts realitzats
Fanerògames i nacres		1	Masia Blanca soma	1	Masia Blanca
Peixos		1	Masia Blanca soma	1	Roca Masia Blanca
Coral·ligen		1	Masia Blanca profunda	1	Coral Masia Blanca
Comunitats algals i garotes		1	Masia Blanca soma	1	La Roca
Paisatge		1	Masia Blanca soma Masia Blanca profunda	2	Masia Blanca
Prospeccions		1	Masia Blanca profunda	0	

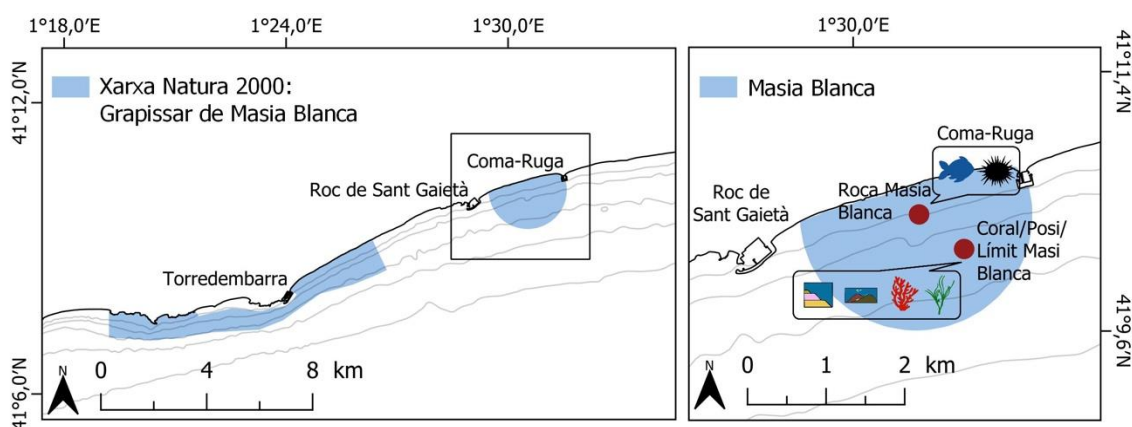


Figura 2. Mapa de les estacions proposades per als propers mostrejos amb els corresponents indicadors de la ZEC del Grapissar de Masia Blanca.

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

- S'ha mostrejat una praderia de *Posidonia oceanica* a la ZEC del Grapissar de Masia Blanca.
- Els valors de densitat de la praderia estan per sota dels valors de referència, mentre que els valors de cobertura són normals.
- Resultats històrics d'aquesta praderia i de praderies properes a l'estudiada presenten valors de densitat sempre inferiors al rang de referència.

- Es considera que la praderia es troba en un estat de conservació no satisfactori, sobretot pel dèficit en densitat, si bé sembla molt possible que aquest estat sigui atribuïble a impactes del passat dels quals no s'ha recuperat encara completament.
- No s'han observat símptomes macroscòpics de degradació o d'impactes antròpics o naturals.
- El nivell d'enterrament dels feixos (descalçament) no representa cap risc per a l'afectació de la planta, ni per excés ni per defecte.



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 o 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.

Posidonia oceanica és una espècie endèmica del Mediterrani i està àmpliament distribuïda per tot el litoral català. La reproducció sexual és a través de flors hermafrodites que s'agrupen en una inflorescència en forma d'espiga, i la floració té lloc, principalment, entre els mesos de setembre i novembre. 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.

A la costa catalana, 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), mentre que, 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, a excepció d'algunes zones a prop de barres rocoses, que poden trobar-se a uns 5-6 m de profunditat (per exemple a Torredembarra), i s'estenen paral·leles a la costa. A la ZEC del Grapissar de Masia Blanca trobem praderies de *P. oceanica* i *C. nodosa*. Aquestes últimes s'estenen de manera dispersa, mentre que les praderies de *P. oceanica* són en general més contínues, així com també més profundes. Aquestes praderies, fins on tenim coneixement, van començar a ser estudiades l'any 2000 amb la Xarxa de vigilància de la qualitat biològica dels herbassars de fanerògames marines (Renom i Romero, 2001), poc després de ser declarada reserva marina, i es van realitzar seguiments successius fins l'any 2013 (Submon, 2013). Si bé és cert que, a prop del límit sud de la ZEC, tot i que fora d'aquesta (a uns 700 m), es localitza l'estació de Torre de Berà (antigament anomenada Coma-ruga) que sí que havia estat estudiada anteriorment (Renom i Romero, 2002; Submon, 2012) i recentment amb la Xarxa (Ramis *et al.*, 2024, en elaboració).

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.

L'objectiu del present estudi és fer una aproximació a l'estat de conservació d'una de les praderies de *P. oceanica* de la ZEC del Grapissar de Masia Blanca, i aportar informació contrastada que permeti establir un punt de partida per valorar, en un futur, possibles canvis al llarg del temps.

Material i mètodes

Estacions de mostreig

L'estació de mostreig de la praderia de posidònia, s'ha seleccionat a partir de les prospeccions realitzades l'any 2020 per l'equip de seguiment (Linares, 2022) i de la cartografia disponible a la pàgina web de la Generalitat (<https://agricultura.gencat.cat>), mirant de garantir que sigui representativa de la zona dins la ZEC. L'estació s'anomena Masia Blanca, està situada a una distància d'1 Km al sud-oest del port de Coma-Ruga i es troba a una profunditat de 15 m (Taula 2, Figura 3). S'evita mostrejar als límits de la praderia per evitar l'anomenat 'efecte marge', el qual podria afectar les dades obtingudes.

El mostreig s'ha realitzat en un dia de campanya, concretament el 26 de juny del 2023, amb un equip de cinc persones, quatre bussejadors i un barquer, i mitjançant busseig amb escafandre autònom.

Taula 2. Estació mostrejada en el seguiment de la ZEC del Grapissar de Masia Blanca. Fondària: fondària en metres.

Espècie	Estació	Data mostreig	Fondària
<i>P. oceanica</i>	Masia Blanca	26/06/2023	15

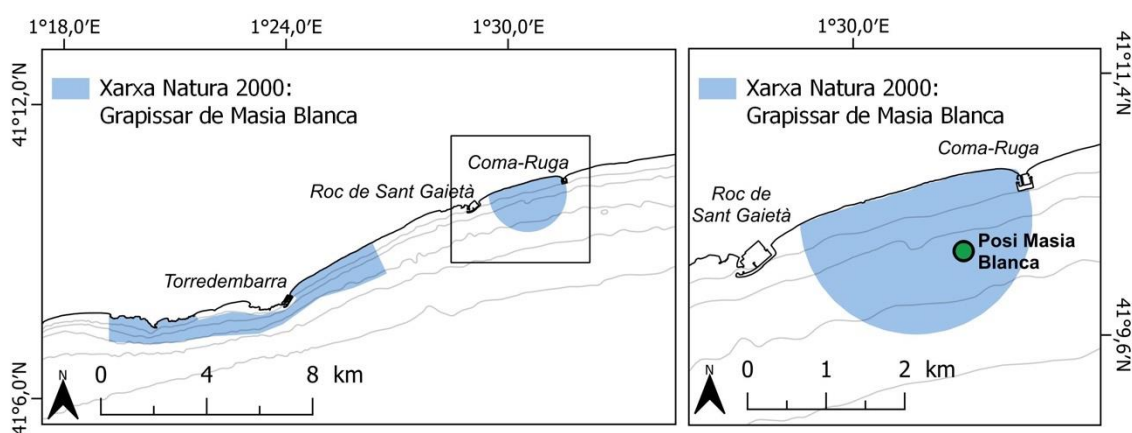


Figura 3. Localització de l'estació de mostreig de *Posidonia oceanica* a la ZEC del Grapissar de Masia Blanca.

Metodologia de mostreig

El mostreig s'ha realitzat mitjançant dues aproximacions complementàries, una de qualitativa i l'altra quantitativa. En la primera, s'anoten diferents observacions més o menys extensives relacionades amb l'aspecte general de la praderia, de la seva comunitat o aspectes relacionats amb possibles pertorbacions. La segona consisteix en l'adquisició de dades quantitatives sistemàtiques, en el nostre cas sobre densitat, cobertura i enterrament.

Pel seguiment de la praderia de *P. oceanica*, s'ha utilitzat el mètode aplicat pel nostre equip de treball en el seguiment de les praderies de *P. oceanica* en els Parcs Naturals de Cap de Creus i del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter (Sanmartí *et al.*, 2023), que a la vegada és una simplificació del mètode desenvolupat pel mateix 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 en el context de la Directiva Marc de l'Aigua (Romero *et al.*, 2007).

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, si n'hi ha. 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. En el passat, també es parava especial atenció i es feien censos de les poblacions de la nacra *Pinna nobilis*. Ara bé, a finals del 2016 aquesta espècie va experimentar una mortalitat massiva al Mediterrani i actualment es troba pràcticament extingit a les nostres aigües. L'interès en conservació d'aquest mol·lusc, com espècie emblemàtica i protegida, fa que obtenir informació sobre possibles individus supervivents sigui una oportunitat. Finalment, es realitzen anotacions relacionades amb possibles pertorbacions, com ara el colgament per sorra o l'excessiva exposició 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* 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 total 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. 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*) viva, és a dir, el quocient (com a percentatge) entre la superfície ocupada per la planta viva i la superfície ocupada per la planta més la no vegetada, habitualment clapes o clarianes de sorra, mata morta en el cas de *P. oceanica* (Romero, 1986). Igual que la densitat, la cobertura (entre 0%, absència total de plantes i 100%, tot el substrat vegetat) 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 clapes (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.

Enterrament

L'enterrament d'un feix és la distància vertical entre la superfície del sediment i la lígula (sutura en forma de mitja lluna entre el limbe i el pecíol) de la seva fulla més externa. Quan la lígula està per sota la superfície del sediment (base dels feixos enterrada) considerem aquest valor negatiu, i quan la trobem per sobre (base dels feixos descalçada), positiu. Cal parar atenció a la dita nomenclatura (enterrament positiu vol dir en realitat desenterrament o descalçament), que no és intuïtiva, però que es conserva per una mena de tradició científica, i sobretot per coherència amb altres treballs anteriors. Aquesta variable indica si l'herbei està sotmès a un dèficit o a un excés de sediments. Per alguns autors, també, una major exposició (descalçament) dels rizomes pot implicar una major sensibilitat a les pertorbacions mecàniques, com el fondeig o els temporals (Francour *et al.*, 1999).

L'enterrament es determina mitjançant un regle graduat, en un feix escollit a l'atzar dins de cada subquadrat de cada recompte de densitat (vegeu apartat sobre densitat); s'obtenen per tant 40 mesures per punt de mostreig o subestació, que corresponen a 10 rèpliques (els quadrats) amb quatre submostres per rèplica, de les quals es calcula la mitjana. Per tant, el nombre final de rèpliques és de 10 per punt de mostreig o subestació.

Resultats

Aproximació qualitativa

La praderia de *P. oceanica* mostrejada és una praderia força contínua amb algunes clarianes de sorra petites (<1 m de diàmetre), mitjanes (1-5 m de diàmetre) i alguna gran (>5 m de diàmetre) (Figura 4a, b, d). Aquesta praderia es troba sobre un sediment sorrenc amb acumulacions de conquilles a les clapes de sorra (Figura 4c). Pel que fa a la macrofauna, s'han observat briozous (*Pentapora fascialis*) d'uns 10 cm d'amplada, malgrat en algun cas estava mort. També s'ha observat holotúries (*Holothuria spp.*), sobretot a les clapes de sorra tot i que eren poc abundants. No s'ha trobat cap deixalla.

Com ja és normal, no s'han observat nacres (*Pinna nobilis*), fet coherent amb la mortalitat massiva patida per aquesta espècie.

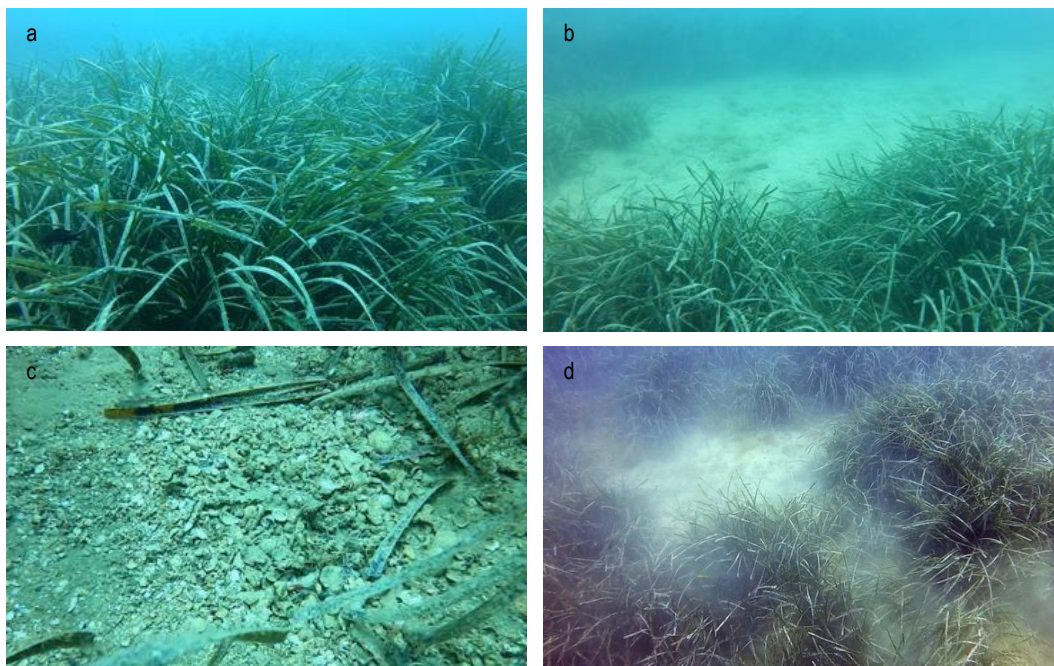


Figura 4. Imatges de les praderies de *Posidonia oceanica* de la ZEC del Grapissar de Masia Blanca.

Aproximació quantitativa

El valor obtingut de densitat de la praderia de *P. oceanica* obtingut és de 187 ± 8 feixos m^{-2} . Pel que fa a la cobertura, trobem un valor de $40 \pm 3\%$, mentre que l'enterrament presenta un valor positiu de $4 \pm 0,7$ cm, el que indica que les plantes de les estacions prospectades estan, molt majoritàriament, amb els peciols de les fulles fora del sediment i que no es produeixen situacions de colgament dels feixos (Taula 3, Figura 5).

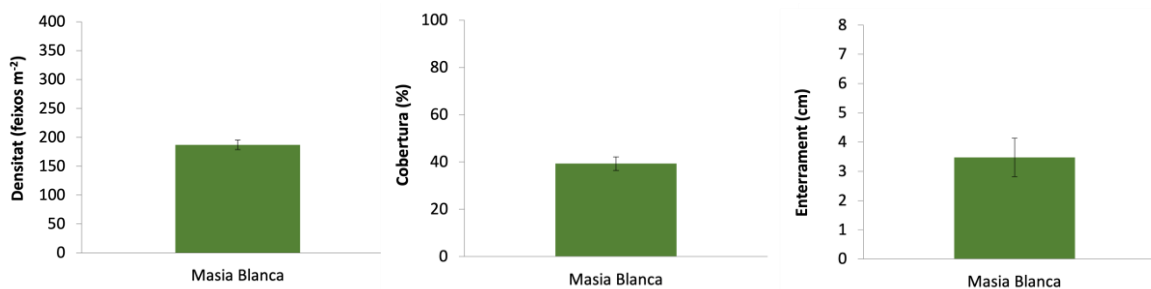


Figura 5. Densitat (feixos m^{-2}), cobertura (%) i enterrament (cm) de la praderia mostrejada. Les barres indiquen l'error estàndard.

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

Estació	Densitat (feixos/ m ²)		Cobertura (%)		Enterrament (cm)	
	\bar{y}	ES	\bar{y}	ES	\bar{y}	ES
Masia Blanca	187	8,3	40	2,8	3,5	0,7

Discussió

Els resultats obtinguts mostren que la praderia mostrejada en aquesta ZEC està en un estat de conservació no satisfactori, tot i que cal tenir en compte algunes consideracions específiques.

Aspectes metodològics

En conjunt, la realització de la campanya 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 l'estació de mostreig de *P. oceanica* és adequada. Les variables utilitzades en la praderia de *P. oceanica* (densitat i cobertura), són les més comunes, tant a altres treballs semblants del nostre equip (Sanmartí *et al.*, 2023) com a la bibliografia en general (Pergent *et al.*, 1995; Boudouresque *et al.*, 2006), juntament amb la cinètica del límit inferior (no analitzada en aquest estudi). Pel que fa a les mesures d'enterrament, les considerem adequades per complementar la informació de les variables de densitat i cobertura, i 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).

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 estàndard 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, 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.

És important recordar que, per realitzar estudis de seguiment de praderies de fanerògames marines, s'hauran de fer els mostrejos sempre en la mateixa època de l'any perquè siguin comparables.



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

Per avaluar l'estat actual de conservació de les praderies de *P. oceanica* de la ZEC del Grapissar de Masia Blanca, s'han tingut en compte els resultats obtinguts tant de l'aproximació qualitativa com quantitativa.

Pel que fa a les observacions qualitatives de la praderia mostrejada, destaquem l'aparença general típica d'una estació de profunditat i l'absència de símptomes macroscòpics de degradació ni impactes de pressions antropogèniques i naturals (feixos arrencats, deixalles, impactes mecànics o enterrament-desenterrament dels feixos).

La valoració quantitativa de l'estat de les praderies d'aquesta ZEC es fa seguint el mateix procediment establert en el seguiment de *P. oceanica* als Parcs Naturals de Cap de Creus i del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter (Sanmartí *et al.*, 2023). 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) per densitat i cobertura. 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'aquestes dues variables, associada a factors que van de l'escala local (com ara la fondària, el grau d'exposició 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 extreïdes 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.

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
Proposta interval	250-400	25-40

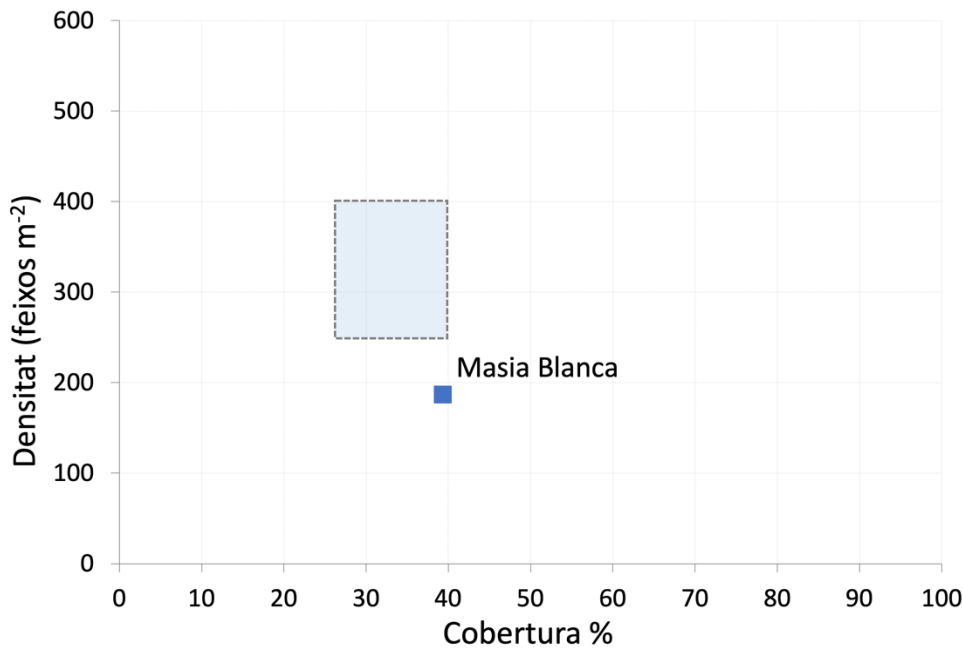


Figura 6. Representació conjunta dels valors de densitat (eix vertical) i dels de cobertura (eix horitzontal), per a l'estació de *Posidonia oceanica* de la ZEC del Grapissar de Masia Blanca. S'ha representat també els valors de referència, en forma d'interval, que correspon al quadre dibuixat en traç discontinu i ombrejat.

La praderia de l'estació Masia Blanca presenta valors de densitat significativament per sota l'interval de referència, mentre que els valors de cobertura són normals (Figura 6). Aquest resultat és coherent amb valors obtinguts en estacions properes mostrejades aquest any 2023, on en tots els casos també s'observen valors de densitat propers a 200 feixos/m² i valors de cobertura normals. Aquest és el cas de l'estació Brut Sud de la ZEC de les Costes del Tarragonès o de l'estació de Torredembarra i Roda de Berà (Ramis *et al.*, 2024 en elaboració) (Taula A2). En aquest sentit, també hem de considerar la informació històrica disponible de les praderies d'aquesta ZEC i d'altres estacions properes, obtinguda per altres equips (Submon, 2010, 2013) i pel nostre (Renom i Romero, 2010; Romero *et al.*, 2010) (Taula A2). En cap cas, els valors de densitat mostrejats a 15 m de profunditat en els diferents anys (2003-2013), superen els 200 feixos/m² i, per tant, estarien per sota de l'interval de referència (Taula A2). A aquest fet, cal afegir els resultats desfavorables d'algunes variables fisiològiques de praderies properes obtinguts per la Xarxa, els quals indicaven una situació intermèdia d'eutrofització i, per tant, un estat ecològic, segons la classificació definida per la Directiva Marc de l'Aigua, entre deficient i mediocre des del 2003 al 2010 (Romero *et al.*, 2010).

En aquest escenari, és raonable pensar que la praderia estudiada pot haver patit una degradació històrica i que, malgrat que la qualitat de l'aigua pot haver millorat, la lenta capacitat de recuperació de la planta fa que aquesta recuperació no sigui detectable a través de les variables estructurals com la densitat. Per tant, basant-nos en aquestes dades històriques i en el valor de densitat actual per sota l'interval de referència, podem considerar que la praderia de l'estació Masia Blanca es troba en un estat de conservació no satisfactori. Ara bé, tot i aquesta diagnosi, que probablement



es deguda a impactes del passat que s'haurien anat corregint, també s'han de considerar alguns aspectes favorables d'aquesta praderia. S'ha observat una tendència a l'increment de la densitat des del 2003 (Taula A2), la qual serà important confirmar en els propers anys. A més, a banda de la valoració qualitativa favorable de la praderia, cal destacar la normalitat dels valors de cobertura, no només els actuals, sinó també els històrics.

Per últim, cal mencionar que el nivell d'enterrament dels feixos és correcte. Aquesta variable pot ser indicadora d'un moviment de sediment, que pot provocar desenterrament i exposició dels rizomes, amb més riscos de trencament (Cabaço *et al.*, 2008) o colgament i mort per sensibilitat dels meristems (Gera *et al.*, 2014). En el cas de l'estació Masia Blanca, el valor de descalçament dels feixos és de +3,5 cm, xifra per sota del nivell observat a altres praderies profundes (entre 5 i 7 cm) i molt allunyats dels valors d'enterrament que poden suposar un risc d'afectació de la planta (- 4 cm, Gera *et al.*, 2014).

Conclusions

Els valors de densitat de la praderia de *P. oceanica* Masia Blanca estan per sota dels valors de referència, mentre que els valors de cobertura són normals.

Resultats històrics d'aquesta praderia i de praderies properes a l'estudiada presenten valors de densitat sempre inferiors al rang de referència.

Es considera que la praderia mostrejada es troba en un estat de conservació no satisfactori, sobretot pel dèficit en densitat, si bé sembla molt possible que aquest estat sigui atribuïble a impactes del passat dels quals no s'ha recuperat encara completament donada la seva dinàmica lenta. Caldrà seguir-ne l'evolució per tal de confirmar aquesta hipòtesi.

No s'han observat símptomes macroscòpics de degradació o d'impactes antròpics o naturals.

El nivell d'enterrament dels feixos (descalçament) no representa cap risc per a l'afectació de la planta, ni per excés ni per defecte.

Annex

Taula A1. Descripció dels diferents procediments utilitzats per a l'obtenció dels valors de referència de densitat i cobertura de *Posidonia 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 A2. Valors de densitat (feixos m⁻²) i cobertura (%) a la ZEC del Grapissar de Masia Blanca i a àrees properes (Torredembarra i Roda de Berà) en diferents any i segons els diferents autors.

Estació	Estudi	Any	Profunditat (m)	Densitat		Cobertura		
				(feixos/ m ²)	± SE	(%)	± SE	
Brut Sud	Linares <i>et al.</i> , 2024	2023	16	202	18,8	32	4,4	
Torredembarra	Submon, 2013	2005	15	174	31	27	6	
		2006	15	142	20	43	5	
		2010	15	142	20	43	6	
		2011	15	100	16	32	3	
	Romero <i>et al.</i> , 2010 (ACA)	2003	15	157	9	6	1	
		2005	15	119	15	11	1	
		2006	15	119	15	11	1	
		2008	15	147	8	13	1	
		2009	15	182	13	17	2	
		2010	15	165	17	26	3	
	Ramis <i>et al.</i> , 2024	2023	15	185	16	44	3	
	Masia Blanca	Aquest informe	2023	14,7	187	8	39	3
		Renom i Romero, 2001	2000	10-11	286	23	23	5
2001			10-11	243	19	21	2	
Submon, 2010		2003	10,5	124	17	31	5	
		2006	10,5	204	29	27	4	
		2010	10,5	192	24	61	6	
Submon, 2013 (Xarxa vigilància)		2003	15	129	33	-	-	
		2005	15	174	31	27	6	
		2006	15	159	29	36	4	
		2010	15	142	20	43	5	
	2011	15	100	16	32	3		
2013	15	167	11	41	3			
Roda de Berà- -Coma-ruga*	Renom i Romero, 2001	1998	15	100	18	14	2	
		1999	15	126	10	11	1	
		2000	15	126	14	11	1	
		2001	15	156	16	10	1	
	Romero <i>et al.</i> , 2010	2003	15	88	21	8	1	
		2005	15	91	7	6	1	
		2006	15	91	7	6	1	
		2008	15	166	8	12	2	
		2009	15	165	16	14	2	
		2010	15	199	15	18	2	
	Ramis <i>et al.</i> , 2024	2023	15	223	22	41	7	

*El nom original d'aquesta estació és Coma-ruga (des del 2003 al 2010) i enguany s'ha canviat a Roda de Berà (com. pers. Candela Marco-Méndez)

Comunitats de peixos

- En general s'ha observat una baixa diversitat d'espècies, amb 13 espècies pertanyents a 6 famílies diferents.
- En el mostreig de la comunitat de peixos s'han observat baixes densitats i biomasses de les espècies, així com talles petites.
- De les espècies altament vulnerables a la pesca només s'han pogut observar dos individus de nero, de talla molt petita.
- La reduïda imida de la zona de RMI, així com la manca d'hàbitat favorable, limita probablement la recuperació i establiment de les poblacions de peixos.



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 tenen una història de vida lenta, amb un creixement lent i taxes de reproducció 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 Àrees Marines Protegides (AMPs) han demostrat ser una eina molt efectiva per a la recuperació d'aquestes espècies sobreexplotades. Aquestes 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), tot i que altres espècies no han mostrat signes de recuperació, probablement a la mida petita de les reserves en funció del seu moviment i àrea d'hàbitat. És fonamental, doncs, conèixer quines espècies que poden quedar impactades per la pesca es recuperen o no amb la creació de les AMPs.

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.

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, sent 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.

Les Zones d'Especial Protecció (ZECs) del litoral català no estan explícitament protegides envers aquests impactes 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 anàlisi del seu estat de conservació.

La ZEC del Grapissar de Masia Blanca està composta de dues subzones amb diferent grau de protecció: d'una banda, una zona compresa dins una circumferència de 0,2 milles nàutiques, la qual és Reserva Marina Integral (RMI), de 43 ha, on únicament s'hi poden dur a terme activitats científiques, i una altra zona al seu voltant, a 0,6 milles nàutiques, que s'anomena zona d'amortiment, on es podrà dur a terme pesca professional amb palangre de fons i tresmall, immersió i extracció de flora i fauna per a fins científics, sempre amb prèvia autorització (Generalitat de Catalunya, 2021) (Figura 7).

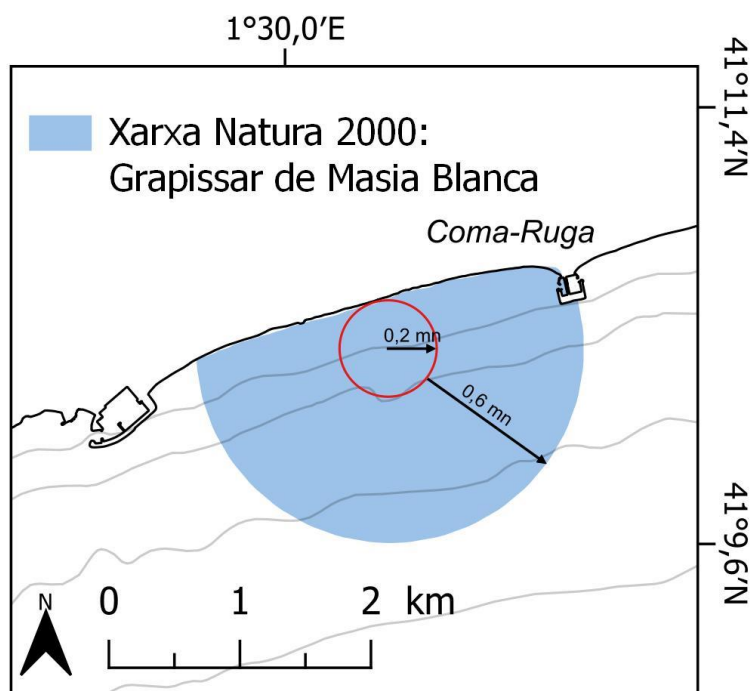


Figura 7. ZEC del Grapissar de Masia Blanca, amb les dues zones de diferent protecció senyalitzades: dins el cercle vermell hi trobem una zona de Reserva Marina Integral, mentre que fora d'aquest, fins el límit de la ZEC, hi trobem una zona d'amortiment.

A la zona on s'ha dut a terme el mostreig, que queda dins la zona de RMI i, per tant, la pesca està prohibida, l'hàbitat predominant és un fons fotòfil de roca, on s'hi ha pogut observar algun feix de *Posidonia oceanica* i alguna zona de sorra amb *Cymodocea nodosa*. 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, a més d'avaluar l'estat de conservació de la zona de no extracció pesquera.

Material i mètodes

Disseny de mostreig

Per a l'estudi de les comunitats de peixos al Grapissar de Masia Blanca s'ha seleccionat una estació, degut a la mida petita d'aquesta ZEC. Així doncs, aquesta estació s'ha situat en una fondària d'uns 5 m i sobre una barra de roca (Figura 8, Taula 5).

Taula 5. Estacions de mostreig de comunitats de peixos de la ZEC del Grapissar de Masia Blanca de l'any 2023.

ZEC	Estació	Fondària (m)	Tipus de fons	Data mostreig
Grapissar de Masia Blanca	Roca Masia Blanca	5	Roca base amb part de <i>C. nodosa</i>	2023-06-26

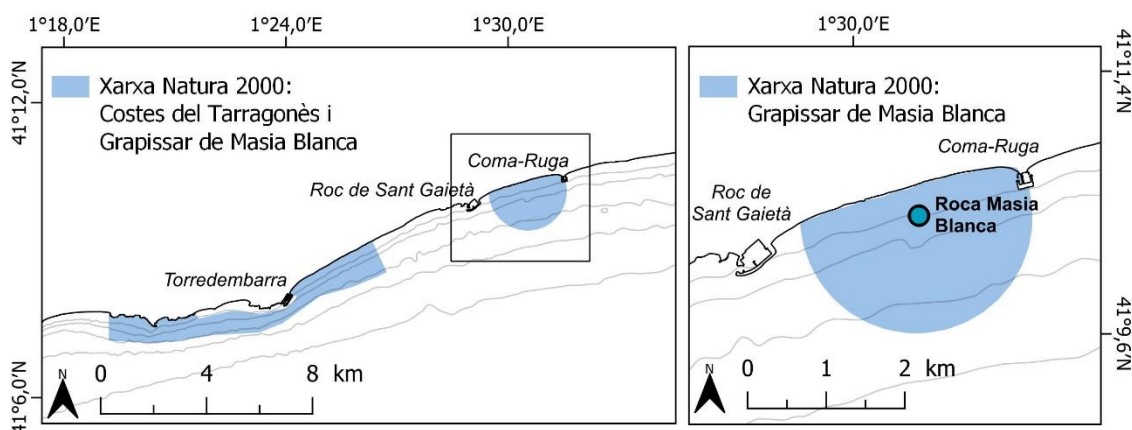


Figura 8. Mapa de les estacions de mostreig de comunitats de peixos de la ZEC del Grapissar de Masia Blanca de l'any 2023.

Metodologia de mostreig

La zona de mostreig a la ZEC del Grapissar de Masia Blanca s'ha escollit tenint en compte diferents criteris. D'una banda, la fondària: el tipus de mostreig de la comunitat de peixos es du a terme a una fondària d'uns 5-7 m. D'altra banda, el tipus de fons: en aquest cas s'ha mostrejat sobre un fons rocós amb comunitats algals predominades per *Halopteris* i, amb menor presència, *Cladostephus* (Figura 9a), així com també amb algun tram amb sorra i presència de la fanerògama *Cymodocea nodosa* (Figura 9b). Per últim, s'ha tingut en compte que la zona on s'ha fet el cens queda dins la zona de RMI, on queda prohibida qualsevol tipus d'activitat, inclosa la pesca (Figura X).

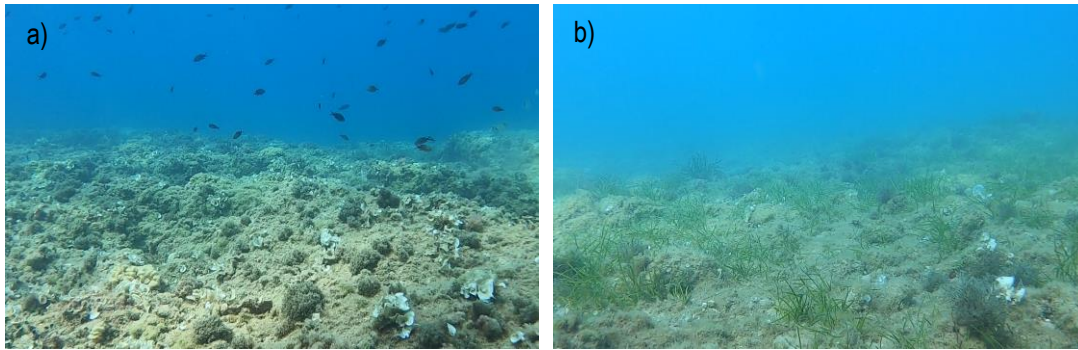


Figura 9. Fons on s'ha dut a terme el mostreig de peixos: a) Fons rocós fotòfil amb dominància de l'espècie *Halopterygion scoparia*, i b) fons fotòfil amb trams de sorra, on hi ha presència de *C. nodosa*.

Les comunitats de peixos s'estimen mitjançant censos visuals amb escafandre autònom en transectes de 50 m de llarg per 5 m d'amplada (Harmelin-Vivien *et al.*, 1985).

Pet tal de minimitzar la variabilitat degut al tipus d'hàbitat, tots els transectes es duen a terme sobre fons rocós a una fondària mitjana de 6 metres. A més, per a reduir la possible variabilitat a petita escala, en cada un dels llocs estudiats es realitzen tres transectes de 50x5 m². A partir d'un punt donat seleccionat de forma aleatòria dins de la zona d'estudi, l'observador llança al fons un pes lligat a una cinta mètrica de 50 m de longitud que porta enganxada a l'equipament, i neda en una direcció determinada mantenint una fondària aproximada de 6 m fins a completar els 50 metres de la cinta. Durant aquest recorregut, s'identifica l'espècie i es comptabilitzen tots els individus de peixos observats que es troben dins d'una amplada de 5 m (2,5 m a cada banda del recorregut del submarinista), aconseguint així rèpliques corresponents a una superfície mostrejada de 250 m². A més, es va estimar de forma visual la talla aproximada de tots els individus comptabilitzats, en classes de talla de 2 cm per als individus més petits (< 40 cm) i classes de 5 cm per a les espècies que assoleixen talles més grans (> 40 cm). En el cas d'observar moles denses de peix de la mateixa espècie que fa impossible comptabilitzar tots els individus, es fa una estima del nombre total i s'assigna a tots els individus una talla mitjana estimada.

Per evitar la variabilitat deguda al comportament circadià de les comunitats de peixos i a les condicions d'il·luminació, els censos es van dur a terme entre les 10 i les 15 h, i sempre que les condicions del mar i de visibilitat fossin favorables.

A més de les dades referents al poblament de peixos, sobre cada transecte es realitza una caracterització de l'hàbitat en base als trets més rellevants del fons (Garcia Charton i Pérez Ruzafa, 1999).

Els inventaris visuals en base a transectes permeten una avaluació qualitativa i quantitativa relativament ràpida de la ictiofauna d'una zona determinada i, si bé tendeixen a subestimar les petites espècies críptiques de caràcter marcadament bentònic, la seva eficàcia en la caracterització i comparació de la ictiofauna litoral sobre substrat rocós a la Mediterrània ha estat bastament comprovada. En no ser un mètode de presa de dades destructiu, la seva aplicació és especialment adient en estudis relacionats amb les reserves marines.

Tots els transectes han estat filmats paral·lelament amb un sistema d'estereo-vídeo (Stereo-DOVs) pels mateixos submarinistes que realitzaven els censos. Aquestes filmacions ens permeten



tenir un registre gràfic de cada cens, i ens han ajudat a determinar el nombre detallat d'individus en agrupacions nombroses i a verificar la presència d'espècies rares o que no hagin pogut ser correctament identificades als censos. No obstant, s'han analitzat les dades obtingudes mitjançant els censos visuals, tenint en compte l'esforç que requereix l'anàlisi dels vídeos, i la similitud en els resultats de les dues tècniques (Grané-Feliu *et al.*, 2019).

Anàlisi de les dades

La biomassa de les espècies estudiades a cada tram s'ha calculat a partir de les estimes de les talles aplicant l'equació exponencial que relaciona els dos paràmetres:

$$W=a \cdot L^b$$

on W és la biomassa, L és la longitud total de l'individu, i a i b són dos coeficients específics per a cada espècie. Els coeficients es van extreure de estudis previs realitzats al nord-oest de la Mediterrània (Morey *et al.*, 2003; Crec'hriou *et al.*, 2012) i de la base de dades FishBase (Froese i Pauly, 2018).

Amb les dades obtingudes, s'han calculat diferents paràmetres per cada estació:

- **Densitat:** individus/250 m².
- **Biomassa:** g/250 m².
- **Mitjana d'espècies.**
- **Nombre d'espècies.**
- **Nombre total d'individus.**
- **Biomassa total:** g/250 m².
- **Índex de riquesa específica de Margalef:** valors per sota de 2 serien comunitats amb poca diversitat i superior a 5 amb molta diversitat.
- **Índex de diversitat de Shannon-Wiener H' :** valors alts indiquen alta diversitat, mentre que valors baixos n'indiquen poca. Valors d'1 indiquen que totes les espècies tenen el mateix nombre d'individus.
- **Índex d'uniformitat de Pielou:** indica com d'igual distribuïdes estan les espècies a la comunitat. Els valors van de 0 a 1: 0 indica que no estan distribuïdes uniformement, mentre que 1 indica que estan perfectament distribuïdes.

Tots els càlculs i anàlisi estadístics han estat realitzats utilitzant el software de programari lliure "R" (R Core Team, 2017) i el paquet "vegan" per aquest mateix software (Oksanen *et al.*, 2018).

Resultats

Patró general

Enguany s'han observat un total de 13 espècies a la ZEC del Grapissar de Masia Blanca, pertanyents a 6 famílies diferents (Taula 6).

Taula 6. Espècies observades en els mostrejos de peixos a la ZEC del Grapissar de Masia Blanca de l'any 2023.

Família	Espècie	Masia Blanca Roca
Bleniidae	<i>Parablennius garttorugine</i>	+
	<i>Parablennius rouxii</i>	+
Labridae	<i>Coris julis</i>	+
	<i>Symphodus roissali</i>	+
	<i>Thalassoma pavo</i>	+
Mugilidae	<i>Chelon labrosus</i>	+
Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i>	+
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i>	+
	<i>Epinephelus marginatus</i>	+
Serranidae	<i>Serranus cabrilla</i>	+
	<i>Serranus scriba</i>	+
	<i>Diplodus sargus</i>	+
	<i>Diplodus vulgaris</i>	+
Total		13

Taula 7. Valors dels paràmetres de diversitat i abundància de la comunitat de peixos observats a les diferents estacions de la ZEC de les Costes del Tarragonès. Es mostra el nombre total d'espècies observades, la mitjana del nombre d'espècies, individus i biomassa observat per transecte, de riquesa específica de Margalef, l'índex de diversitat de Shannon-Wiener H' i l'índex d'uniformitat de Pielou.

Estació	Total espècies	Mitjana espècies	Nombre mitjà individus	Biomassa mitjana	Margalef	Shannon	Pielou
Masia Blanca Roca	13	7,33	200,67	15.256,98	1,87	1,05	0,41

Roca Masia Blanca

A l'estació de Roca Masia Blanca s'hi ha observat 13 espècies de peixos, que pertanyen a 7 famílies diferents. D'aquestes, la que té una major densitat és *C. chromis*, seguida de lluny per *D. vulgaris*. La resta d'espècies es troben amb valors inferiors a 20 ind/250 m² (Figura 10a, Taula 8). Pel que fa a la densitat per família, els pomacèntrids (Pomacentridae) són els que tenen un valor més alt, conformats en la totalitat per *C. chromis*. La següent família amb un valor de densitat més elevat és la dels espàrids (Sparidae); la resta de famílies es troben per sota els 20 ind/250 m² (Figura 10b).

Pel que fa a la biomassa, *C. labrosus* és l'espècie amb un valor més alt. La resta d'espècies es troben per sota els 1.000 g/250 m², tot i que *D. vulgaris*, *E. marginatus* i *C. chromis* presenten valors entre 550 i 250 g/250 m² (Figura 10c, Taula 8). Així doncs, la família dels mugílids (Mugilidae), on pertany *C. labrosus*, sent la única espècie observada, és la que té una biomassa més gran, seguida dels espàrids (Figura 10d).

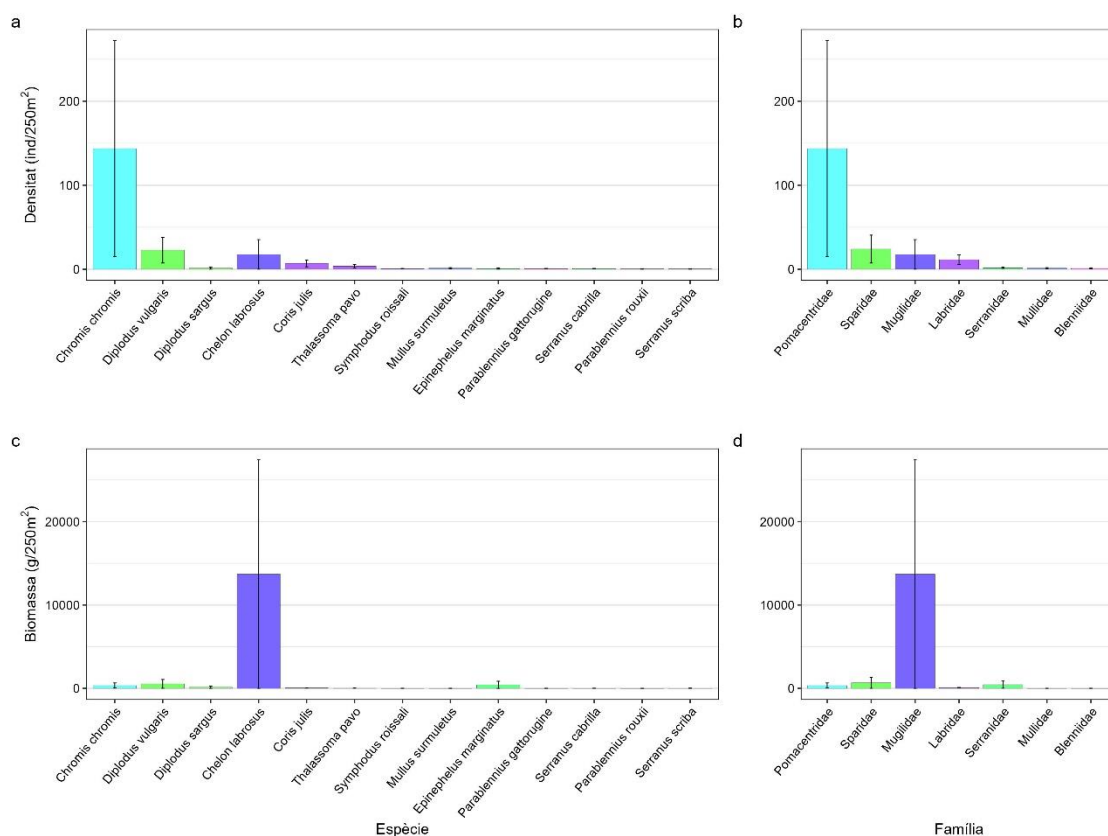


Figura 10. Densitat (mitjana \pm desviació estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana \pm desviació estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació de Roca Masia Blanca. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

Taula 8. Mitjanes de densitat (ind/250 m²) i biomassa (g/250 m²) de cada espècie de l'estació de Masia Blanca Roca a la ZEC del Grapissar de Masia Blanca de l'any 2023. Els valors destacats en negreta corresponen als més elevats de cada espècie, ja sigui pel que fa a la densitat o a la biomassa.

Família	Espècie	Densitat (ind/250 m ²)		Biomassa (g/250 m ²)	
		Mitjana	ES	Mitjana	ES
Bleniidae	<i>Parablennius gattorugine</i>	0,67	0,33	2,79	1,71
	<i>Parablennius rouxii</i>	0,33	0,33	0,83	0,83
Labriidae	<i>Coris julis</i>	7,00	4,04	46,73	25,34
	<i>Symphodus roissali</i>	0,67	0,33	4,40	2,61
	<i>Thalassoma pavo</i>	3,67	2,03	25,30	15,35
Mugilidae	<i>Chelon labrosus</i>	17,67	17,67	13.710,44	13.710,44
Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i>	1,33	0,67	2,84	1,42
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i>	143,67	128,48	341,37	312,38
	<i>Epinephelus marginatus</i>	0,67	0,67	426,65	426,65
Serranidae	<i>Serranus cabrilla</i>	0,67	0,33	7,06	5,80
	<i>Serranus scriba</i>	0,33	0,33	12,73	12,73
Sparidae	<i>Diplodus sargus</i>	1,33	1,33	140,12	140,12
	<i>Diplodus vulgaris</i>	22,67	15,30	535,72	528,51

En aquesta estació només s'ha pogut representar l'estructura de talles de *D. vulgaris*. Destaca una elevada proporció d'individus de talla petita (2-4 cm), però encara més que s'hagin trobat individus igual o inferiors a 2 cm. També es troba un pic més petit al rang de 12-14 cm. La mida màxima que s'ha trobat és de 18-20 cm (Figura 11). L'altra espècie d'espàrid observada és *D. sargus*, amb només 4 individus; d'aquests, 2 mesuraven entre 6 i 8 cm, 1 entre 16 i 18 cm i l'altre entre 24 i 26 cm.

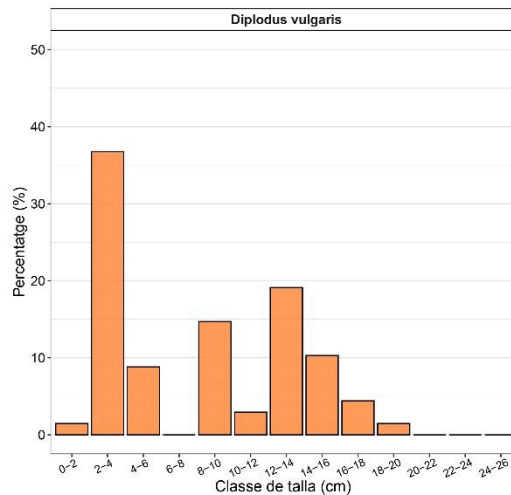


Figura 11. Estructura de talles dels espàrids observats a l'estació de Roca Masia Blanca: *D. vulgaris* (n= 68).

Discussió

La zona on s'ha dut a terme el mostreig de les comunitats de peixos a la Zona d'Especial Conservació del Grapissar de Masia Blanca queda dins la zona de RMI, on hi queda prohibida qualsevol activitat humana i, per tant, això inclou qualsevol tipus de pesca. Així doncs, esperaríem que hi hagués una elevada biodiversitat de peixos, així com també densitats i biomasses altes. També seria propi d'una zona RMI la presència d'espècies que pertanyen a nivells alts de la cadena tròfica, és a dir, espècies piscívores, tals com neros (*E. marginatus*), déntols (*D. dentex*) o orades (*S. aurata*). Aquesta RMI no presenta unes dimensions especialment grans (43 ha) i tant sols arriba a uns 10 m de fondària, i l'envolta una zona anomenada d'amortiment on sí que s'hi permeten activitats extractives (pesca professional amb palangre de fons i tresmall).

En termes generals, la biodiversitat d'espècies observades no ha estat l'esperada en una RMI, tot i que tampoc ha estat baixa. Les densitats i biomasses observades, en conjunt, són força baixes. S'observa, a més, que les talles dels individus són petites. La família amb una densitat més elevada ha estat la dels pomacèntrids (Pomacentridae), tot i que aquesta només estava formada per una sola espècie, les castanyoletes (*C. chromis*). Les altres dues espècies més abundants, tot i que els valors siguin baixos, han estat la variada (*D. vulgaris*) i la llisa (*C. labrosus*).

Tal i com es pot veure als resultats obtinguts, només s'ha observat una espècie piscívora, el nero, amb tant sols dos individus de talles molt petites (25 i 40 cm). Les espècies piscívores són altament vulnerables a la pesca, ja que degut a la seva longevitat i creixement lent, les seves poblacions tenen una limitada capacitat de recuperació davant la pressió de pesca.



A més, tampoc s'han observat les espècies que esperariem trobar a les zones amb hàbitats més complexos, com fons de roca amb una rugositat elevada, on s'ha realitzat la major part del mostreig, i tot i ser una zona totalment protegida envers la pesca. Tot i que la zona de mostreig presenta altres hàbitats més o menys complexos que poden afavorir el reclutament o la presència d'algunes espècies, com la praderia de *Cymodocea nodosa*, tampoc s'hi ha pogut observar cap espècie associada.

Per tant, aquests resultats evidencien que la zona RMI del Grapissar no permet una gran diversitat i abundància d'espècies vulnerables a la pesca, tal com s'hauria d'esperar d'una zona protegida. Aquest fet es deu probablement a la petita mida que té aquesta RMI i l'extensió dels hàbitats favorables a aquestes espècies, i la proximitat a la zona on sí és permesa la pesca, que faria que les espècies que hi habiten no tinguin prou espai com per recuperar-se d'aquest impacte, tal com s'ha constatat en altres Reserves Marines arreu (Edgar *et al.*, 2014).

En conclusió, la ZEC del Grapissar de Masia Blanca, tot i tenir una zona de RMI, no queda exclosa dels impactes que produeix la pesca sobre les comunitats de peixos que habiten en aquesta zona i en caldria millorar la gestió ampliant la zona protegida envers aquesta activitat.

Conclusions

En el mostreig de la comunitat de peixos s'han observat baixes densitats i biomasses de les espècies, així com talles petites.

A més, de les espècies altament vulnerables a la pesca només s'han pogut observar dos individus de nero amb talles molt petites.

La zona de RMI és una zona molt restringida, de tant sols 43 ha, i probablement sigui degut a aquest factor que fa que les espècies altament vulnerables no puguin recuperar-se.

Comunitats algals i poblacions de garotes

- La ZEC del Grapissar de Masia Blanca, tot i ser de petita extensió, compta amb un fons rocós on es desenvolupen comunitats algals típiques de fons il·luminats i amb graus moderats de sedimentació.
 - S'han observat espècies amb morfologies erectes i arborescents amb cert valor estructural per l'ecosistema, però no s'ha observat el desenvolupament d'algues del gènere *Cystoseria sensu lato*, que són indicadores d'un molt bon estat ambiental.
 - L'elevada abundància relativa de l'alga invasora *Caulerpa cylindracea* en els fons rocosos d'aquesta ZEC podria suposar un impacte per les comunitats natives i comprometre la funció ecosistèmica.
- S'ha observat una població de *Paracentrotus lividus* poc densa però ben desenvolupada així com molts pocs individus de *Arbacia lixula* en aquesta ZEC.
 - Les baixes densitats de garotes podrien ser explicades per una baixa disponibilitat d'hàbitat adequat més que per un excés de depredació dels peixos, per les baixes densitats i biomasses observades en el indicador de peixos.



Introducció

Les comunitats dominades per 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*, les quals tenen formes arborescents i configuren comunitats complexes, pròpies de les zones més ben conservades i amb bona qualitat de l'aigua (Sala *et al.*, 2012).

Les algues de les comunitats rocoses infralitorals al mediterrani proporcionen hàbitat i aliment per una multitud d'altres organismes (Cheminée *et al.*, 2013). Aquests hàbitats són vulnerables a una sèrie d'impactes derivats de les activitats antròpiques com ara la contaminació, la modificació del litoral, la introducció d'espècies exòtiques, l'erosió causada per arts de pesca i l'herbivorisme excessiu com a resultat de la sobrepesca (Mineur *et al.*, 2015). Els efectes del canvi climàtic, com l'augment de la temperatura de l'aigua, també poden afectar les comunitats algals (Verdura *et al.*, 2021, Montserrat *et al.*, 2022). Al mediterrani, així com a altres mars temperats s'han descrit mortalitats de macroalgues i canvis en les comunitats degut a l'augment de la temperatura (Wernberg *et al.*, 2016, Verdura *et al.*, 2021).

Una de les causes més rellevants de la davallada de les algues formadores d'hàbitat arreu de la Mediterrània és la sobrepastura per part d'herbívors, principalment les garotes. Aquesta en molts casos és derivada de la sobrepesca de peixos (principals depredadors de les garotes), que pels anomenats efectes tròfics en cascada ha causat la proliferació excessiva d'aquests herbívors, i pot portar a canvis dràstics en l'estat de l'ecosistema cap a blancalls amb molt poca cobertura algal i biodiversitat associada (Sala *et al.*, 1998, Thibaut *et al.*, 2005, Giakoumi *et al.*, 2012, Ling *et al.*, 2015). Així doncs, la composició de les comunitats algals i el seu estat de conservació pot estar relacionat amb la densitat i estructura de les poblacions de garotes.

Al mediterrani les dues espècies de garotes més freqüents en ambients fotòfils són *Paracentrotus lividus* i *Arbacia lixula*. La garota *P. lividus* és una espècie que històricament han patit una major pressió per recol·lecció a la costa catalana, ja que es tracta d'una espècie comercial. El marisqueig d'aquesta espècie 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). També s'han descrit diferències en el seu paper estructural a les comunitats rocoses infralitorals. *P. lividus* sembla consumir més aviat algues frondoses erectes, i quan la seva densitat és elevada pot formar blancalls extensos (Sala *et al.*, 1998, Privtera *et al.*, 2008, Agnetta *et al.*, 2015). *A. lixula*, en canvi, sembla alimentar-se més d'algues calcàries incrustants i d'algues reclutes, i per tant la seva presència pot mantenir blancalls i dificultar la recuperació dels boscos algals (Privtera *et al.*, 2008, Bonaviri *et al.*, 2011). A més, *A. lixula* no pateix una depredació tan important com *P. lividus* (Guidetti 2004, Guidetti i Mori 2006).

Una altra de les pressions preocupants que pateixen aquestes comunitats, que podria comportar canvis molt significatius en les comunitats algals és l'arribada d'espècies invasores. *Caulerpa cylindracea* és una de les espècies invasora que pot causar diversos efectes adversos sobre els

ecosistemes Mediterranis (Klein i Verlaque 2008, Ceccherelli *et al.*, 2000). A Catalunya es va detectar per primer cop el 2008 a les costes del Garraf, i posteriorment s'ha observat extensament en diversos llocs de la costa catalana.

A la Zona d'Especial Conservació (ZEC) del Grapissar de Masia Blanca es troben un elevat percentatge de fons rocós que permeten la formació dels hàbitats dominats per algues. En l'exploració d'aquesta ZEC duta a terme l'any 2021, es va escollir una estació, La Roca, per mostrejar aquestes comunitats, concretament les poblacions de les dues espècies de garotes i la composició de la comunitat algal. Aquesta estació es troba dins d'una petita reserva marina integral, dins de la ZEC, més gran. La reserva marina de Masia Blanca, davant el terme municipal del Vendrell (Tarragona), es va crear al 1999 (BOE núm. 7, de 8 de gener de 2000) i està gestionada per la Secretaria General de Pesca. Aquesta reserva i la ZEC es va crear amb l'objectiu de regenerar els recursos pesquers. La recuperació de les poblacions de peixos, per tant, en aquesta ZEC, podria tenir efectes positius sobre les comunitats rocoses degut a les esmentades relacions tròfiques entre peixos, garotes i algues. En aquest capítol presentem els resultats del primer any de mostreig d'aquestes comunitats en aquesta ZEC, amb l'objectiu d'avaluar el seu estat de conservació i establir una línia de base pel seu futur monitoratge.

Material i mètodes

Disseny de mostreig

Per a l'estudi de les comunitats algals i les poblacions de garotes en la ZEC del Grapissar de Masia Blanca s'ha seleccionat el punt suggerit en l'exploració duta a terme l'any 2021, La Roca (Figura 12, Linares *et al.*, 2022). Aquesta estació es situa als 5m de fondària i dins de comunitats infralitorals de fons rocós dominades per algues fotòfiles. La Taula 9 mostra la data de mostreig d'aquest indicador.

Taula 9. Estació de mostreig de comunitats d'algues i poblacions de garotes del 2023 a la ZEC del Grapissar de Masia Blanca

ZEC	Estació	Data mostreig	Fondària (m)
Grapissar de Masia Blanca	La Roca	2023-26-06	5

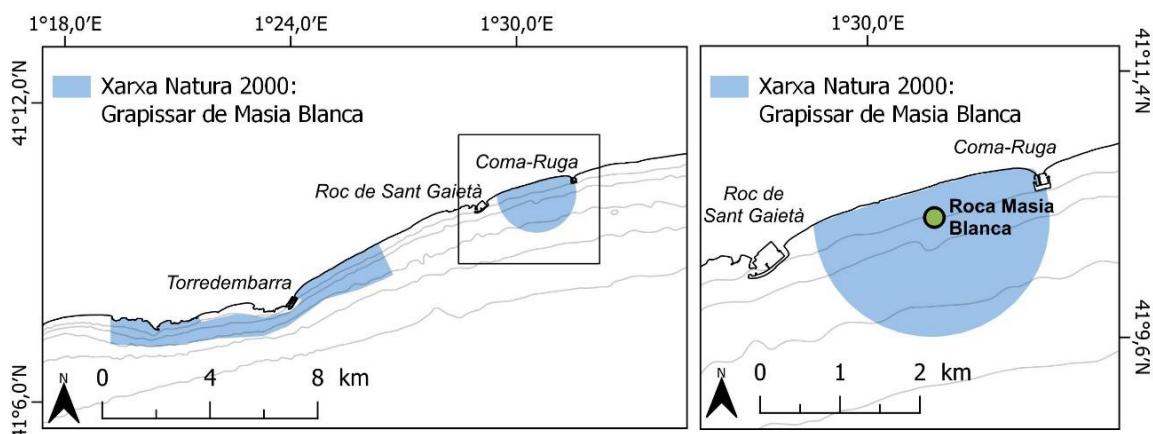


Figura 12. Mapa de l'estació de mostreig de comunitats d'algues i poblacions de garotes de la ZEC del Grapissar de Masia Blanca l'any 2023.

Metodologia de mostreig

En aquesta estació, s'ha dut a terme el mostreig dels indicadors de la següent manera:

- **Poblacions de garotes:** S'han realitzat 3 transectes de 30 metres de llarg, subdividits en trams de 10 m, i 1 metre d'ample, anotant el nombre d'exemplars de garotes observades, així com l'espècie a la que pertanyien, la seva mida, fondària i l'hàbitat sobre el qual es trobaven.
- **Comunitats algals:** Les comunitats algals s'han caracteritzat en la mateixa àrea delimitada pels transectes utilitzats per monitoritzar les poblacions de garotes. Per fer-ho, s'ha quantificat la cobertura de cada espècie d'algues d'una llista predeterminada, en les que s'inclouen les espècies més abundants a la costa catalana i alhora de fàcil identificació, per tal de reduir la probabilitat d'errors durant el comptatge (Taula 10). La composició i cobertura algal s'ha caracteritzat mitjançant quadrats de 50x50 cm subdividits en 25 quadrats de 10x10 cm. A cada quadrat s'han anotat les espècies presents en cadascun dels subquadrats, determinant així tant la cobertura de cada espècie i la composició de la comunitat. S'ha realitzat un total de 10 quadrats al llarg dels 3 transectes utilitzats pel comptatge de garotes.

Taula 10. Llistat d'espècies d'algues utilitzat en el mostreig d'algues a la ZEC Litoral del Baix Empordà l'any 2023.

Algues brunes	Algues vermelles	Algues verdes
<i>Acinetospora crinita</i>	<i>Amphiroa</i> sp.	<i>Acetabularia acetabulum</i>
<i>Cladostephus spongiosus</i>	<i>Asparagopsis armata</i>	<i>Caulerpa cylindracea</i>
<i>Colpomenia sinuosa</i>	<i>Bonnemaisonia</i> sp.	<i>Codium bursa</i>
<i>Cystoseira compressa</i>	<i>Ceramium ciliatum</i>	<i>Codium effusum</i>
<i>Cystoseira zosteroides</i>	<i>Ellisolandia elongata</i>	<i>Codium vermilara</i>
<i>Dictyota</i> s	<i>Gelidium spinosum</i>	<i>Flabellia petiolata</i>
<i>Gongolaria elegans</i>	<i>Jania rubens</i>	<i>Halimeda tuna</i>
<i>Halopteris scoparia</i>	<i>Laurencia</i> sp.	<i>Valonia utricularis</i>
<i>Padina pavonica</i>	<i>Liagora viscida</i>	
<i>Phyllariopsis</i> sp.	<i>Lithophyllum incrustans</i>	
<i>Sargassum</i> sp.	<i>Mesophyllum alternans</i>	
<i>Zanardinia typus</i>	<i>Peyssonnelia rubra</i>	
	<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	
	<i>Wrangelia penicillata</i>	

Anàlisi de dades

S'ha calculat la densitat mitjana de cada espècie de garota. També s'ha representat l'estructura de talles de la mostra de garotes mesurades.

S'ha calculat la corba rang-abundància de la comunitat algal. Per fer això, s'ha calculat primer la cobertura mitjana de cada espècie, entesa com la proporció mitjana de subquadrats on s'ha detectat l'espècie dins d'un quadrat de mostreig. Aquesta cobertura mitjana s'ha dividit per la cobertura de l'espècie més abundant, obtenint així la dominància relativa de cada espècie. S'han ordenat les espècies en funció de la seva cobertura mitjana, assignant rangs d'abundància, i s'ha representat la relació entre la dominància relativa de cada espècie i el seu rang.

Resultats

Poblacions de garotes

A l'estació de mostreig de garotes d'aquest ZEC s'ha observat una densitat mitjana de *P. lividus* de 6.2 ± 2.3 individus/10m² i una densitat mitjana de *Arbacia lixula* de 0.8 ± 0.4 individus/10m².

L'estructura de talles de *P. lividus* mostra una distribució força normal, unimodal amb dominància d'individus d'entre 4-5cm de diàmetre, i uns pocs individus petits i grans (Figura 13). S'han observat alguns reclutes de 1-2 cm de diàmetre.

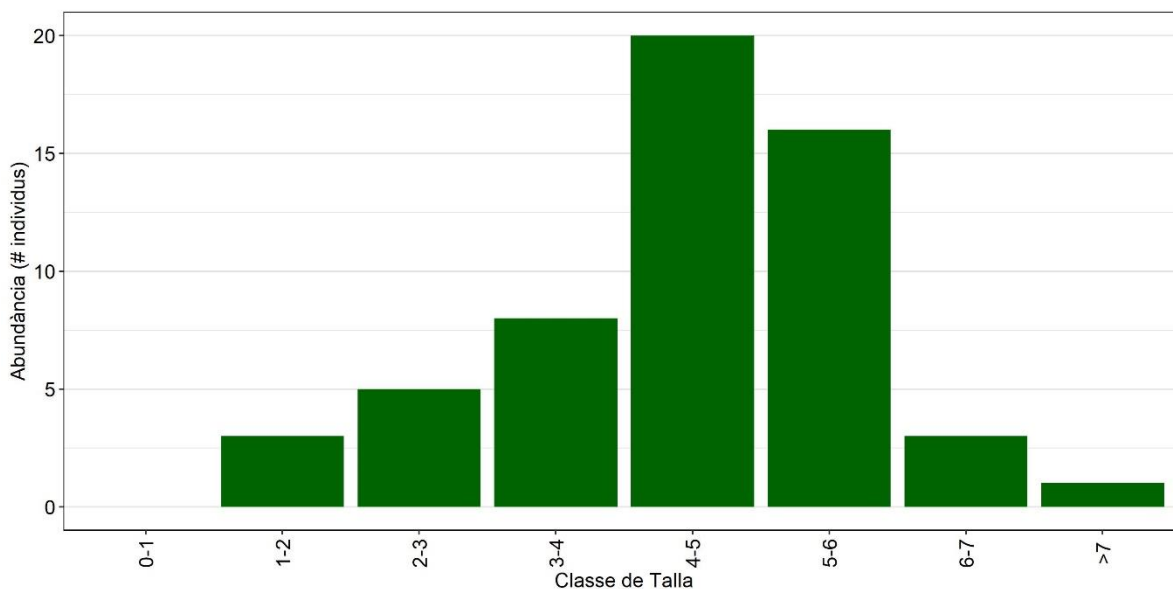


Figura 13. Estructura de talles de *Paracentrotus lividus* a l'estació mostrejada (La Roca) al ZEC del Grapissar de Masia Blanca.

En el cas de *A. lixula*, la estructura de talla és més irregular, amb la majoria de garotes observades tenint entre 3-4 cm de diàmetre (Figura 14). L'abundància total (s'han observat únicament 7 individus) d'aquesta espècie, però, és molt baixa com per observar una clara estructura de talles.

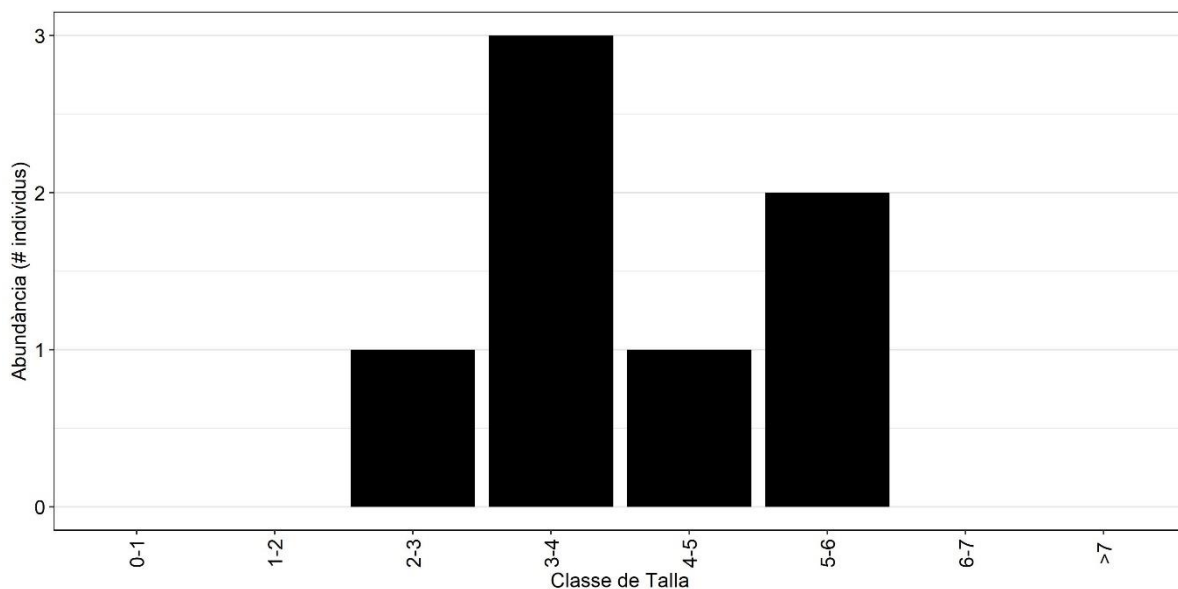


Figura 14. Estructura de talles de *Arbacia lixula* a l'estació mostrejada (La Roca) al ZEC del Grapissar de Masia Blanca

Comunitats algals

Les espècies d'algues més abundants en l'estació de La Roca han estat *Padina pavonica*, espècies de l'ordre *Dictyotales* i *Acetabularia acetabulum*. La quarta espècie més abundant ha estat l'alga invasora *Caulerpa cylindracea* (Figura 15). S'ha observat en menor mesura espècies erectes com ara *Cladostephus spongiosus* o *Halopteris scoparia*, i alguns quadrats mostrejats contenien l'alga esfèrica *Colpomenia sinuosa*. També s'ha observat algues calcificants com *Jania rubens* i el cloròfit *Halimeda tuna*. La riquesa d'espècies mitjana per quadrat de mostreig en aquesta estació ha sigut de 8 espècies. La figura 16 mostra un exemple d'un quadrat de mostreig (A), i un exemplar de *C. cylindracea* en aquesta estació (B).

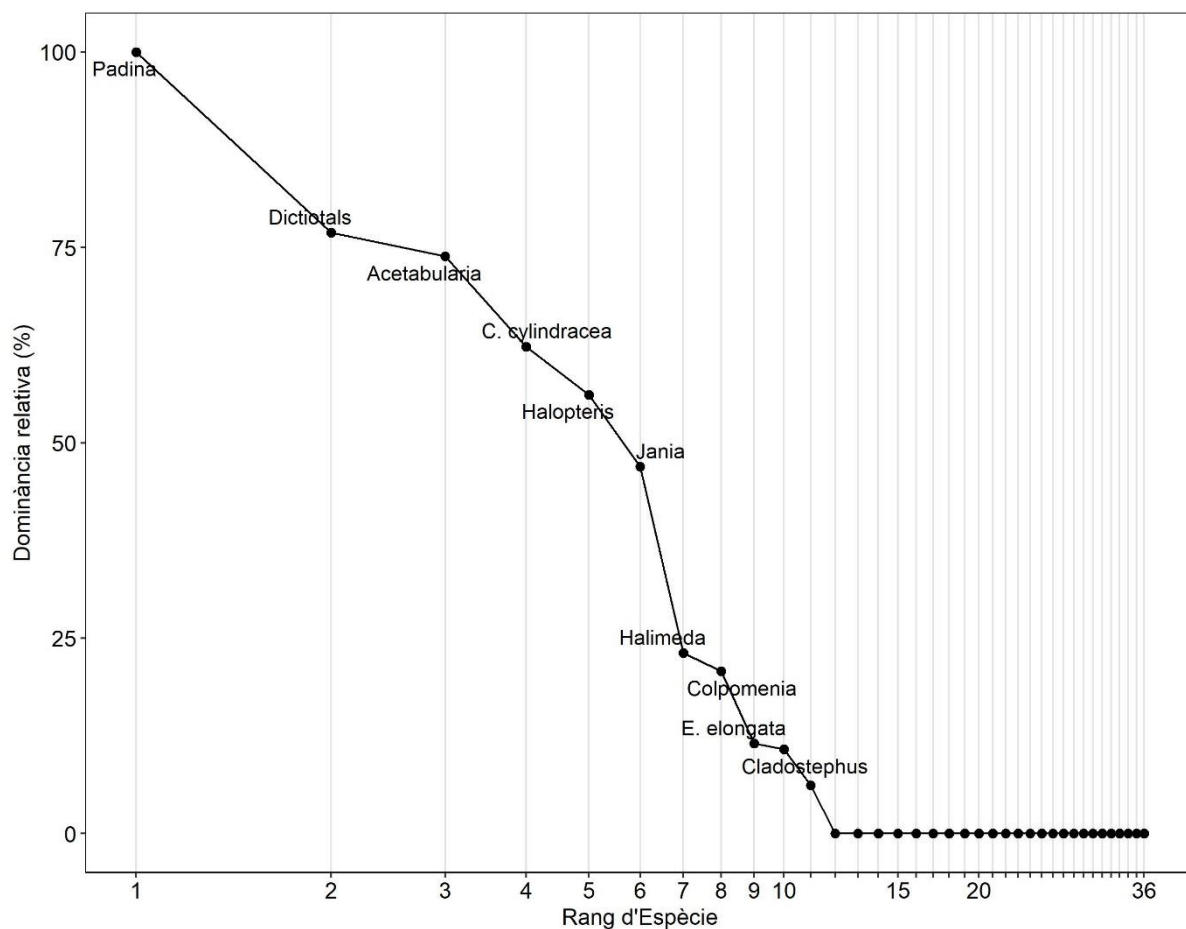


Figura 15. Corba de rang-abundància de la comunitat algal en l'estació mostrejada (La Roca) a la ZEC del Grapissar de Masia Blanca l'any 2023. El rang correspon al rang de cada espècie en ordre d'abundància, i la dominància relativa correspon a la cobertura de cada espècie (percentatge mitjà de subquadrats din on és present l'espècie) en relació a la cobertura de l'espècie dominant (de rang 1). Eix X en escala logarítmica.

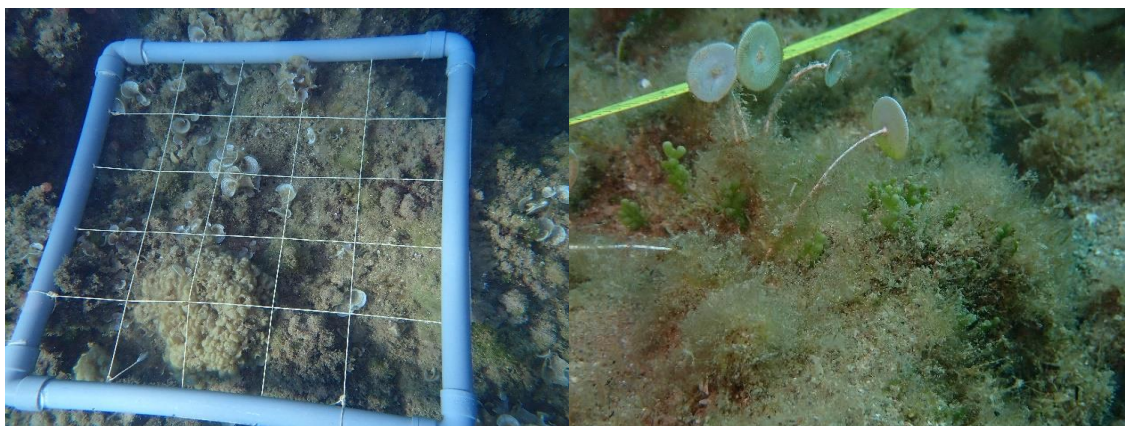


Figura 16. Exemple d'un quadrat de mostreig (A) i fotografia de l'alga invasora *Caulerpa cylindracea* a l'estació de La Roca a la ZEC del Grapissar de Masia Blanca.

Discussió

En la ZEC del Grapissar de Masia Blanca, la densitat de garota comuna (*P. lividus*) és relativament baixa. Tot i així, l'estructura de talles mostra una població amb presència de reclutes i d'individus grans. S'ha observat una densitat molt reduïda de garota negra (*A. lixula*), probablement degut a un baix reclutament i poca disponibilitat d'hàbitat apropiat per aquesta espècie. Aquests resultats suggereixen una pressió d'herbivorisme baixa-moderada sobre les comunitats algals, i per tant l'excés d'herbivorisme no sembla ser de moment una amenaça important per les comunitats infralitorals en aquesta ZEC. Les baixes densitats de garotes podrien ser explicades per una baixa disponibilitat d'hàbitat adequat més que per un excés de depredació dels peixos, per les baixes densitats i biomasses observades en el indicador de peixos.

Les comunitats algals de l'estació mostrejada en aquesta ZEC són típiques de zones ben il·luminades amb un grau moderat de sedimentació, hidrodinamisme baix o moderat, i amb pendents suaus (Ballesteros 1993). Les algues fotòfiles del gènere Dictyotals, així com *Halopteris scoparia*, *Padina pavonica* i *Acetabularia acetabulum* s'han trobat com a espècies dominants, amb presència menor d'altres espècies amb cert grau de complexitat morfològica com ara *Cladostephus spongiosus* o *Colpomenia sinuosa*. Aquestes comunitats generalment compten amb força biodiversitat, i per tant tenen cert valor de conservació (Ballesteros 1993), tot i que no destaquen zones amb comunitats més madures i diverses com les dominades per boscos de espècies de *Cystoseira sensu lato* (amb l'excepció de *C. compressa*) que són les comunitats de macroalgues indicadores d'un elevat estat ambiental (Ballesteros *et al.*, 2007). És difícil saber com seria l'hàbitat de referència de bon estat ecològic segons les condicions ambientals de l'estació mostrejada, ja que no es té prou informació històrica sobre les comunitats infralitorals rocoses en aquesta ZEC.

Més problemàtica podria ser l'elevada abundància de l'alga invasora *Caulerpa cylindracea* observada a l'estació mostrejada. Aquesta podria alterar les condicions de sedimentació i afavorir la formació de gesses algals en lloc d'algues erectes amb més valor funcional per l'ecosistema

(Bulleri *et al.*, 2010). La seva distribució extensa per la costa catalana fa difícil la mitigació dels seus impactes. En el context d'aquesta pressió per aquesta alga invasora, és fonamental reduir les altres pressions locals que puguin patir aquests hàbitats rocosos infralitorals. Aquestes inclouen l'eutrofització i la contaminació, la sedimentació alterada per la urbanització i modificació de la costa i la sobrepesca, que pot alterar les xarxes tròfiques. El monitoratge continuat de les comunitats rocoses infralitorals permetrà estudiar en major detall l'estat de conservació d'aquesta ZEC.

Conclusions

La ZEC del Grapissar Masia Blanca, tot i ser de petita extensió, compta amb un fons rocós on es desenvolupen comunitats algals típiques de fons il·luminats i amb graus moderats de sedimentació. S'han observat espècies amb morfologies erectes i arborescents amb cert valor estructural per l'ecosistema, però no s'ha observat el desenvolupament d'algues del gènere *Cystoseria sensu lato*, que són indicadores d'un molt bon estat ambiental.

L'elevada abundància relativa de l'alga invasora *Caulerpa cylindracea* en els fons rocosos d'aquesta ZEC podria suposar un impacte per les comunitats natives i comprometre la funció ecosistèmica.

S'ha observat una població de *Paracentrotus lividus* poc densa però ben desenvolupada així com molts pocs individus de *Arbacia lixula* en aquesta ZEC.

Les baixes densitats de garotes podrien ser explicades per una baixa disponibilitat d'hàbitat adequat més que per un excés de depredació dels peixos, per les baixes densitats i biomasses observades en el indicador de peixos.



Comunitats de coral·ligen

- El coral·ligen de la ZEC de Masia Blanca es tracta d'un hàbitat molt residual, dins aquesta ZEC, essent més una fàcies de precoral·ligen que de coral·ligen, amb dominància d'algues calcàries i espècies estructurals.
 - El grup més abundant és el turf algal, pel que ja indica que dominen espècies més oportunistes i destaca la presència d'espècies heterotròfiques com esponges, briozous i cnidaris.
 - L'índex de qualitat de l'hàbitat ens dona un estat pobre, fins i tot molt prop a dolent.
- El fet de no haver-hi informació prèvia d'aquest hàbitat en el passat es fa difícil saber si havia estat més abundant i en millor qualitat, tot i que per les condicions abiòtiques no sembla ser que sigui un hàbitat rellevant en la ZEC.
 - Les pressions actuals semblen estar més directament relacionades amb la qualitat de l'aigua i la sedimentació que no pas a l'impacte de la pesca o el canvi climàtic.

Introducció

El coral·ligen, definit com una bioconstrucció formada principalment per algues coral·linàcies que creixen en condicions de baixa irradiància, és un hàbitat marí endèmic de la mediterrània i d'elevat interès patrimonial, ja que és considerat un *hot-spot* de biodiversitat marina que concentra un 10 % de les espècies marines presents al Mar Mediterrani, esdevenint una prioritat per a la conservació. Aquest hàbitat es caracteritza per la presència d'algues dels gèneres *Lithophyllum*, *Lithothamnion*, *Mesophyllum*, *Neogoniolithon*, *Peyssonnelia* i *Halimeda*, que es desenvolupen entre els 20 i 120m de fondària, limitant el creixement de les algues fotòfiles degut a la limitada quantitat de llum disponible que arriba al fons (Ballesteros, 2006; Linares *et al.*, 2012; Garrabou *et al.*, 2017). En aquestes condicions, les algues calcàries esdevenen les espècies dominants, i conjuntament amb una varietat d'organismes invertebrats, formen comunitats d'alta complexitat estructural (Linares *et al.*, 2012).

Originalment, el concepte de coral·ligen va sorgir al segle XIX a la regió de Marsella i s'atribueix al científic francès A. F. Marion (1833), el qual es dedicava a l'estudi de la biologia del corall vermell *Corallium rubrum*, espècie de gran importància pesquera a aquesta regió. En aquest context, com que el corall vermell era extret en zones amb gran abundància d'algues calcàries, aquest hàbitat "productor de corall" va adoptar aquest nom. No obstant, el terme agrupa una gran diversitat de comunitats dominades per diversos tipus d'algues calcàries i invertebrats que, independentment de la seva composició, es caracteritzen per la capacitat de formar importants bioconcrecions, que poden arribar fins als 2 m d'alçada, en diferents zones geogràfiques de la Mediterrània (Ballesteros, 2006; Linares *et al.*, 2012; Garrabou *et al.*, 2017).

La formació del coral·ligen és un procés extremadament lent que dona lloc a una estructura complexa i heterogènia. En aquest sentit, les comunitats de coral·ligen es caracteritzen per la presència de tres estrats diferents en els quals hi habiten diferents tipus d'espècies segons la forma de creixement, mida i requeriments ecològics. L'estrat basal es troba constituït per diferents tipus d'algues coral·linàcies i espècies de creixement incrustant i/o poca alçada (rodòfits, algues verdes, briozous coralls o esponges). L'estrat mig està dominat per espècies amb un creixement massiu i d'alçada moderada (fins uns 15 cm) com el cas de briozous, antozous, ascidis esponges i algunes algues (*Halimeda tuna* i *Flabellia petiolata*) i finalment trobem l'estrat superior dominat per gorgònies i esponges de forma arborescent i de gran envergadura (Garrabou *et al.*, 2017).

Malauradament, les comunitats de coral·ligen, a l'igual que la gran majoria d'hàbitats, no estan exemptes de pressions i perturbacions vinculades a l'activitat humana. Entre aquestes hi trobem l'augment de la turbulència de l'aigua, l'eutrofització i els efectes erosius de les àncores i els arts de pesca, com la pesca d'arrossegament (Ballesteros, 2006). Actualment, a aquestes perturbacions més locals, cal afegir-hi els efectes de dos impactes importants d'abast regional, el canvi climàtic i l'arribada d'espècies invasores. Així doncs, en un món cada vegada més canviant degut al canvi climàtic, amb augments de temperatura i onades de calor cada vegada més elevats i recurrents, les espècies del coral·ligen es troben entre els organismes més vulnerables en els ecosistemes costaners del Mar Mediterrani, el qual ha registrat màxims històrics de temperatures ens els últims anys (Garrabou *et al.*, 2022). Al canvi climàtic, s'ha d'afegir l'arribada d'espècies invasores (com *Caulerpa cylindracea* i *Womersleyella setacea*) vinculada a l'increment del transport marítim i el desenvolupament de l'aqüicultura (Linares *et al.*, 2012). La suma d'aquestes perturbacions, ja



siguin directes o combinades, pot comportar conseqüències greus per a la conservació d'aquestes valuoses comunitats, el qual accentua la gran fragilitat d'aquest hàbitat davant les perturbacions.

Donada la seva elevada vulnerabilitat a aquestes pressions, el coral·ligen ha estat objecte de diverses mesures de protecció preses per diferents administracions i organitzacions. Concretament, la Unió Europea va prohibir la pesca amb arts d'arrossegament, dragues, xarxes de platja o xarxes similars sobre les comunitats del coral·ligen (CE Num. 1967/2006, Article 4.2). Més recentment, els països signataris de la Convenció de Barcelona (entre ells Espanya) varen aprovar un pla d'acció per la protecció del coral·ligen compromentent-se a promoure la seva conservació i gestió sostenible (UNEP-MAP RAC/SPA 2008). Finalment, l'any 2016, el coral·ligen ha estat inclòs a la llista vermella d'hàbitats europeus com gairebé amenaçada (NT) (http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/redlist_en.htm). Cal afegir que algunes de les espècies emblemàtiques com el corall vermell *Corallium rubrum* i la gorgònia *Paramuricea clavata* han estat recentment incloses dins la llista vermella d'Antozous del Mediterrani de la IUCN com en perill i vulnerable, respectivament (Otero *et al.*, 2017).

Per tal d'avaluar l'estat de la comunitat del coral·ligen en general, s'ha estimat la riquesa de principals grups taxonòmics, morfològics i també s'ha calculat un índex de qualitat pel coral·ligen. De tots els índexs descrits pel coral·ligen (Di Camillo *et al.*, 2023), s'ha triat l'INDEX-COR (IC, Sartoretto *et al.*, 2017), ja que no necessita d'una estació de referència dins la zona d'estudi, i integra 3 components per a valorar l'estat de conservació del coral·ligen: la sensibilitat de les espècies presents a perturbacions, i per tant de forma indirecta la presència d'aquestes; la biodiversitat de la comunitat, que sustenta les funcions ecosistèmiques d'aquesta comunitat (Paoli *et al.*, 2017); i finalment la complexitat estructural de la comunitat, essencial per tota la biodiversitat que viu associada al coral·ligen (Ballesteros, 2006).

Així doncs, l'objectiu d'aquest programa de seguiment és avaluar el possible impacte que pateix aquest hàbitat i el seu estat de conservació a la ZEC Grapissar de Masia Blanca, a partir de l'avaluació de tota la comunitat de coral·ligen en conjunt, a través d'una exploració taxonòmica, centrat en les morfologies de les espècies presents en aquest hàbitat.

Material i mètodes

Disseny de mostreig

Per a l'estudi de les comunitats de coral·ligen a la ZEC del Grapissar de Masia Blanca s'ha seleccionat una estació on es troba representat aquest hàbitat (Figura 17, Taula 11).

Taula 11. Estacions de mostreig de comunitats de coral·ligen de la ZEC del Grapissar de Masia Blanca de l'any 2023.

ZEC	Estació	Fondària (m)	Data mostreig
Grapissar de Masia Blanca	Coral Masia Blanca	15	2023-06-22

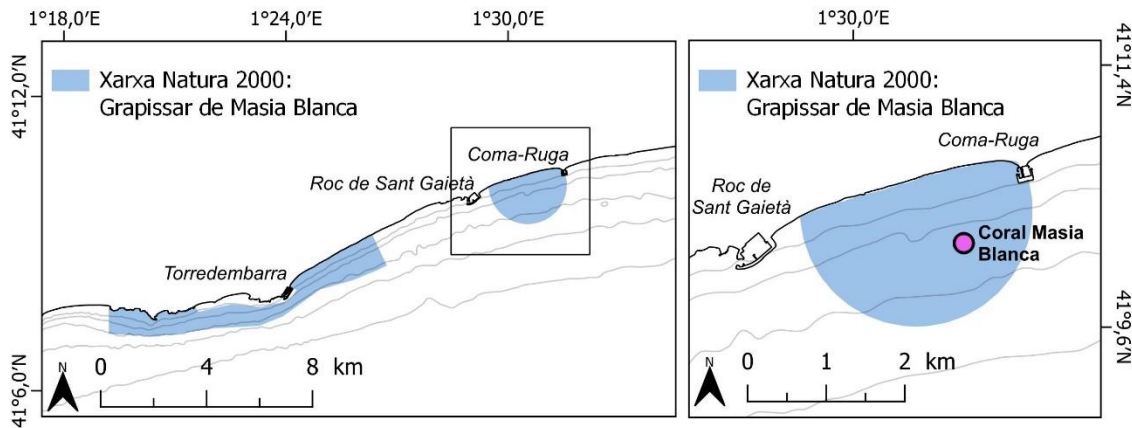


Figura 17. Mapa de les estacions de mostreig de comunitats de coral·ligen de la ZEC del Grapissar de Masia Blanca de l'any 2023.

Metodologia de mostreig

Per a mostrejar el coral·ligen, s'han fotografiat els organismes sèssils macrobentònics per a realitzar un anàlisi de la comunitat. Específicament, s'ha fet servir una càmera Nikon D7000, per a mostrejar fotogràficament 3 transectes aleatoris per estació. Cada transecte està compost per 8 quadrats de 25 x 25 cm, donant-nos un total de 24 fotografies (Figura 18). S'ha decidit aquesta quantitat per a cobrir l'àrea òptima, respecte l'esforç de mostreig, per capturar la biodiversitat de comunitats coral·lígenes (Kipson *et al.*, 2011).

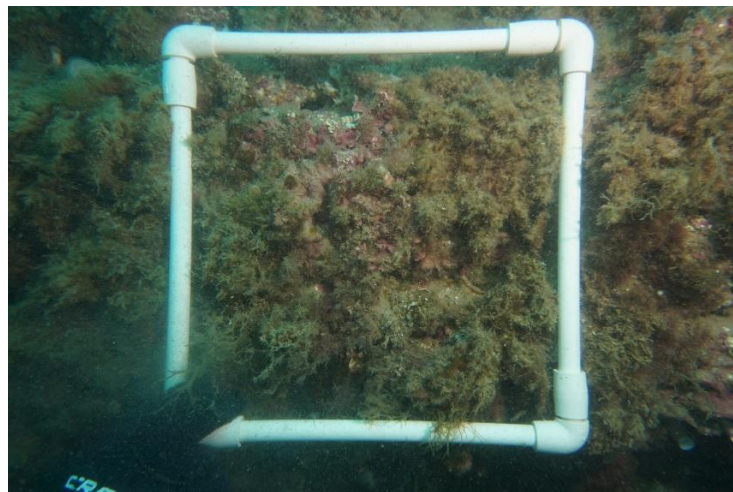


Figura 18. Fotografia del quadrat de 25 x 25 cm emprat per al mostreig de la comunitat de coral·ligen a la ZEC del Grapissar de Masia Blanca.

Un cop realitzades les fotografies, s'han analitzat amb el programari lliure PhotoQuad (Trygonis i Sini, 2012), amb l'objectiu d'obtenir la cobertura dels diferents organismes. És a dir, el percentatge d'àrea que ocupa cada un dels organismes dins la comunitat, i en aquest cas en les fotografies. Per a fer-ho, s'han marcat de forma aleatòria 100 punts en cada fotografia i s'ha identificat l'espècie al nivell taxonòmic més baix possible. Amb aquestes dades, s'ha realitzat una exploració



taxonòmica, un anàlisi centrat en les morfologies de les espècies presents i, s'ha calculat l'índex INDEX-COR (Sartoretto *et al.*, 2017) per a categoritzar el seu estat de conservació.

L'exploració taxonòmica, ha consistit en agrupar i representar la cobertura de les espècies en el següents grups taxonòmics: algues cloròfitas, algues feòfitas, algues rodòfitas, bivalves, briozous, cnidaris poliquets, porífers i tunicats. A part d'aquests grups, també s'ha representat la cobertura de "turf algal", és a dir, la gespa d'algues que no es pot identificar de forma macroscòpica. També s'ha representat la cobertura del "mixture complex", entesa com la matriu biòtica basal que envolta la resta d'organismes identificats, també un aspecte tipus "turf", però que està composta per un conjunt d'invertebrats, d'algues, i altres espècies que no es poden identificar de forma macroscòpica.

Amb l'objectiu d'explorar la complexitat estructural del coral·ligen, i per tant la seva capacitat d'oferir hàbitat, s'ha categoritzat les espècies en diferents grups morfològics. Adaptat de Casas *et al.*, 2015, el grups morfològics són: algues incrustants, tipus turf, foliars, articulades i massives; invertebrats incrustants, amb forma de copa, massius, arborescents, perforants i epibionts obligats; i el "mixture complex". De cada grup s'ha calculat la cobertura en percentatge i representat en la gràfica en ordre ascendent de complexitat.

Finalment, per a avaluar l'estat del coral·ligen, s'ha calculat un índex de qualitat. Dels índexs descrits pel coral·ligen (Di Camillo *et al.*, 2023), s'ha triat l'INDEX-COR (IC, Sartoretto *et al.*, 2017). Fent servir un llistat d'espècies publicat pels autors de l'índex (Sartoretto *et al.*, 2017), el primer component es calcula classificant les espècies identificades en diferents grups de sensibilitat a pressions antropogèniques, en aquest cas centrat en qualitat de l'aigua (matèria orgànica, sediment) i perturbacions físiques (ancoratge, pesca, submarinisme). El segon component, la biodiversitat, es calcula a partir del nombre d'unitats taxonòmiques identificades en el mostreig. Finalment, el tercer component es basa en dividir el coral·ligen en 3 capes: basal (espècies incrustants < 5cm), intermèdia (espècies de creixement erecte limitat < 20cm) i superior (espècies > 20cm) i calcular la seva proporció dins la comunitat. De les espècies de la capa superior (principalment gorgònies), també pondera el seu estat d'afectació per temperatura. A partir dels 3 components, seguint la metodologia dels autors es pot calcular el valor de l'índex per cada estació i classificar-lo en 5 estats: "dolent" (IC < 20), "pobre" (20 < IC < 40), "moderat" (40 < IC < 60), "bo" (60 < IC < 80) i "alt" (IC > 80).

Resultats

Exploració taxonòmica

La comunitat presenta una composició taxonòmica dominada per espècies autotròfiques (93.21%). Específicament, està sobretot formada per turf algal (60.29%), és a dir, gespes d'algues que no es poden identificar a nivell macroscòpic. Hi ha certa presència d'algues vermelles i brunes (15.95% i 15.82% respectivament) (Figura 19). Cal també destacar la manca d'esponges i baixa proporció de cnidaris i briozous (1.08% i 0.6% respectivament).

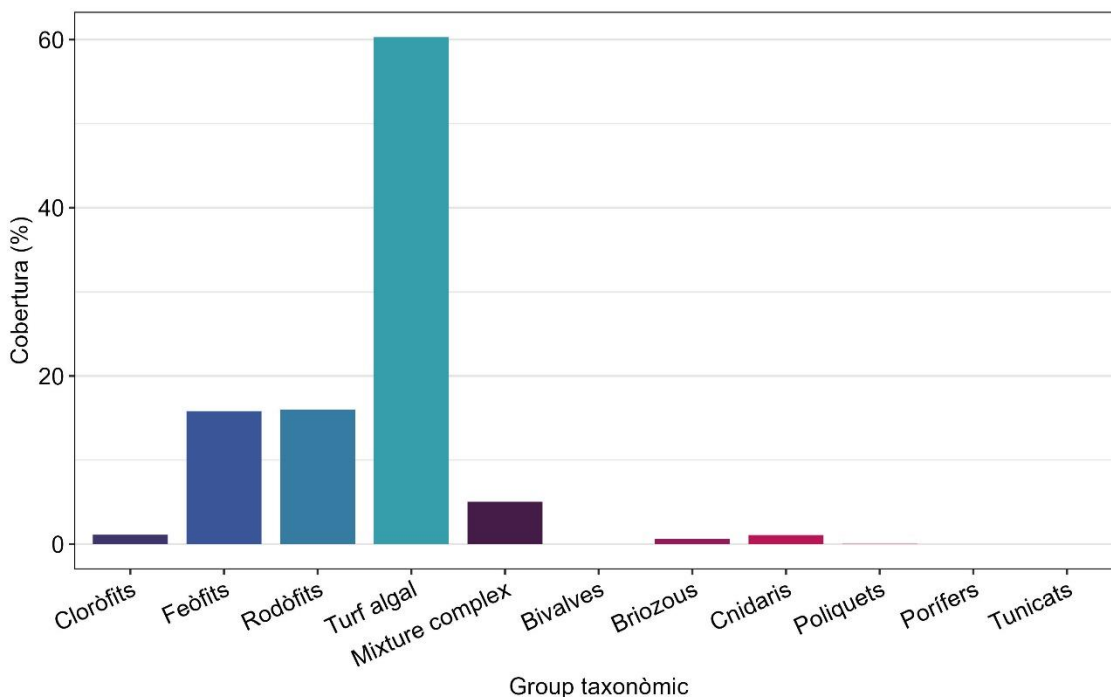


Figura 19. Cobertura en percentatge del principals grups taxonòmics identificats en la comunitat del coral·ligen a la ZEC del Grapissar de Masia Blanca l'any 2023. Els colors blaus indiquen grups autotròfics mentre els colors vermells indiquen grups amb estratègies principalment heterotròfiques. La categoria "mixture complex" es defineix com la matriu basal de la comunitat composta per un conjunt d'invertebrats i algues que no són identificables a nivell macroscòpic. En el gràfic, només s'han etiquetat els grups que superen el 5%.

En l'exploració taxonòmica s'ha observat que la morfologia més present en la comunitat és el turf (60.29% i 5.04% d'algues i de "mixture complex" respectivament). La resta de la comunitat està composta principalment per algues amb morfologies incrustants (17.97% i 13.87% respectivament). També destacar la manca de morfologies complexes tipus massives o arborescents (Figura 20).

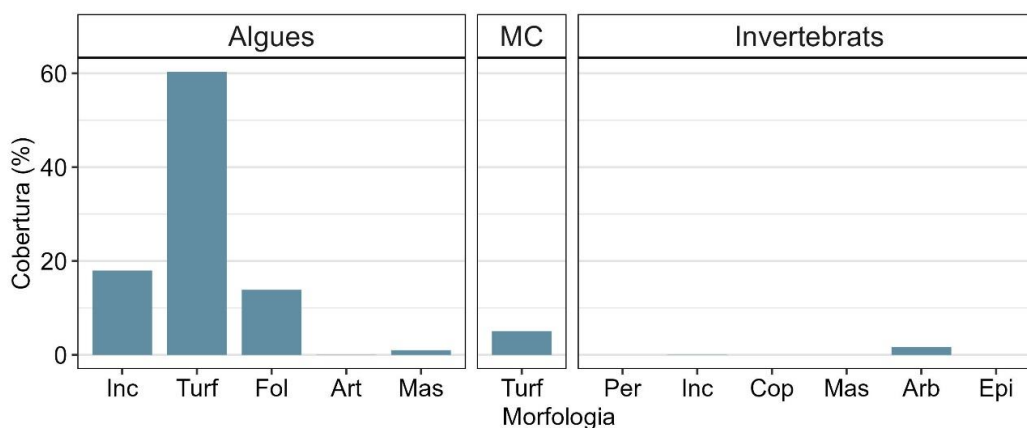


Figura 20. Cobertura en percentatge del principals grups morfològics identificats en la comunitat del coral·ligen a la ZEC del Grapissar de Masia Blanca l'any 2023. Les abreviacions signifiquen: Incrustants, Turf, Foliars, Articulada, Massiva, Turf, Perforant, Incrustant, Forma de Copa, Massiva, Arborescent i Epibiont. La categoria "MC" s'entén com la matriu basal de la comunitat composta per un conjunt d'invertebrats i algues que no són identificables a nivell macroscòpic.



Estat de conservació

Taula 12. Resultats de INDEX-COR en el coral·ligen a la ZEC del Grapissar de Masia Blanca l'any 2023. Aquí s'observen els valors dels 3 components: TS (Sensitivitat), OTR (Biodiversitat), SC (Complexitat estructural) i el valor de l'índex (IC) amb l'estat de conservació corresponent.

ZEC	Estació	TS	OTR	SC	IC	Estat
Masia Blanca	Masia Blanca	8.3	23	1.3	21.1	Pobre

L'Estació Masia Blanca presenta un estat de conservació pobre (Taula 12), no gaire lluny de l'indiar "dolent" d'estat de conservació (IC < 20).

Discussió

El coral·ligen es un hàbitat que és molt residual a la ZEC de Masia Blanca. De fet l'estació seleccionada és més aviat una fàcies de precoral·ligen dominada per organismes algals que per organismes heterotròfics com invertebrats, tal com s'observa en la composició taxonòmica on predominen les gesses i on destaca la manca de complexitat estructural i la baixa presència d'altres invertebrats com esponges o briozous.

En consonància, l'estat de qualitat del coral·ligen en aquesta ZEC és pobre, fins i tot molt proper a dolent per la manca d'espècies estructurals i sensibles a les perturbacions. Tot i que s'ha observat la presència d'algunes gorgònies en aquesta ZEC (principalment *Eunicella verrucosa*) aquestes són poc abundants i per tant, no han estat objecte de seguiment dins aquesta ZEC com ha passat en altres de les ZECs visitades enguany (Litoral Baix Empordà i Costes del Maresme).

L'estat de conservació d'aquest hàbitat ve determinat segurament per diversos factors com la qualitat de les aigües, terbolesa de l'aigua i l'excés de sedimentació (en aquesta ZEC hi ha una elevada heterogeneïtat d'hàbitats de roca i sedimentaris). Tot i que no s'han observat impactes directes de pesca, la manca de dades d'aquesta ZEC se'ns fa difícil poder dir si aquestes pressions també estan afectant negativament a aquest espai. Tampoc tenim evidències que el canvi climàtic estigui afectant en aquest hàbitat amb les dades obtingudes.

Els resultats ens indiquen que l'aplicació de l'índex INDEX-COR es una bona aproximació per avaluar l'estat d'aquest hàbitat als nostres espais protegits. Tot i que futurs estudis haurien d'avaluar l'efectivitat d'altres índexs desenvolupats pel coral·ligen. S'ha de tenir en compte que des de l'any 2009, s'han dissenyat almenys 16 índexs, però cap d'ells ha estat adoptat oficialment pel Centre d'Activitats Regionals d'Àrees Especialment Protegidas (RAC/ZEPA) per estimar la qualitat del coral·ligen (Di Camillo *et al.*, 2023).

Conclusions

L'hàbitat de coral·ligen de la ZEC de Masia Blanca es tracta d'un hàbitat molt residual dins aquesta ZEC, essent més una fàcies de precoral·ligen que de coral·ligen, amb dominància d'algues calcàries i espècies estructurals.

El grup més abundant és el turf algal, pel que ja indica que dominen espècies més oportunistes i destaca la presència d'espècies heterotròfiques com esponges, briozous i cnidaris.

L'índex de qualitat de l'hàbitat ens dona un estat pobre, fins i tot molt prop a dolent.

El fet de no haver-hi informació prèvia d'aquest hàbitat en el passat es fa difícil saber si havia estat més abundant i en millor qualitat, tot i que per les condicions abiòtiques no sembla ser que sigui un hàbitat rellevant en la ZEC.

Les pressions actuals semblen estar més directament relacionades amb la qualitat de l'aigua i la sedimentació que no pas a l'impacte de la pesca o el canvi climàtic.



Paisatge

- S'ha realitzat un transsecte batimètric entre 11 i 17 m de profunditat, i una exploració del límit profund de la praderia de posidònia.
 - Predominen principalment tres hàbitats, sorres fines i gruixudes, praderies de fanerògames (sobretot posidònia) i fons infralitorals rocosos. Aquesta combinació proporciona un paisatge submarí divers.
 - El fons rocós es caracteritza per presentar comunitats fotòfiles, de precoral·ligen i una elevada diversitat de peixos.
 - *Cymodocea nodosa* és present de manera dispersa i poc densa sobre substrat sorrenc i colonitzant les taques de mata morta de posidònia.
- La praderia profunda i contínua de *Posidonia oceanica* presenta un aspecte saludable i típic de les praderies profundes, amb clapes de sorra mitjanes i grans.
 - S'ha observat una zona amb presència d'abundants taques de mata morta amb relleu notable, probablement resultat d'impactes històrics.
 - S'han localitzat arts de pesca, probablement cadups, abandonats. Malgrat que no representen un risc per a les comunitats bentòniques, seria recomanable la seva retirada.

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 una dimensió espacial determinada i 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 consisteix en veure'l com una jerarquia d'elements (taca, hàbitat...) encaixats a diferents escales espacials (Pittman *et al.*, 2004) (Figura 21). 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.

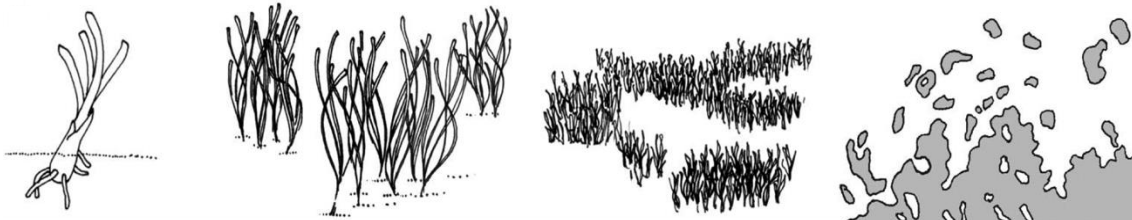


Figura 21. Representació de l'estructura jeràrquica d'un hàbitat de fanerògames marines al paisatge marí costaner, modificada a partir de Boström *et al.*, 2011. D'esquerra a dreta, plantes marines vistes a escales creixents de centímetres a quilòmetres.

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 en un bon estat. No obstant això, la fragmentació estaria impeding el moviment d'espècies, els fluxos gènics i altres processos, amb conseqüències negatives a mitjà termini. En conseqüència, 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 els resultats obtinguts a partir d'una escala o una altra, siguin complementaris (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 Grapissar de Masia Blanca trobem principalment tres hàbitats: sorres fines o gruixudes infralitorals, fanerògames marines, en concret *Posidonia oceanica* i *Cymodocea nodosa*, i fons infralitorals rocosos amb diferents comunitats fotòfiles i de precoral·ligen (Linares *et al.*, 2022).

L'objectiu d'aquest treball és obtenir informació a una escala espacial gran (de centenars de metres) sobre la distribució espacial dels diferents hàbitats d'aquesta ZEC. L'estructura de l'hàbitat, tal com l'hem definit, és sensible a canvis ambientals, tant abruptes, deguts a impactes puntuals com progressius i a llarg termini. 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 dos transectes batimètrics en dos dies de campanya, concretament el 22 i el 26 de juny del 2023 (Taula 13, Figura 22), amb un equip de cinc persones, quatre bussejadors i un barquer. Les immersions han tingut una duració aproximada de 45 minuts.

Taula 13. Estacions on s'han realitzat els transectes de paisatge en la ZEC del Grapissar de Masia Blanca. Fondària: rang de fondària en metres al llarg dels transectes.

Estació	Data mostreig	Fondària (m)
Masia Blanca	22/06/2023	11-17
Límit profund posidònia	26/06/2023	16-17

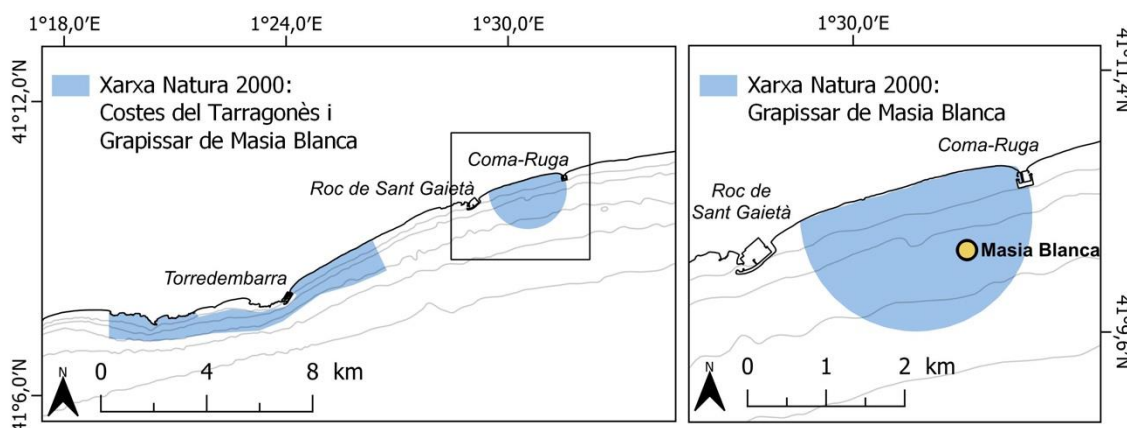


Figura 22. Mapa de les zones on s'han realitzat els transectes de paisatge de la ZEC del Grapissar de Masia Blanca.

Metodologia de mostreig

La metodologia utilitzada per dur a terme l'estudi del paisatge, ha consistit en fer un recorregut amb propulsors mecànics al llarg d'un transsecte batimètric en direcció a la costa. El primer recorregut s'ha realitzat en direcció a la costa, mentre que el segon, en direcció al fons fins a trobar el límit profund de la praderia de posidònia, el qual s'ha resseguit uns metres. Al llarg dels recorreguts s'ha anotat la distribució dels hàbitats principals i les espècies més característiques, així com possibles signes d'impactes, com pot ser el grau de mortalitat dels organismes bentònics de substrat rocós o la presència d'espècies introduïdes. Pel que fa a les fanerògames, també s'han anotat els feixos arrancats, i altres aspectes relacionats amb la macroestructura (continuitat de la praderia, presència i mida de clapes de sorra), el tipus de substrat, així com la tipologia del límit profund. A més, s'ha obtingut un registre fotogràfic com a referència o per possibles anàlisis futures.

Resultats

Masia Blanca

L'inici d'aquest transsecte es situa a 1 km de la costa, a una profunditat de 17 m, i segueix un rumb aproximat de 350°. La distància total recorreguda és d'uns 360 m. En el punt inicial s'observa una praderia de *P. oceanica* contínua amb algunes clapes grans de sorra (> 5 m de diàmetre) (Figura 23a,b) i un aflorament rocós de 5 m d'amplada i 2 m d'alçada (Figura 23c). Aquesta barra rocosa està coberta de comunitats algals com dictiotals, *Padina pavonica* o *Codium bursa*, gorgònies *Eunicella singularis* i *Leptogorgia sarmentosa*, i el briozou *Myriapora truncata*. També s'observa una comunitat variada i abundant de peixos com *Diplodus vulgaris*, *Sarpa salpa*, *Chromis chromis*, *Thalassoma pavo*, *Serranus cabrilla* i fins i tot, un mero *Epinephelus marginatus*. Seguint el rumb, la praderia, que queda separada de la barra rocosa per una extensió de 5 m d'amplada de sorra, segueix amb la mateixa estructura que la mencionada anteriorment. A mesura que s'avança cap a la costa, a 14 m de profunditat, la praderia es va esclerissant i la superfície de mata morta va incrementant, fins a fer la transició amb el substrat sorrenc. Més enllà d'aquest límit, la sorra s'estén fins a arribar a 13 m de profunditat, on es comencen a veure rizomes colonitzadors (*runners*) dispersos de *C. nodosa* (Figura 23e), que esdevenen més abundants, i fins i tot, es poden observar zones on s'acumulen força taques grans (> 25 m²) i denses. És més, algunes d'aquestes taques creixen damunt de taques amb mata morta de posidònia (Figura 23d), les quals estan presents en abundància al llarg d'aquesta zona del recorregut (Figura 23f). En últim lloc, en aquesta mateixa zona, a 12 m, s'han trobat arts de pesca apilonades, probablement cadups (12 unitats), amb unes dimensions aproximades de 50 cm de longitud per 20 de diàmetre (Figura 23g). A més, també s'ha vist un plàstic de 40x40 cm en el tram final del recorregut. El transsecte finalitza en una zona sorrenca a 11 m de profunditat.



Límit profund posidònia

L'inici d'aquest recorregut se situa en el mateix punt que l'inici de recorregut anterior, a una profunditat de 17 m i enmig d'una praderia de *P. oceanica* contínua amb algunes taques grans de sorra (> 5 m de diàmetre). Al contrari que l'anterior recorregut, el rumb és en direcció al fons i s'allunya de la costa. Pocs metres més enllà del punt inicial, la praderia esdevé més esclarissada i la presència de mata morta augmenta fins a arribar al límit profund, que es troba a una profunditat de 16,6 m. Aquest límit és poc definit i està caracteritzat per taques disperses de planta (Figura 23h), les quals van sent més petites i disperses a mesura que avancem cap al fons. Les últimes taques consisteixen en petites acumulacions de 5 a 10 feixos. Pel que fa a la tipologia d'aquest límit, és regressiu, ja que trobem mata més enllà del límit. Aquestes característiques es mantenen en resseguir el límit en direcció sud-oest uns 100 m.

Discussió

L'objectiu final d'aquest estudi era obtenir informació a una escala espacial més gran (centenars de metres), sobre la distribució espacial dels diferents hàbitats de la ZEC del Grapissar de Masia Blanca, d'aquesta manera, poder complementar la informació obtinguda d'altres descriptors (veure altres capítols d'aquest informe).

Els resultats obtinguts mostren una combinació de tres hàbitats principals, sorres fines i gruixudes, praderies de fanerògames i fons infralitorals rocosos. Aquests hàbitats es van intercalant formant un paisatge submarí on els afloraments rocosos de naturalesa calcària es disposen de manera paral·lela a la costa i sobresurten del fons sorrenc cobert o no per fanerògames marines. Aquest tipus de paisatge esdevé molt important per diverses raons. Per una banda, la presència de fons rocosos proporcionen una alta disponibilitat d'aliments i refugi per als peixos i altres organismes, gràcies a la seva alta complexitat topogràfica (Roberts i Ormond, 1987), així a la presència de les comunitats algals que hi habiten.. En l'aflorament rocós observat al llarg del recorregut de paisatge, per exemple, trobem una gran diversitat de peixos així com de comunitats bentòniques. La disponibilitat de recursos i refugi també és un aspecte conegut en les praderies de fanerògames marines (Yeager *et al.*, 2011), a més d'altres serveis ecosistèmics com la protecció de la costa o el paper com a embornals de carboni (Kennedy *et al.*, 2022). Per altra banda, aquest paisatge pot tenir una influència en el moviment d'organismes (entitats mòbils actives) i de la matèria (entitats mòbils passives) entre els hàbitats, i per tant en les seves interaccions i connectivitat. Per exemple, s'ha vist que l'abundància d'algunes espècies de serrànids es veu afavorida per la riquesa d'hàbitats (Ricart *et al.*, 2019).

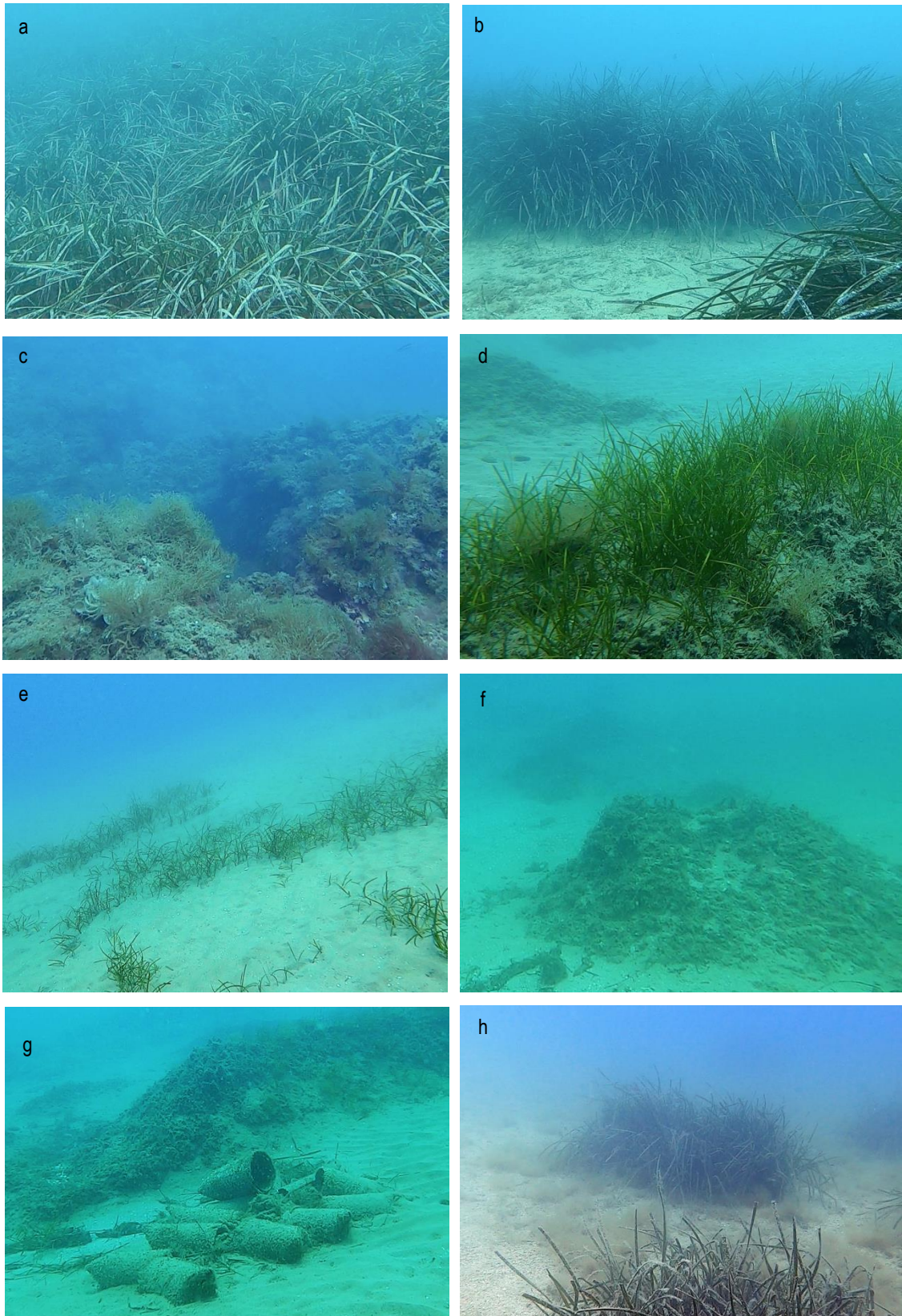


Figura 23. Imatges del recorreguts de paisatge de la ZEC del Grapissar de Masia Blanca. a-b) praderia profunda de posidònia, c) aflorament rocós, d) *Cymodocea nodosa* sobre mata morta de posidònia, e) rizomes colonitzadors de *C. nodosa*, f) praderia de *Cymodocea nodosa*, g) praderia de *Cymodocea nodosa* amb troncs de fusta, h) praderia de *Cymodocea nodosa*.



nodosa, f) mata morta de posidònia, g) arts de pesca abandonades, i h) taques del límit profund de la praderia de posidònia.

Pel que fa a les praderies de fanerògames, cal destacar la bona aparença de la praderia profunda de *P. oceanica*, amb una estructura típica de les praderies de zones profundes on és comú trobar clapes de sorra mitjanes i grans enmig de la praderia. Aquesta estructura va canviant a mesura que augmenta la profunditat, disminuint la cobertura vegetal i incrementant el nombre de taques i la seva mida en arribar al límit profund. Les fanerògames marines estan fortament limitades per la llum (Ralph *et al.*, 2007; Mayol *et al.*, 2022) i el canvi de la seva estructura és un fenomen normal. 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 del Montgrí, Illes Medes i el 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). L'aparença saludable de les praderies profundes explorades, contrasta amb la presència d'una àrea d'aproximadament 400 m², on són abundants les taques de mata morta sense vegetació i amb un relleu notable. Aquesta situació es podria haver donat per diferents causes. D'una banda, l'arrencament dels feixos de posidònia podria estar relacionat amb l'acció hidrodinàmica generada per temporals extrems, com va ser el temporal Glòria del 2020 (Marco-Méndez *et al.*, 2023). L'impacte del fort onatge provoca la mobilització del sediment deixant exposat els rizomes i incrementant el risc de trencament. A més, l'estructura a taques d'aquesta zona, significa un augment de l'exposició dels marges de les taques als efectes del temporal incrementant el risc d'afectació. D'altra banda, tampoc es pot descartar que l'impacte observat en aquesta zona, podria estar relacionat amb activitats pesqueres històriques prèvies a la creació de la reserva (1999).

Un aspecte a ressaltar d'aquesta zona de taques de mata morta, és la presència, en almenys tres d'elles, de *C. nodosa* sobre la seva superfície. El creixement d'espècies oportunistes (de creixement ràpid) sobre la mata de posidònia, és un fet comú que també s'ha vist en altres indrets, com a la praderia superficial de posidònia de l'Hospitalet de l'Infant, a la badia de Fornells, a Menorca (observacions personals), així com a cala Jugadora on una petita praderia de l'espècie *Zostera noltii* creix sobre mata al marge d'un esglaó de posidònia. Aquestes espècies troben en la mata morta de posidònia un substrat més estable per establir-se i créixer en comparació amb l'hàbitat de sorres fines més mòbil i inestable. A banda del creixement sobre mata, *C. nodosa* també s'ha observat creixent enmig de grans extensions de sorra de manera dispersa i poc densa. A nivell de paisatge, aquestes praderies de *C. nodosa*, poden representar una zona d'alimentació i refugi per altres espècies.

Finalment, el que fa als impactes observats, a part dels ja esmentats anteriorment, destaquem l'observació d'unes arts de pesca abandonades, segurament cadups. Malgrat que la seva presència no representa un risc per a les comunitats bentòniques, seria recomanable la seva retirada.

Conclusions

En aquesta ZEC predominen principalment tres hàbitats: sorres fines i gruixudes, praderies de fanerògames (sobretot posidònia) i fons infralitorals rocosos. Aquesta combinació d'hàbitats proporciona un paisatge submarí divers.

El fons rocós es caracteritza per presentar comunitats fotòfiles, comunitats de precoral·ligen, i una elevada diversitat de peixos.

La presència de *Cymodocea nodosa* es dona de manera dispersa i poc densa sobre substrat sorrenc i colonitzant les taques de mata morta de posidònia.

La praderia profunda i contínua de *Posidonia oceanica* mostra un aspecte saludable amb una morfologia típica de les praderies profundes.

S'ha observat una zona amb abundants taques de mata morta amb relleu notable, probablement resultat d'impactes històrics o de l'impacte del temporal Glòria.

S'han localitzat unes arts de pesca, probablement cadups, abandonades. Malgrat que no representen un risc per a les comunitats bentòniques, seria recomanable la seva retirada.



Diagnosi general de la ZEC del Grapissar de Masia Blanca

Estat actual de les principals espècies i hàbitats en la ZEC

La ZEC del Grapissar de Masia Blanca es tracta d'una zona de superfície molt reduïda i de fons relativament somers, però diversa en espècies, que inclou una petita zona central definida com reserva marina integral i una zona més ampla i circular al voltant que delimita aquesta ZEC. Aquesta zona està caracteritzada per una zona rocosa i un fons de sorra amb poc pendent on hi trobem praderies de *Posidonia oceanica*, un dels hàbitats prioritari de la Xarxa Natura 2000 (concretament l'hàbitat 1120), i *Cymodocea nodosa*, així com també una representativitat de diferents espècies d'algues, equinoderms, peixos i gorgònies. No obstant, els hàbitats d'aquesta zona es troben en un estat de conservació pobre, en general. Les praderies de *P. oceanica* es troben en un estat de conservació no satisfactori, amb uns valors de densitat de feixos relativament baixos, tot i que no s'han observat símptomes macroscòpics de degradació o d'impactes antròpics o naturals. Per altra banda també s'ha observat una baixa densitat de garotes, així com també un baix nombre d'espècies de peixos, amb valors baixos de densitat i biomassa, així com talles petites. Dins de l'hàbitat 1170, destaquen les comunitats algals fotòfiles ben desenvolupades, on s'hi han observat espècies amb morfologies erectes i arborescents amb cert valor estructural per l'ecosistema, tot i no haver observat el desenvolupament d'algues del gènere *Cystoseria sensu lato*, indicadores d'un molt bon estat ambiental. La distribució del coral·ligen, més aviat precoral·ligen amb dominància algal per la fondària de la ZEC, es molt reduïda i aquest hàbitat es troba en un estat de qualitat pobre, molt proper a dolent.

Aquests resultats poden venir donats per diferents factors. Tot i l'existència de la Reserva Marina Integral (RMI), hi ha diversos impactes dins d'aquesta ZEC, els quals poden ajudar a explicar els resultats obtinguts. D'una banda, cal destacar que la zona de RMI és una zona molt restringida, de tant sols 43 ha, i la seva proximitat a la zona de d'amortiment, on la pesca si hi està permesa, provoca que algunes comunitats (com per exemple la comunitat de peixos d'espècies vulnerables) no puguin recuperar-se. Un altre factor a tenir en consideració és la possibilitat que l'hàbitat sigui poc favorable per a alguna d'aquestes espècies, o que la disponibilitat d'hàbitat sigui molt reduïda, com es el cas del coral·ligen. A més, un altre impacte important que s'ha detectat és el del canvi climàtic i l'elevada abundància d'espècies invasores, com és el cas de l'alga invasora *Caulerpa cylindracea* que podria suposar un impacte per les comunitats natives i comprometre la funció ecosistèmica.

Recomanacions pel futur seguiment i gestió

Aquesta ZEC presenta una baixa diversitat d'hàbitats, on dominen els hàbitats dominats per praderies amb alguna barra de roca i fons detrítics (però sense la presència del grapissar/maerl, com el nom de la pròpia ZEC sembla indicar). En general, manquen dades històriques per la majoria dels indicadors realitzats en aquest estudi. Per tant, es recomana continuar el seguiment de les espècies i hàbitats en aquesta ZEC per a poder dur a terme una adequada gestió i conservació del patrimoni natural.

El nombre d'estacions i indicadors són suficients donada la limitada extensió de la ZEC i dels seus hàbitats.

Tot i que es possible que l'estat d'alguns d'aquests indicadors sigui atribuïble a impactes del passat dels quals no s'han recuperat, ampliar la zona de RMI o reduir al màxim les pressions que rep aquesta ZEC en la zona d'amortiment podria ajudar a preservar els hàbitats en bon estat de conservació i millorar els que es troben en mal estat. Tanmateix cal destacar la dificultat de localitzar els límits de la ZEC i de la RMI per la seva ubicació a una distància de la costa i enmig del mar i per tant, seria aconsellable l'instal.lació de boies que permetin que els usuaris reconèixin que es troben dins la ZEC.



Bibliografia general de la ZEC del Grapissar de Masia Blanca

- Agnetta, D., Badalamenti, F., Ceccherelli, G., Di Trapani, F., Bonaviri, C., Gianguzza, P. (2015). Role of two co-occurring Mediterranean sea urchins in the formation of barren from *Cystoseira* canopy. *Estuarine, coastal and shelf science*, 152, 73-77.
- Ballesteros, E. (1993). Species composition and structure of a photophilic algal community dominated by *Halopteris scoparia* (L.) Sauvage from the North-Western Mediterranean. *Collectanea Botanica*, 22, 5-24.
- Ballesteros, E. (2006). Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 44, 123-195.
- Bavestrello, G., Cerrano, C., Zanzi, D., i Cattaneo-Vietti, R. (1997). Damage by fishing activities to the Gorgonian coral *Paramuricea clavata* in the Ligurian Sea. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 7(3), 253-262.
- Bonaviri, C., Vega Fernández, T., Fanelli, G., Badalamenti, F., Gianguzza, P. (2011). Leading role of the sea urchin *Arbacia lixula* in maintaining the barren state in southwestern Mediterranean. *Marine Biology*, 158, 2505-2513.
- Boström, C., Pittman, S. J., Simenstad, C., Kneib, R. T. (2011). Seascape ecology of coastal biogenic habitats: advances, gaps, and challenges. *Marine ecology progress series*, 427, 191-217.
- 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.
- Bulleri, F., Balata, D., Bertocci, I., Tamburello, L., Benedetti-Cecchi, L. (2010). The seaweed *Caulerpa racemosa* on Mediterranean rocky reefs: from passenger to driver of ecological change. *Ecology*, 91(8), 2205-2212.
- 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 <https://doi.org/10.1016/J.ECSS.2008.04.021>.
- 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.
- Casas, E., Teixidó, N., Garrabou, J., Cebrian, E. (2015). Structure and biodiversity of coralligenous assemblages over broad spatial and temporal scales. *Marine Biology*, 162, 901-912.
- Ceccherelli, G., Piazzini, L., Cinelli, F. (2000). Response of the non-indigenous *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh to the native seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile: effect of density

of shoots and orientation of edges of meadows. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 243(2), 227-240.

- Cheminée, A., Sala, E., Pastor, J., Bodilis, P., Thiriet, P., Mangialajo, L., ... i Francour, P. (2013). Nursery value of *Cystoseira* forests for Mediterranean rocky reef fishes. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 442, 70-79.
- 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., i Xoplaki, E. (2018). Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Climate Change*, 8(11), 972–980. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2>.
- de los-Santos, C.B., Krause-Jensen, D., Alcoverro, T., Marbà, N., Duarte, C.M., van-Katwijk, M.M., ... i Santos, R. (2019). Recent trend reversal for declining European seagrass meadows. *Nature Communications*, 10, 3356.
- den Hartog, C. (1970). *The Seagrasses of the World*. North Holland Publishing Company, Amsterdam London.
- Di Camillo, C., Ponti, M., Pulido Mantas, T., i Roveta, C. (2023). Review of the indexes to assess the ecological quality of coralligenous reefs: Towards a unified approach. *Frontiers in Marine Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1252969>
- Edgar, G.J., Stuart-Smith, R.D., Willis, T.J., Kininmonth, S., Baker, S.C., Banks, S., ... i Thomsón, R.J. (2014). Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature*, 506, 216–220.
- ETC/BD, 2014. Article 17 Reporting –Assessments of conservation status at the EU biogeographical level-Public consultation. ETC/BD Technical paper3/2014, Paris.
- Figuerola, F. L., Flores-Moya, A., Vergara, J. J., Korbee, N., Hernández, I. (2014). Autochthonous seaweeds. *The Mediterranean Sea: its history and present challenges*, 123-135.
- Francour, P., Ganteaume, A., Poulain, M. (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.
- Garrabou, J., Gómez-Gras, D., Medrano, A., Cerrano, C., Ponti, M., Schlegel, ... i Harmelin, J. (2022). Marine heatwaves drive recurrent mass mortalities in the Mediterranean Sea. *Global Change Biology*, 28(19), 5708–5725. <https://doi.org/10.1111/gcb.16301>.
- Garrabou, J., Linares, C., López-Sanz, A., López-Sendino, P., Ledoux, J. B., Montero-Serra, I. (2017). *El coral-ligen, un hàbitat d'interès pesquer*. Direcció General de Pesca i Afers Marítims, Generalitat de Catalunya. 20 pp. Quedern divulgatiu 1.



- 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, 2021. Reserva Marina Masia Blanca. Generalitat de Catalunya. Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. <http://agricultura.gencat.cat/ca/ambits/pesca/proteccio-recursos-litoral/arees-marines-protegides/reserva-marina-masia-blanca/>
- Gera, A., Pagès, J. F., Arthur, R., Farina, S., Roca, G., Romero, J., Alcoverro, T. (2014). The effect of a centenary storm on the long-lived seagrass *Posidonia oceanica*. *Limnology and Oceanography*, 59(6), 1910–1918. <https://doi.org/10.4319/lo.2014.59.6.1910>.
- Giakoumi, S., Cebrian, E., Kokkoris, G. D., Ballesteros, E., Sala, E. (2012). Relationships between fish, sea urchins and macroalgae: The structure of shallow rocky sublittoral communities in the Cyclades, Eastern Mediterranean. *Estuarine, coastal and shelf science*, 109, 1-10.
- Guidetti, P. (2004). Consumers of sea urchins, *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula*, in shallow Mediterranean rocky reefs. *Helgoland Marine Research*, 58(2), 110-116.
- Guidetti, P., i Mori, M. (2005). Morpho-functional defences of Mediterranean sea urchins, *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula*, against fish predators. *Marine Biology*, 147, 797-802.
- 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.
- Kennedy, H., Pagès, J. F., Lagomasino, D., Arias-Ortiz, A., Colarusso, P., Fourqurean, J. W., ... i Duarte, C. M. (2022). Species traits and geomorphic setting as drivers of global soil carbon stocks in seagrass meadows. *Global Biogeochemical Cycles*, 36(10), e2022GB007481.
- Klein, J., i Verlaque, M. (2008). The *Caulerpa racemosa* invasion: a critical review. *Marine pollution bulletin*, 56(2), 205-225.
- Levin, S. A., (1992). The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology*, 73, 1943–1967
- Linares, C., Coma, R., i Garrabou, J. (2012). El coral·ligen de les illes Medes: una comunitat fràgil amb un gran valor patrimonial.
- 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'Especial Conservació*. Memòria 2021. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. 110 pp.
- Ling, S. D., Scheibling, R. E., Rassweiler, A., Johnson, C. R., Shears, N., Connell, S. D., ... i Johnson, L. E. (2015). Global regime shift dynamics of catastrophic sea urchin overgrazing. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1659), 20130269.

- Lu, Y., Yuan, J., Lu, X., Su, C., Zhang, Y., Wang, C., ... i Sweijd, N. (2018). Major threats of pollution and climate change to global coastal ecosystems and enhanced management for sustainability. *Environmental Pollution*, 239, 670-680.
- Marco-Méndez, C., Pagès, F.J., Seglar, X., Muñoz-Ramos, G. (2023). Efectes dels temporals extrems als herbeis de *Posidonia oceanica* i a la consciència mediambiental col·lectiva. *L'Atzavara*, 33, 87-98. DOI: 10.2436/20.1502.atz33.087.
- Mayol, E., Boada, J., Pérez, M., Sanmartí, N., Minguito-Frutos, M., Arthur, R., ... i 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. L., Sola, J., i 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*, 28(3), 632-644.
- 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., 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.
- Mineur, F., Arenas, F., Assis, J., Davies, A. J., Engelen, A. H., Fernandes, F., ... i De Clerck, O. (2015). European seaweeds under pressure: Consequences for communities and ecosystem functioning. *Journal of sea research*, 98, 91-108.
- Monserrat, M., Comeau, S., Verdura, J., Alliouane, S., Spennato, G., Priouzeau, F., ... i Mangialajo, L. (2022). Climate change and species facilitation affect the recruitment of macroalgal marine forests. *Scientific Reports*, 12(1), 18103.
- 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.
- Otero, M. D. M., Numa, C., Bo, M., Orejas, C., Garrabou, J., Cerrano, C., ... i Cattaneo-Vietti, R. (2017). *Overview of the conservation status of Mediterranean anthozoans*. International Union for Conservation of Nature and Natural and Natural Resources (IUCN).
- Paoli, C., Morten, A., Bianchi, C. N., Morri, C., Fabiano, M., i Vassallo, P. (2016). Capturing ecological complexity: OCI, a novel combination of ecological indices as applied to benthic marine habitats. *Ecological Indicators*, 66, 86-102. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.029>
- Pergent G., Pergent-Martini C., Boudouresque, C.F. (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.
- Privitera, D., Chiantore, M., Mangialajo, L., Glavic, N., Kozul, W., i Cattaneo-Vietti, R. (2008). Inter- and intra-specific competition between *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula* in resource-limited barren areas. *Journal of Sea Research*, 60(3), 184-192.
- 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 i Romero, J. (1996). Xarxa de vigilància de la qualitat biològica dels herbassars de fanerògames marines: Experiència pilot i projecte prototipus. Informe de resultats. Exercici 1996. Direcció General de Pesca i Afers Marítims, Generalitat de Catalunya.
- Ricart, A. M., Sanmarti, N., Perez, M., Romero, J. (2018). Multilevel assessments reveal spatially scaled landscape patterns driving coastal fish assemblages. *Marine environmental research*, 140, 210-220.
- Roberts, C.M., Ormond, R.F.G. (1987) Habitat complexity and coral reef fish diversity and abundance on Red Sea fringing reefs. *Mar Ecol Prog Ser*, 41, 1–8.
- 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., 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., (2011). 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.
- Sala, E., Ballesteros, E., Dendrinis, P., Di Franco, A., Ferretti, F., Foley, D., ... i 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., Ribes, M., Hereu, B., Zabala, M., Alvà, V., Coma, R., Garrabou, J. (1998). Temporal variability in abundance of the sea urchins *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula* in the northwestern Mediterranean: comparison between a marine reserve and an unprotected area. *Marine Ecology Progress Series*, 168, 135-145.
- Sanmartí, N., Romero J., Pérez M., Ortega, J., Casals, D., Rovira G. (2023). Seguiment de les praderies de posidònia i de les poblacions de nacs del Parc Natural de Cap de Creus i del 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. Pp 153-236.
- 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.
- Sartoretto, S., Schohn, T., Bianchi, C. N., Morri, C., Garrabou, J., Ballesteros, E., Ruitton, S., Verlaque, M., Daniel, B., Charbonnel, E., Blouet, S., David, R., Féral, J.-P., & Gatti, G. (2017). An integrated method to evaluate and monitor the conservation state of coralligenous habitats: The INDEX-COR approach. *Marine Pollution Bulletin*, 120(1), 222-231. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.05.020>
- Schneider, D.C. (2001). The Rise of the concept of scale in ecology. *Bioscience*, 51(7), 545-554.
- Submon, Divulgació, estudi i conservació del medi marí (2011). Xarxa de vigilància de la qualitat dels herbassars de fanerògames marines: memòria 2008-2010. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural.
- Submon, Divulgació, estudi i conservació del medi marí (2013). Xarxa de vigilància de la qualitat dels herbassars de fanerògames marines: memòria 2013. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural.
- Thibaut, T., Pinedo, S., Torras, X., i Ballesteros, E. (2005). Long-term decline of the populations of Fucales (*Cystoseira* spp. and *Sargassum* spp.) in the Albères coast (France, North-western Mediterranean). *Marine pollution bulletin*, 50(12), 1472-1489.
- 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.
- UNEP-MAP RAC/SPA (2008). Action plan for the conservation of the coralligenous and other calcareous bio-concretions in the Mediterranean Sea. Ed. RAC/SPA, Tunis: 21pp
- Verdura, J., Santamaría, J., Ballesteros, E., Smale, D. A., Cefalì, M. E., Golo, R., ... i Cebrian, E. (2021). Local-scale climatic refugia offer sanctuary for a habitat-forming species during a marine heatwave. *Journal of Ecology*, 109(4), 1758-1773.
- Wangensteen, O. S., Dupont, S., Casties, I., Turon, X., i Palacín, C. (2013). Some like it hot: temperature and pH modulate larval development and settlement of the sea urchin *Arbacia lixula*. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 449, 304-311.
- Waycott, M., Duarte, C.M., Carruthers, T.J.B., Orth, R.J., Dennison, W.C., Olyarnik, S., ... i 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(30), 12377-12381.



- Wernberg, T., Bennett, S., Babcock, R. C., De Bettignies, T., Cure, K., Depczynski, M., ... i Wilson, S. (2016). Climate-driven regime shift of a temperate marine ecosystem. *Science*, 353(6295), 169-172.
- Yeager, L.A., Layman, C.A., Algeier, J.E. (2011). Effects of habitat heterogeneity at multiple spatial scales on fish community assembly. *Oecologia*, 167, 157–68.
- 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 TARRAGONÈS

Introducció general de la ZEC de les Costes del Tarragonès

Codi ZEC: ES5140007

Superfície marina de la regió: 948,92 ha

Superfície LIC: 1.110,7 ha

La Zona d'Especial Conservació de les costes del Tarragonès es troba situada davant de Torredembarra, aproximadament entre Tamarit i el final de la platja de Torredembarra (Figura 1). Uns metres més al nord hi trobem la ZEC Grapissar de Masia Blanca. Aquesta zona està col·locada de manera que alberga tres espais aïllats i molt vulnerables: la desembocadura del Riu Gaià, la platja de Torredembarra i Creixell, i el Castell de Tamarit-Punta de la Mora. Aquest indret presenta una gran diversitat, tant terrestre com marina, des de pinedes de pi blanc (*Pinus halepensis*) a comunitats d'algues a la zona sorrenca (Generalitat de Catalunya, 2015). Pel que fa a l'espai marí, tot i ser un espai petit, hi podem trobar diversitat d'hàbitats, des de la praderia de *Cymodocea nodosa*, *Posidonia oceanica*, tot i que més aviat a clapes, fins a comunitats de precoral·ligen.

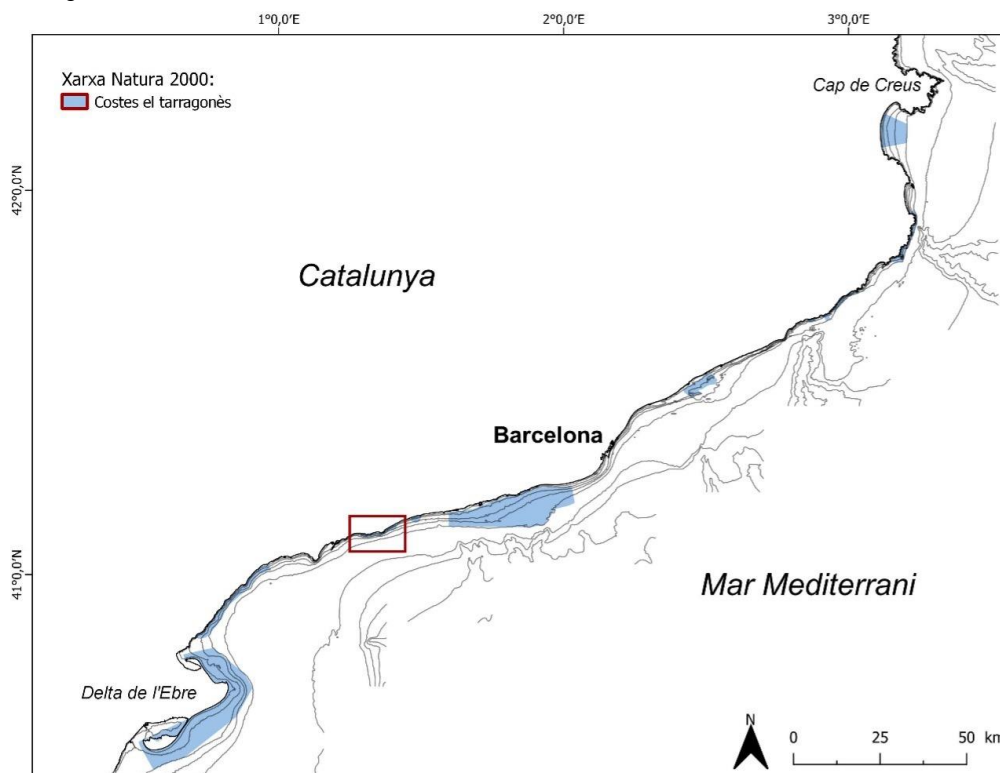









Figura 1. Mapa de les ZECs amb la ZEC de les Costes del Tarragonès destacada.

A l'informe de l'any 2021, es van proposar els següents punts de mostreig (Taula 1, Figura 2). Malgrat no es van poder identificar zones adients i representatives amb formacions de tenasses de *Lithophyllum byssoides* (*trottoir*), així com també zones de comunitats mediolitorals dominades per *Ericaria mediterranea*, posteriorment es van poder identificar dos punts de mostreig situats al sud de la ZEC.

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

Indicador	Llegenda	Nº immersions PLEC	Punts de mostreig proposats	Nº Immersions realitzades	Punts realitzats
Fanerògames i nacres		1	Praderia C. nodosa	1	Brut Sud
Peixos		2	Praderia C. nodosa Barra Torredembarra	2	Cymo La Barra
Coral·ligen		1	El Brut	1	El Brut
Comunitats algals i garotes		1	Barra Torredembarra	1	La Barra
Mediolitoral		2		2	Móra Nord Punta Móra
Paisatge		2	El Brut Barra Torredembarra	2	El Brut La Barra
Prospeccions		1	El Brut	1	Cymo Móra

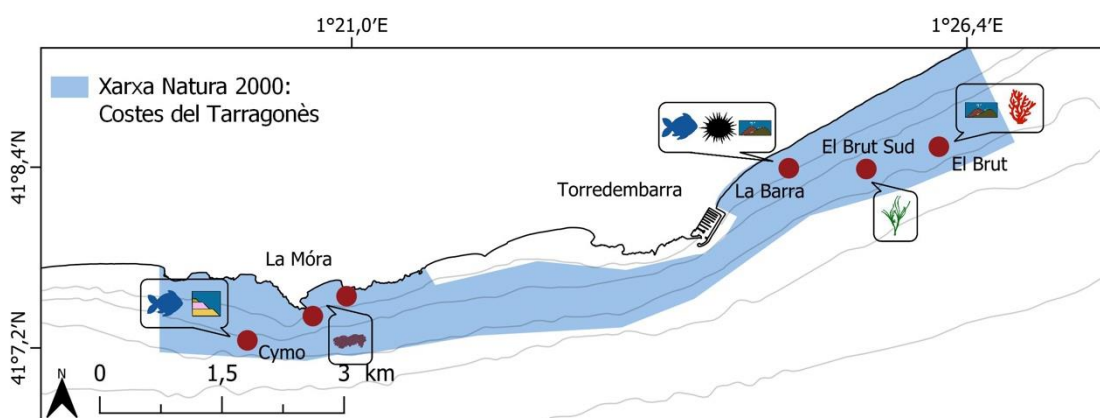


Figura 2. Mapa de les estacions proposades per als propers mostrejos amb els corresponents indicadors de la ZEC de les Costes del Tarragonès.

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, la discussió i les conclusions.

Fanerògames i nacres

- S'ha mostrejat una praderia de *P. oceanica* (Brut Sud) a la zona nord de la ZEC de les Costes del Tarragonès.
- Els valors de densitat de la praderia mostrejada estan per sota dels valors de referència, mentre que els de cobertura són normals.
- Els resultats històrics de praderies properes a l'estudiada presenten valors de densitat sempre inferiors als del rang de referència.

- Es considera que la praderia es troba en un estat de conservació no satisfactori, sobretot pel dèficit en densitat, si bé sembla molt possible que aquest estat sigui atribuïble a impactes del passat dels quals no s'ha recuperat encara completament.
- No s'han observat símptomes macroscòpics de degradació o d'impactes antròpics o naturals.
- El nivell d'enterrament dels feixos (descalçament) no representa cap risc per a l'afectació de la planta, ni per excés ni per defecte.

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:

- e) 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).
- f) 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).
- g) Mortalitat per efectes directes sobre les plantes, principalment per impactes mecànics, com ara certs tipus de pesca, ancoratge, obres costaneres...
- h) 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.

Posidonia oceanica és una espècie endèmica del Mediterrani i està àmpliament distribuïda per tot el litoral català. La reproducció sexual és a través de flors hermafrodites que s'agrupen en una inflorescència en forma d'espiga, i la floració té lloc, principalment, entre els mesos de setembre i novembre. 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.

A la costa catalana, 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), mentre que, 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, a excepció d'algunes zones a prop de barres rocoses, que poden trobar-se a uns 5-6 m de profunditat (per exemple a Torredembarra, vegeu capítol 'Paisatge' d'aquest informe), i s'estenen paral·leles a la costa. A la ZEC de les Costes del Tarragonès trobem praderies de *P. oceanica* i *C. nodosa*. Aquestes últimes s'estenen de manera dispersa al llarg de la ZEC, mentre que les praderies de *P. oceanica* són en general més contínues, així com també més profundes. Aquestes praderies han estat històricament poc estudiades ja que no han format part dels programes de seguiment, com són la Xarxa de vigilància de la qualitat biològica dels herbassars de fanerògames marines (Renom i Romero, 2001; Submon, 2013) o amb el seguiment dels herbeis de *P. oceanica* com a indicadors de la qualitat de les aigües litorals sota la Directiva Marc de l'Aigua (Romero *et al.*, 2010), i això fa que no es disposi de gaire informació històrica sobre el seu estat. Malgrat això, cal recordar que, a prop del límit nord de la ZEC, tot i que fora d'aquesta (a uns 600 m), es localitza l'estació de Torredembarra que sí que havia estat estudiada anteriorment (Renom i Romero, 2002; Submon, 2012).

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.

L'objectiu del present estudi és fer una aproximació a l'estat de conservació d'una de les praderies de *P. oceanica* de la ZEC de les Costes del Tarragonès, i aportar informació contrastada que permeti establir un punt de partida per valorar, en un futur, possibles canvis al llarg del temps.

Material i mètodes

Estacions de mostreig

S'ha seleccionat una estació de mostreig localitzada en la zona nord de la ZEC de les Costes del Tarragonès. Aquesta estació s'ha seleccionat a partir de les prospeccions realitzades l'any 2020 per l'equip de seguiment (Linares, 2022) i de la cartografia disponible a la pàgina web de la Generalitat (<https://agricultura.gencat.cat>), mirant de garantir que sigui representativa de la zona dins la ZEC. L'estació s'anomena Brut Sud i està situada a una distància d'1,8 km al nord-est del port de Torredembarra i es troba a una profunditat de 16 m (Taula 2, Figura 3). 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 un dia de campanya, concretament el 20 de juny del 2023, amb un equip de cinc persones, quatre bussejadors i un barquer, i mitjançant busseig amb escafandre autònom.

Taula 2. Estació mostrejada en el seguiment de la ZEC de les Costes del Tarragonès. Fondària: fondària en metres.

Espècie	Estació	Data mostreig	Fondària
<i>P. oceanica</i>	Brut Sud	20/06/2023	16

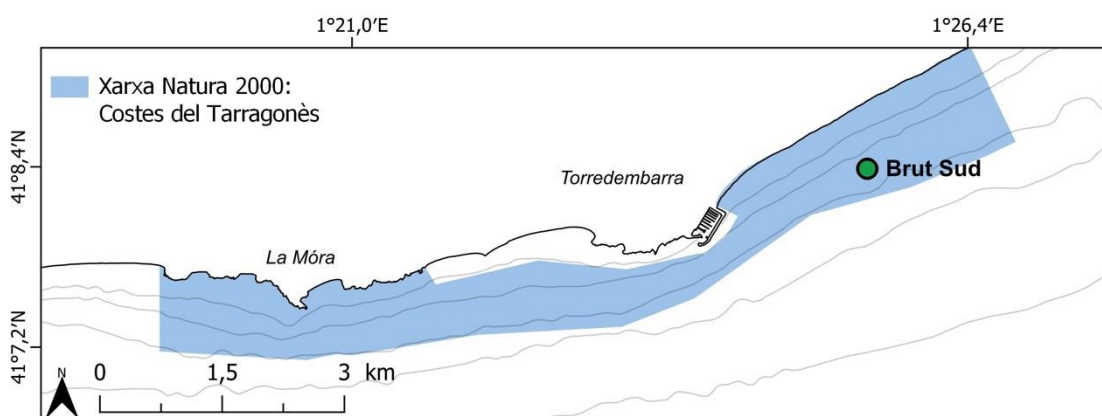


Figura 3. Localització de l'estació de mostreig de *Posidonia oceanica* a la ZEC de les Costes del Tarragonès.

Metodologia de mostreig

El mostreig s'ha realitzat mitjançant dues aproximacions complementàries, una de qualitativa i l'altra quantitativa. En la primera, s'anoten diferents observacions més o menys extensives relacionades amb l'aspecte general de la praderia, de la seva comunitat o aspectes relacionats amb possibles pertorbacions. La segona consisteix en l'adquisició de dades quantitatives sistemàtiques, en el nostre cas sobre densitat, cobertura i enterrament.

Pel seguiment de la praderia de *P. oceanica*, s'ha utilitzat el mètode aplicat pel nostre equip de treball en el seguiment de les praderies de *P. oceanica* en els Parcs Naturals de Cap de Creus i del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter (Sanmartí *et al.*, 2023), que a la vegada és una simplificació del mètode desenvolupat pel mateix 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 en el context de la Directiva Marc de l'Aigua (Romero *et al.*, 2007).

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, si n'hi ha. 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. En el passat, també es parava especial atenció i es feien censos de les poblacions de la nacra *Pinna nobilis*. Ara bé, a finals del 2016 aquesta espècie va experimentar una mortalitat massiva al Mediterrani i que actualment es troba pràcticament extingit a les nostres aigües. L'interès en conservació d'aquest mol·lusc, com espècie emblemàtica i protegida, fa que obtenir informació sobre possibles individus supervivents sigui una oportunitat. Finalment, es realitzen anotacions relacionades amb possibles pertorbacions, com ara el colgament per sorra o l'excessiva exposició 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* 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 total 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. 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*) viva, és a dir, el quocient (com a percentatge) entre la superfície ocupada per la planta viva i la superfície ocupada per la planta més la no vegetada, habitualment clapes o clarianes de sorra, mata morta en el cas de *P. oceanica* (Romero, 1986). Igual que la densitat, la cobertura (entre 0%, absència total de plantes i 100%, tot el substrat vegetat) 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 clapes (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.

Enterrament

L'enterrament d'un feix és la distància vertical entre la superfície del sediment i la lígula (sutura en forma de mitja lluna entre el limbe i el pecíol) de la seva fulla més externa. Quan la lígula està per sota la superfície del sediment (base dels feixos enterrada) considerem aquest valor negatiu, i quan la trobem per sobre (base dels feixos descalçada), positiu. Cal parar atenció a la dita nomenclatura (enterrament positiu vol dir en realitat desenterrament o descalçament), que no és intuïtiva, però que es conserva per una mena de tradició científica, i sobretot per coherència amb altres treballs anteriors. Aquesta variable indica si l'herbei està sotmès a un dèficit o a un excés de sediments. Per alguns autors, també, una major exposició (descalçament) dels rizomes pot implicar una major sensibilitat a les pertorbacions mecàniques, com el fondeig o els temporals (Francour *et al.*, 1999).

L'enterrament es determina mitjançant un regle graduat, en un feix escollit a l'atzar dins de cada subquadrat de cada recompte de densitat (vegeu apartat sobre densitat); s'obtenen per tant 40 mesures per punt de mostreig o subestació, que corresponen a 10 rèpliques (els quadrats) amb quatre submostres per rèplica, de les quals es calcula la mitjana. Per tant, el nombre final de rèpliques és de 10 per punt de mostreig o subestació.

Resultats

Aproximació qualitativa

La praderia mostrejada de *P. oceanica* és una praderia contínua amb algunes clarianes de sorra petites (<1 m de diàmetre) i mitjanes (1-5 m de diàmetre) sobre un sediment sorrenc amb alguns blocs de roca petits (<1 m²) (Figura 4). La praderia presenta un aspecte típic de praderies a aquesta profunditat (16 m). Ocasionalment s'han observat alguns feixos arrencats, malgrat no s'han detectat altres símptomes macroscòpics de degradació ni d'impactes de pressions antropogèniques o naturals (feixos arrencats, deixalles, clarianes recentment obertes o enterrament-desenterrament dels feixos).

Com ja és normal, no s'han observat nacres (*Pinna nobilis*), fet coherent amb la mortalitat massiva patida per aquesta espècie.



Figura 4. Imatges de les praderies de *Posidonia oceanica* de la ZEC de les Costes del Tarragonès.

Aproximació quantitativa

El valor de densitat de la praderia de *P. oceanica* obtingut és de 202 ± 19 feixos m^{-2} . Pel que fa a la cobertura, trobem un valor de $32 \pm 4\%$, mentre que l'enterrament presenta un valor positiu de $7 \pm 0,3$ cm, el que indica que les plantes de les estacions prospectades estan, molt majoritàriament, amb els pecíols de les fulles fora del sediment i que no es produeixen situacions de colgament dels feixos (Taula 3, Figura 5).

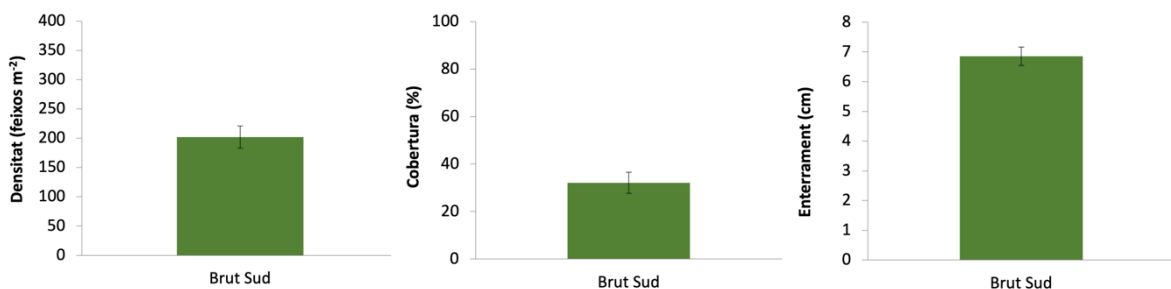


Figura 5. Densitat (feixos m^{-2}), cobertura (%) i enterrament (cm) de la praderia mostrejada (Brut Sud). Les barres indiquen l'error estàndard.

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

Estació	Densitat (feixos/ m^{-2})		Cobertura (%)		Enterrament (cm)	
	\bar{y}	ES	\bar{y}	ES	\bar{y}	ES
El Brut Sud	202	18,8	32	4,4	7	0,3

Discussió

Els resultats obtinguts mostren que la praderia mostrejada en aquesta ZEC està en un estat de conservació no satisfactori, tot i que cal tenir en compte algunes consideracions específiques.

Aspectes metodològics

En conjunt, la realització de la campanya 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 l'estació de mostreig de *P. oceanica* és adequada en relació a la localització, malgrat que el seu nombre pot ser insuficient per proporcionar una visió global de les praderies d'aquesta ZEC. Les variables utilitzades en la praderia de *P. oceanica* (densitat i cobertura), són les més comunes, tant a altres treballs semblants del nostre equip (Sanmartí *et al.*, 2023) com a la bibliografia en general (Pergent *et al.*, 1995; Boudouresque *et al.*, 2006), juntament amb la cinètica del límit inferior (no analitzada en aquest estudi). Pel que fa a les mesures d'enterrament, les considerem adequades per complementar la informació de les variables de densitat i cobertura, i 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).

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 estàndard 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, 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.

És important recordar que, per realitzar estudis de seguiment de praderies de fanerògames marines, s'hauran de fer els mostrejos sempre en la mateixa època de l'any perquè siguin comparables.

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

Per avaluar l'estat actual de conservació de les praderies de *P. oceanica* de la ZEC de les Costes del Tarragonès, s'han tingut en compte els resultats obtinguts tant de l'aproximació qualitativa com quantitativa.

Pel que fa a les observacions qualitatives de la praderia mostrejada, destaquem l'aparença general típica d'una estació de profunditat i l'absència de símptomes macroscòpics de degradació ni d'impactes de pressions antropogèniques o naturals (feixos arrencats, deixalles, clarianes recentment obertes o enterrament-desenterrament dels feixos). Amb l'excepció d'alguns pocs feixos arrencats.

La valoració quantitativa de l'estat de les praderies d'aquesta ZEC es fa seguint el mateix procediment establert en el seguiment de *P. oceanica* als Parcs Naturals de Cap de Creus i del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter (Sanmartí *et al.*, 2023). 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) per densitat i cobertura. 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'aquestes dues variables, associada a factors que van de l'escala local (com ara la fondària, el grau d'exposició 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.

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
Proposta interval	250-400	25-40

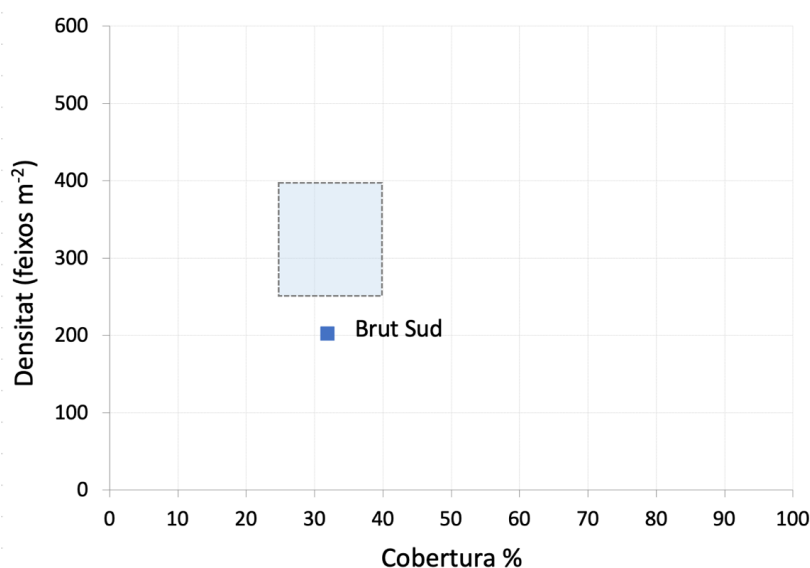


Figura 6. Representació conjunta dels valors de densitat (eix vertical) i dels de cobertura (eix horitzontal), per a l'estació de *Posidonia oceanica* de la ZEC de les Costes del Tarragonès. S'ha representat també els valors de referència, en forma d'interval, que correspon al quadre dibuixat en traç discontinu i ombrejat.

La praderia de l'estació El Brut presenta valors de densitat significativament per sota l'interval de referència, mentre que els valors de cobertura són normals (Figura 6). Aquest resultat és coherent amb valors obtinguts en estacions properes mostrejades aquest any 2023, on en tots els casos també s'observen valors de densitat propers a 200 feixos/m² i valors de cobertura normals. Aquest és el cas de l'estació de Masia Blanca de la ZEC del Grapissar de Masia Blanca (obtingudes pel nostre equip) o de les estacions de Torredembarra i Roda de Berà-Coma-ruga (mostreig de la Xarxa de vigilància de *P. oceanica* com a bioindicadora de la qualitat de l'aigua, Ramis *et al.*, 2024, en elaboració) (Taula A2). En aquest sentit, cal tenir present que aquesta situació podria ser resultat o bé de la idiosincràsia de les pròpies praderies o de l'existència d'una degradació històrica. En el primer cas cal considerar que la naturalesa del substrat on es troba la praderia de l'estació El Brut, està constituït per sorra amb presència de nombrosos blocs de roca, cosa que podria influir en la densitat de feixos. En el segon cas, tindrem en compte la informació disponible d'altres estacions properes obtinguda per altres equips (Submon, 2013) i pel nostre (Renom i Romero, 2010; Romero *et al.*, 2010) (Taula A2). En pocs casos, els valors de densitat mostrejats els diferents anys (2000-2010) estan per sobre els 200 feixos/m² i, per tant, també estarien per sota de l'interval de referència (Taula A2). A aquest fet, cal afegir els resultats desfavorables d'algunes variables fisiològiques obtinguts per la Xarxa, els quals indicaven una situació intermèdia d'eutrofització i, per tant, un estat ecològic, segons la classificació definida per la Directiva Marc de l'Aigua, entre deficient i mediocre des del 2003 al 2010 (Romero *et al.*, 2010). En aquest escenari, és raonable pensar que la praderia estudiada pot haver patit una degradació històrica i que, malgrat que la qualitat de l'aigua pot haver millorat, la lenta capacitat de recuperació de la planta fa que aquesta recuperació no sigui detectable a través de les variables estructurals com la densitat. Per tant, basant-nos en aquestes dades històriques i en el valor de densitat actual per sota l'interval de referència, podem considerar que la praderia de l'estació Brut Sud es troba en un estat de conservació no satisfactori. Ara bé, tot i aquesta diagnosi, que probablement es deguda a impactes del passat que s'haurien anat corregint, també s'han de considerar alguns aspectes favorables d'aquesta praderia. S'ha observat una tendència a l'increment tant de la densitat com de la cobertura des del 2003 (Taula A2), la qual serà important confirmar en els propers anys. Per exemple, es detecta un increment del 30% aproximadament de la cobertura des de l'any 2001 al 2023, arribant a valors de 40% de cobertura.

Per últim, cal mencionar que el nivell d'enterrament dels feixos és correcte. Aquesta variable pot ser indicadora d'un moviment de sediment, que pot provocar desenterrament i exposició dels rizomes, amb més riscos de trencament (Cabaço *et al.*, 2008) o colgament i mort per sensibilitat dels meristemes (Gera *et al.*, 2014). En el cas de l'estació El Brut, el valor de descalçament dels feixos és de +7 cm, xifra semblant a altres praderies profundes (entre +5 i +7 cm) i molt allunyats dels valors d'enterrament que poden suposar un risc d'afectació de la planta (-4 cm, Gera *et al.*, 2014).



Conclusions

Els valors de densitat de la praderia mostrejada El Brut estan per sota dels valors de referència, mentre que els valors de cobertura són normals.

Resultats històrics de praderies properes a l'estudiada presenten valors de densitat sempre inferiors al rang de referència.

Es considera que la praderia de *P. oceanica* de la ZEC de les Costes del Tarragonès es troba en un estat de conservació no satisfactori, sobretot pel dèficit en densitat, si bé sembla molt possible que aquest estat sigui atribuïble a impactes del passat dels quals no s'ha recuperat encara completament. Caldrà seguir-ne l'evolució per tal de confirmar aquesta hipòtesi.

No s'han observat símptomes macroscòpics de degradació o d'impactes antròpics o naturals.

El nivell d'enterrament dels feixos (descalçament) no representa cap risc per a l'afectació de la planta, ni per excés ni per defecte.

Annex

Taula A1. Descripció dels diferents procediments utilitzats per a l'obtenció dels valors de referència de densitat i cobertura de *Posidonia 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 A2. Valors de densitat (feixos m⁻²) i cobertura (%) a la ZEC de les Costes del Tarragonès i a àrees properes (Torredembarra i Roda de Berà) en diferents any i segons els diferents autors.

Estació	Estudi	Any	Profunditat (m)	Densitat		Cobertura	
				(feixos/ m ²)	± SE	(%)	± SE
Brut Sud	Aquest informe	2023	16	202	18,8	32	4,4
Torredembarra	Submon, 2013	2005	15	174	31	27	6
		2006	15	142	20	43	5
		2010	15	142	20	43	6
		2011	15	100	16	32	3
	Romero et al., 2010 (ACA)	2003	15	157	9	6	1
		2005	15	119	15	11	1
		2006	15	119	15	11	1
		2008	15	147	8	13	1
		2009	15	182	13	17	2
		2010	15	165	17	26	3
	Ramis et al., 2024	2023	15	185	16	44	3
Masia Blanca	Linares et al., 2024	2023	14,7	187	8	39	3
	Renom i Romero, 2001	2000	10-11	286	23	23	5
		2001	10-11	243	19	21	2
	Submon, 2010	2003	10,5	124	17	31	5
		2006	10,5	204	29	27	4
		2010	10,5	192	24	61	6
	Submon, 2013 (Xarxa vigilància)	2003	15	129	33	-	-
		2005	15	174	31	27	6
		2006	15	159	29	36	4
		2010	15	142	20	43	5
2011		15	100	16	32	3	
		2013	15	167	11	41	3
Roda de Berà- -Coma-ruga*	Renom i Romero, 2001	1998	15	100	18	14	2
		1999	15	126	10	11	1
		2000	15	126	14	11	1
		2001	15	156	16	10	1
	Romero et al., 2010	2003	15	88	21	8	1
		2005	15	91	7	6	1
		2006	15	91	7	6	1
		2008	15	166	8	12	2
		2009	15	165	16	14	2
		2010	15	199	15	18	2
	Ramis et al., 2024	2023	15	223	22	41	7

*El nom original d'aquesta estació és Coma-ruga (des del 2003 al 2010) i enguany s'ha canviat a Roda de Berà (com. pers. equip de treball de la Xarxa de vigilància)

Comunitats de peixos

- La praderia de *Cymodocea nodosa*, hàbitat de reclutes i juvenils d'algunes espècies, presenta valors molt baixos de les diferents espècies observades, i no s'hi observen individus d'algunes espècies pròpies de l'hàbitat, com seria *Pagellus erythrinus*.
- La zona de la barra de roca de Torredembarra, tampoc mostra valors de diversitat elevats, i només s'hi ha observat una espècie altament vulnerables a la pesca i piscívores, amb 2 individus de déntol.
- La pressió pesquera és l'impacte més directe sobre les comunitats de peixos d'aquesta zona. Aquesta afecta tant a la biodiversitat com a la densitat i biomassa d'aquestes.
- Tot i la baixa diversitat i abundància de peixos, la presència d'hàbitats per al seu desenvolupament permetria una recuperació d'aquestes comunitats amb una gestió pesquera adequada.

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 tenen una història de vida lenta, amb un creixement lent i taxes de reproducció 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 Àrees Marines Protegides (AMPs) han demostrat ser una eina molt efectiva per a la recuperació d'aquestes espècies sobreexplotades. Aquestes 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), tot i que altres espècies no han mostrat signes de recuperació, probablement a la mida petita de les reserves en funció del seu moviment i àrea d'hàbitat. És fonamental, doncs, conèixer quines espècies que poden quedar impactades per la pesca es recuperen o no amb la creació de les AMPs.

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.

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, sent 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.

Les Zones d'Espècial Conservació (ZECs) del litoral català no estan explícitament protegides envers aquests impactes 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 anàlisi del seu estat de conservació.

La Zona d'Espècial Conservació de les Costes del Tarragonès se situa davant de la població de Torredembarra. Així com a molta part d'aquesta zona hi trobem fons sorrencs, també presenta hàbitats de gran interès, com ara la praderia de *Cymodocea nodosa* i de *Posidonia oceànica*, així com una gran barra de roca davant de la costa. Així doncs, aquests hàbitats podrien albergar diferents espècies de peixos, tant juvenils, especialment a la praderia de *C. nodosa*, on utilitzen aquesta fanerògama per passar els primers estadis de vida, com adults, especialment a la zona rocosa. Malgrat això, aquesta és una zona on s'hi du a terme activitat pesquera, generant un impacte sobre les comunitats de peixos.

És per això que per avaluar l'estat de conservació de les comunitats de peixos en aquesta zona s'han dut a terme mostrejos en aquests dos hàbitats: la praderia de *C. nodosa* i el fons rocós de la barra de Torredembarra.

Material i mètodes

Disseny de mostreig

Per a l'estudi de les comunitats de peixos a les Costes del Tarragonès es van seleccionar 2 estacions diferents que, de nord a sud, són: La Barra, sobre la barra de roca que es troba a Torredembarra, i Cymo, sobre la praderia de *Cymodocea nodosa*, situada davant de la Punta de la Móra. (Figura 7, Taula 5).

Taula 5. Estacions de mostreig de comunitats de peixos de la ZEC de les Costes del Tarragonès de l'any 2023.

ZEC	Estació	Fondària (m)	Tipus de fons	Data mostreig
Costes del Tarragonès	La Barra	3-5	Roca base	2023-06-29
	Cymo	10-12	Praderia de <i>C. nodosa</i> i sorra	2023-06-28

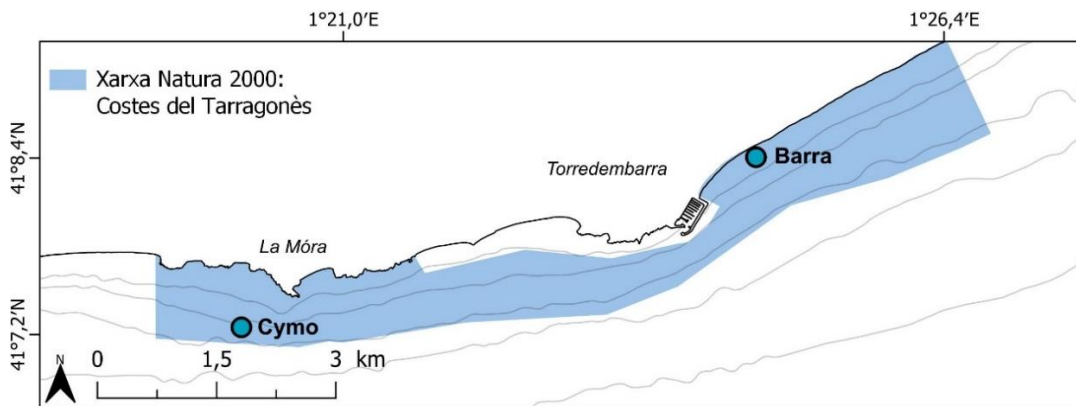


Figura 7. Mapa de les estacions de mostreig de comunitats de peixos de la ZEC de les Costes del Tarragonès de l'any 2023.

Metodologia de mostreig

La zona de mostreig a la ZEC de les Costes del Tarragonès s'ha escollit tenint en compte els diferents tipus de fons i hàbitats de la zona. D'una banda, un cens s'ha realitzat sobre la praderia de *C. nodosa* (Figura 8a), on molts reclutes i juvenils de diferents espècies de peixos hi solen viure, i d'altra banda, el cens s'ha fet sobre la barra de roca situada davant la platja de Torredembarra, hàbitat idoni per a adults d'altres espècies, també les d'interès pesquer (Figura 8b).

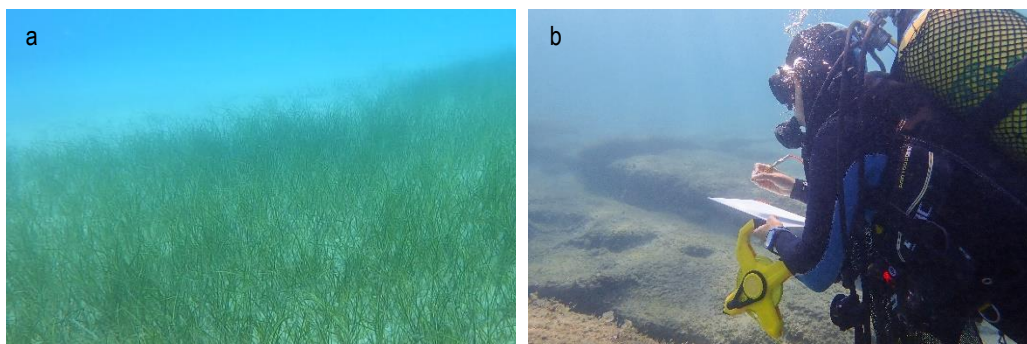


Figura 8. Fons on s'ha dut a terme el mostreig de peixos: a) praderia de *Cymodocea nodosa*, i b) metodologia de mostreig de peixos sobre la barra de roca amb fons fotòfil de davant de Torredembarra.

Les comunitats de peixos s'estimen mitjançant censos visuals amb escafandre autònom en transectes de 50 m de llarg per 5 m d'amplada (Harmelin-Vivien *et al.*, 1985).

Pet tal de minimitzar la variabilitat degut al tipus d'hàbitat, tots els transectes es duen a terme sobre fons rocosos a una fondària mitjana de 6 metres. A més, per a reduir la possible variabilitat a petita escala, en cada un dels llocs estudiats es realitzen tres transectes de 50x5 m². A partir d'un punt donat seleccionat de forma aleatòria dins de la zona d'estudi, l'observador llança al fons un pes lligat a una cinta mètrica de 50 m de longitud que porta enganxada a l'equipament, i neda en una direcció determinada mantenint una fondària aproximada de 6 m fins a completar els 50 metres de la cinta. Durant aquest recorregut, s'identifica l'espècie i es comptabilitzen tots els

individus de peixos observats que es troben dins d'una amplada de 5 m (2,5 m a cada banda del recorregut del submarinista), aconseguint així rèpliques corresponents a una superfície mostrejada de 250 m². A més, s'estima de forma visual la talla aproximada de tots els individus comptabilitzats, en classes de talla de 2 cm per als individus més petits (< 40 cm) i classes de 5 cm per a les espècies que assoleixen talles més grans (> 40 cm). En el cas d'observar moles denses de peix de la mateixa espècie que fa impossible comptabilitzar tots els individus, es fa una estima del nombre total i s'assigna a tots els individus una talla mitjana estimada.

Per evitar la variabilitat deguda al comportament circadià de les comunitats de peixos i a les condicions d'il·luminació, els censos es van dur a terme entre les 10 i les 15 h, i sempre que les condicions del mar i de visibilitat fossin favorables.

A més de les dades referents al poblament de peixos, sobre cada transecte es realitza una caracterització de l'hàbitat en base als trets més rellevants del fons (Garcia Charton i Pérez Ruzafa, 1999).

Els inventaris visuals en base a transectes permeten una avaluació qualitativa i quantitativa relativament ràpida de la ictiofauna d'una zona determinada i, si bé tendeixen a subestimar les petites espècies críptiques de caràcter marcadament bentònic, la seva eficàcia en la caracterització i comparació de la ictiofauna litoral sobre substrat rocós a la Mediterrània, ha estat a bastament comprovada. En no ser un mètode de presa de dades destructiu, la seva aplicació és especialment adient en estudis relacionats amb les reserves marines.

Tots els transectes han estat filmats paral·lelament amb un sistema d'estereo-vídeo (Stereo-DOVs) pels mateixos submarinistes que realitzaven els censos. Aquestes filmacions ens permeten tenir un registre gràfic de cada cens, i ens han ajudat a determinar el nombre detallat d'individus en agrupacions nombroses i a verificar la presència d'espècies rares o que no hagin pogut ser correctament identificades als censos. No obstant, s'han analitzat les dades obtingudes mitjançant els censos visuals, tenint en compte l'esforç que requereix l'anàlisi dels vídeos, i la similitud en els resultats de les dues tècniques (Grané-Feliu *et al.*, 2019).

Anàlisi de les dades

La biomassa de les espècies estudiades a cada tram es va calcular a partir de les estimes de les talles aplicant l'equació exponencial que relaciona els dos paràmetres:

$$W=a \cdot L^b$$

on W és la biomassa, L és la longitud total de l'individu, i a i b són dos coeficients específics per a cada espècie. Els coeficients es van extreure de estudis previs realitzats al nord-oest de la Mediterrània (Morey *et al.*, 2003; Crec'hriou *et al.*, 2012) i de la base de dades FishBase (Froese i Pauly, 2018).

Amb les dades obtingudes, es van calcular diferents paràmetres per cada estació:

- **Densitat:** individus/250 m².
- **Biomassa:** g/250 m².
- **Mitjana d'espècies.**
- **Nombre d'espècies.**
- **Nombre total d'individus.**
- **Biomassa total:** g/250 m².
- **Índex de riquesa específica de Margalef:** valors per sota de 2 serien comunitats amb poca diversitat i superior a 5 amb molta diversitat.
- **Índex de diversitat de Shannon-Wiener H':** valors alts indiquen alta diversitat, mentre que valors baixos n'indiquen poca. Valors d'1 indiquen que totes les espècies tenen el mateix nombre d'individus.
- **Índex d'uniformitat de Pielou:** indica com d'igual distribuïdes estan les espècies a la comunitat. Els valors van de 0 a 1: 0 indica que no estan distribuïdes uniformement, mentre que 1 indica que estan perfectament distribuïdes.

Tots els càlculs i anàlisi estadístics han estat realitzats utilitzant el software de programari lliure "R" (R Core Team, 2017) i el paquet "vegan" per aquest mateix software (Oksasen *et al.*, 2018).

Resultats

Patró general

Enguany s'han observat un total de 16 espècies a la ZEC de les Costes del Tarragonès, pertanyents a 7 famílies diferents (Taula 6).

Taula 6. Espècies observades en els mostrejos de peixos a la ZEC de les Costes del Tarragonès de l'any 2023.

Família	Espècie	La Barra	Cymo
Atherinidae	<i>Atherina sp</i>	-	+
	<i>Coris julis</i>	+	+
	<i>Symphodus cinereus</i>	-	+
Labridae	<i>Symphodus rostratus</i>	-	+
	<i>Thalassoma pavo</i>	+	-
	<i>Xirichtys novacula</i>	-	+
Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i>	-	+
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i>	+	-
Serranidae	<i>Serranus cabrilla</i>	+	-
	<i>Serranus scriba</i>	+	-
Sparidae	<i>Dentex dentex</i>	+	-
	<i>Diplodus cervinus</i>	+	-
	<i>Diplodus sargus</i>	+	-
	<i>Diplodus vulgaris</i>	+	+
	<i>Oblada melanura</i>	+	-
	<i>Pagellus erythrinus</i>	-	+
Total		10	8

S'observa que les dues estacions mostrejades presenten valors baixos de diversitat: l'Índex de Margalef, amb ambdues estacions per sota de 2, ens indiquen una comunitat de peixos poc diversa en aquesta zona. Malgrat aquests valors baixos, sí que es pot afirmar, mitjançant tant en l'índex de Margalef com el de Shannon-Wiener, que l'estació de La Barra presenta una major diversitat que la de Cymo. A més, la primera mostra una distribució més uniforme dels individus que la segona, de manera que a l'estació de Cymo els individus es troben més concentrats en una o poques espècies, mentre que a la de La Barra es troben més repartits (Taula 7).

Taula 7. Valors dels paràmetres de diversitat i abundància de la comunitat de peixos observats a les diferents estacions de la ZEC de les Costes del Tarragonès. Es mostra el nombre total d'espècies observades, la mitjana del nombre d'espècies, individus i biomassa observat per transecte, de riquesa específica de Margalef, l'índex de diversitat de Shannon-Wiener H' i l'índex d'uniformitat de Pielou.

Estació	Total espècies	Mitjana espècies	Nombre mitjà individus	Biomassa mitjana	Margalef	Shannon	Pielou
La Barra	10	7,67	162,67	3.505,95	1,45	1,46	0,63
Cymo	8	3,00	423,00	366,96	0,98	0,08	0,04

Anàlisi per estació

La Barra

A l'estació de La Barra s'han observat 10 espècies, les quals formen part de 4 famílies diferents. L'espècie amb una major densitat és *C. chromis*, seguida d'*O. melanura*, *D. vulgaris* i *T. pavo*. La resta d'espècies es troben amb valors per sota de 10 ind/250 m² (Figura 9a, Taula 8). La família dels pomacèntrids (Pomacentridae), de la qual només s'ha observat *C. chromis*, és la que major densitat presenta, seguida dels espàrids (Sparidae), i els làbrids (Labridae); finalment, els serrànids (Serranidae), només mostren 1 ind/250 m² (Figura 9d).

En termes de biomassa, *D. vulgaris* és la que té un valor més alt, amb 1.132,15 g/250m². La resta d'espècies, com *O. melanura*, *D. dentex*, *D. cervinus*, *C. chomis*, *D. sargus* i *T. Pavo*, mostren valors que oscil·len entre 800 i 250 g/m². La resta es troben en més baixes densitats, per sota de 50 g/250 m² (Figura 9c, Taula X). A nivell de família, els espàrids acumulen la major part de la biomassa, amb 2.684 g/250 m², molt per sobre de la resta de famílies (Figura 9d).

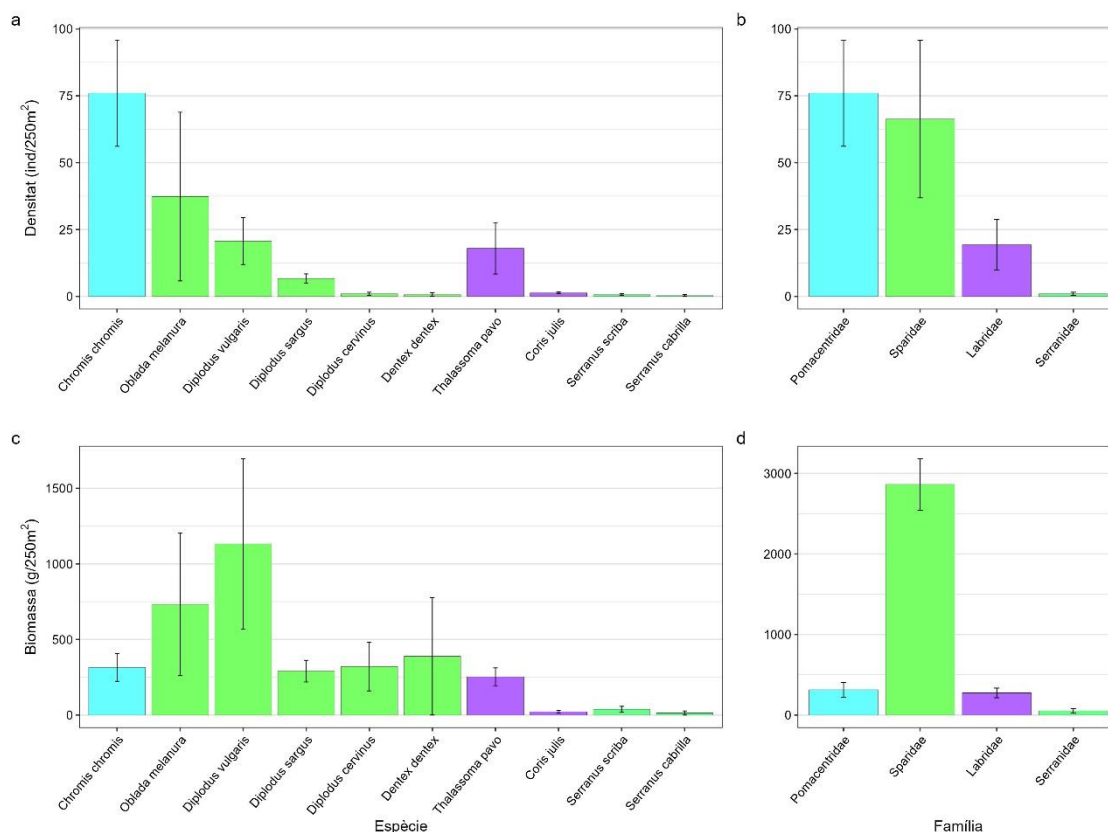


Figura 9. Densitat (mitjana i \pm error estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i \pm error estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació de La Barra. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

Taula 8. Mitjanes de densitat (individus/250 m²) i biomassa (g/250 m²) de cada espècie de l'estació de La Barra a la ZEC de les Costes del Tarragonès de l'any 2023. Els valors destacats en negreta corresponen als més elevats de cada espècie, ja sigui pel que fa a la densitat o a la biomassa.

Família	Espècie	Densitat (ind/250 m ²)		Biomassa (g/250 m ²)	
		Mitjana	ES	Mitjana	ES
Labridae	<i>Coris julis</i>	1,33	0,33	21,69	9,58
	<i>Thalassoma pavo</i>	18,00	9,61	253,43	58,69
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i>	76,00	19,86	314,56	91,30
Serranidae	<i>Serranus cabrilla</i>	0,33	0,33	13,94	13,94
	<i>Serranus scriba</i>	0,67	0,33	38,56	19,28
Sparidae	<i>Dentex dentex</i>	0,67	0,67	388,71	388,71
	<i>Diplodus cervinus</i>	1,00	0,58	320,35	160,27
	<i>Diplodus sargus</i>	6,67	1,76	290,50	71,46
	<i>Diplodus vulgaris</i>	20,67	8,74	1132,15	563,49
	<i>Oblada melanura</i>	37,33	31,52	732,06	471,26

Degut a la baixa abundància de la majoria d'espècies, només s'han pogut representar les estructures de talles de 3 de les 5 espècies d'espàrids observades a l'estació de La Barra. D'una banda, *D. sargus* i *D. vulgaris* tenen una distribució en un rang força ampli de talles. *D. sargus*

presenta individus des de la talla 4-6 cm fins a 18-20 cm, amb una proporció més elevada en els rangs de 8-10 cm i de 12-14 cm, mentre que *D. vulgaris* mostra individus des de la mida 2-4 cm fins a 20-22 cm, amb una proporció més elevada d'individus en la talla més petita. *O. melanura*, en canvi, presenta una distribució més acotada, entre els rangs de 6-8 cm i 14-16 cm, i la majoria dels individus es troben entre les talles 6 i 12 cm, distribuïts força uniformement (Figura 10).

Només s'ha observat dos individus de déntol, amb 30 i 40 cm de mida.

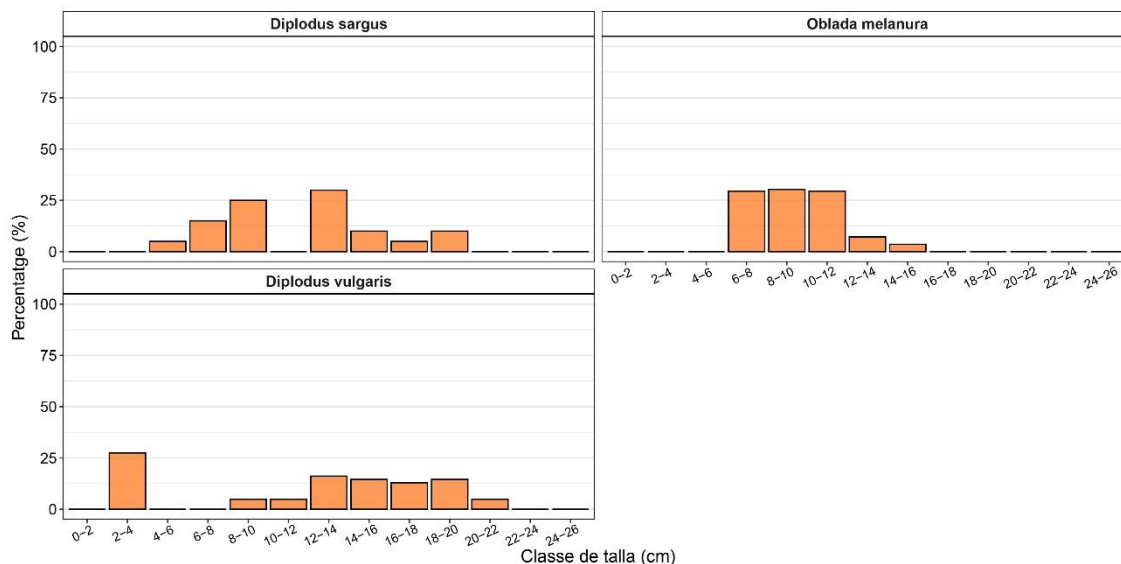


Figura 10. Estructura de talles dels espàrids observats a l'estació de La Barra: *Diplodus sargus* (n=20), *Oblada melanura* (n=112) i *Diplodus vulgaris* (n= 62).

Cymo

A l'estació de Cymo s'hi ha observat un total de 8 espècies, les quals pertanyen a 4 famílies diferents. L'espècie amb una densitat més elevada és, molt per sobre de la resta, *Atherina sp. M. surmuletus*, que és la següent més abundant, mostra una densitat molt inferior, seguida de *X. Novacula*. La resta d'espècies presenten un valor de 0,33 ind/250 m² (Figura 11a, Taula X). Antherinidae i Mullidae són les famílies amb major densitat, amb els mateixos valors de *Atherina sp. M. surmuletus* respectivament (Figura 11b).

En termes de biomassa, *Atherina sp.* és l'espècie que té un valor més elevat, amb 329,45 Ind/250m². *X. novacula* i *M. surmuletus* tenen valors molt inferiors, amb 14,46 i 9,92 g/250m², i la resta d'espècies es troben per sota els 10 g/250 m² (Figura 11c, Taula 9). Així doncs, la família Antherinidae és la que més biomassa mostra, seguit de la família dels làbrids (Labridae), amb 26 g/250 m², i la resta tenen valors inferiors a 10 g/250 m² (Figura 11d).

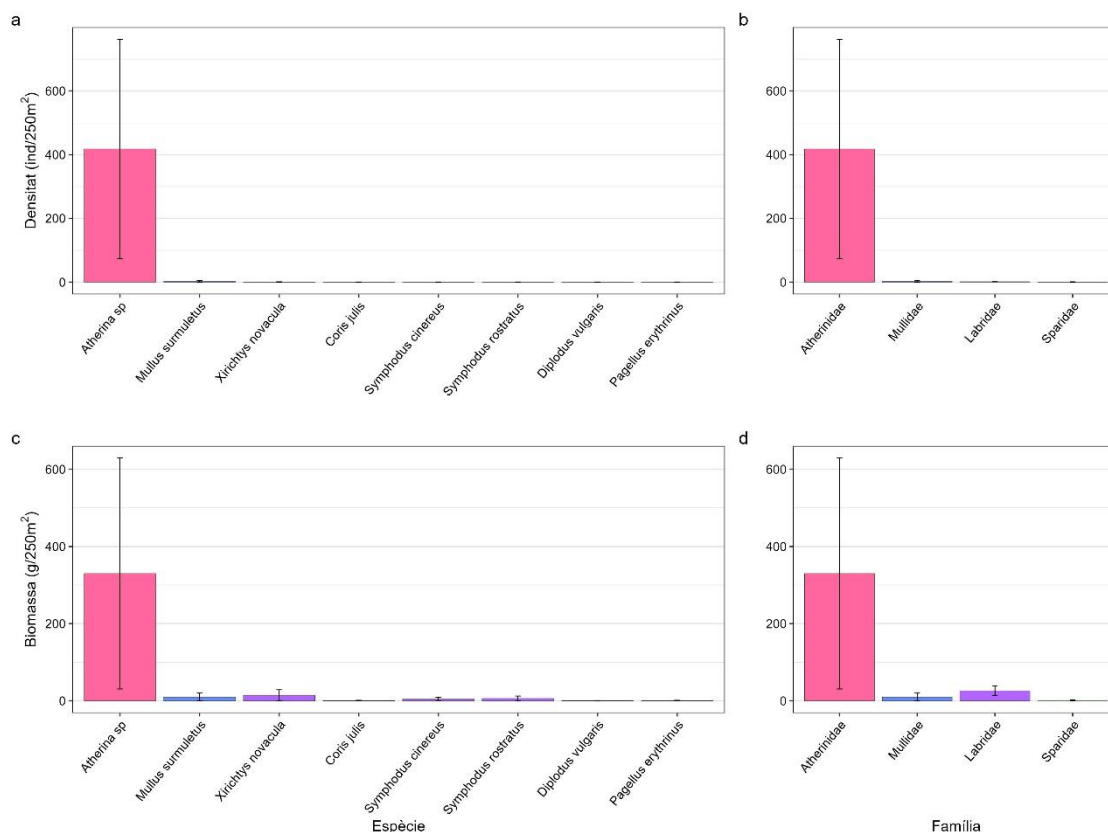


Figura 11. Densitat (mitjana i \pm error estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i \pm error estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació de Cymo. Els colors correspon a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

Taula 9. Mitjanes de densitat (ind/250 m²) i biomassa (g/250 m²) de cada espècie de l'estació de Cymo a la ZEC de les Costes del Tarragonès de l'any 2023. Els valors destacats en negreta corresponen als més elevats de cada espècie, ja sigui pel que fa a la densitat o a la biomassa.

Familia	Espècie	Densitat (ind/250 m ²)		Biomassa (g/250 m ²)	
		Mitjana	ES	Mitjana	ES
Atherinidae	<i>Atherina sp</i>	418,00	343,89	329,95	299,12
	<i>Coris julis</i>	0,33	0,33	0,74	0,74
Labridae	<i>Symphodus cinereus</i>	0,33	0,33	4,60	4,60
	<i>Symphodus rostratus</i>	0,33	0,33	6,23	6,23
	<i>Xirichtys novacula</i>	0,67	0,67	14,46	14,46
Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i>	2,67	2,67	9,92	9,92
Sparidae	<i>Diplodus vulgaris</i>	0,33	0,33	0,32	0,32
	<i>Pagellus erythrinus</i>	0,33	0,33	0,75	0,75

En aquesta estació no s'ha pogut representar l'estructura de talles de cap espècie d'espàrid degut a que només s'han trobat dues espècies, amb un individu cadascuna: un *D. vulgaris* de 4 cm, i un *P. erythrinus* de 6 cm.

Discussió

La Zona d'Especial Conservació de les Costes del Tarragonès, 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). Tot i això, és una zona que rep diferents pressions antropogèniques, no només a nivell pesquer, activitat la qual està permesa, sinó també a nivell turístic degut a les platges sorrenques que atreuen gent, així com també una sèrie d'urbanitzacions i càmpings situats darrere l'espai (Generalitat de Catalunya, 2015).

Pel que fa a aquest indicador, els valors de diversitat i abundància indiquen que la pesca és l'impacte més directe que reben les comunitats de peixos d'aquesta zona. D'una banda, la biodiversitat observada no és pròpia de comunitats ben desenvolupades i conservades, degut a que tan sols s'han observat 16 espècies, i els índexs de diversitat ens indiquen que són zones molt poc diverses. Només 1 de les espècies observades és considerada altament vulnerable a la pesca i piscívora, el déntol (*D. dentex*), i només se n'han observat 2 individus de mida mitjana. D'altra banda, les densitats i biomasses de les espècies són, en general, força baixes. Només s'han observat en quantitats elevades les espècies *Atherina sp* i *C. chromis*. Ambdues espècies no tenen un valor comercial remarcable, i són espècies planctòfagues que no ocupen un lloc clau en la xarxa tròfica.

Així doncs, en termes generals, s'observa que es tracta d'una zona molt impactada per la pesca. Es podria pensar que la praderia de *C. nodosa* no presenta prou complexitat estructural com per albergar diferents espècies de peixos, tot i que aquest hàbitat és especialment clau per a reclutes i juvenils d'espècies com el pagell (*P. erythrinus*) o *D. annularis* (Casas *et al.*, 2021). En aquesta zona només s'ha observat un individu de pagell de 6 cm. A més, a la zona rocosa on a priori hi hauria més diversitat, amb espècies piscívores i més grans, tampoc presenta valors elevats ni de biodiversitat ni de densitats i biomassa. No obstant, sí que s'hi han observat més espècies d'espàrids que a la praderia de *C. nodosa*, amb dos déntols i diverses oblades, variades i algun sarg imperial, però amb valors de densitat i biomassa molt baixos, lluny de una poder considerar-se unes comunitats ben conservades.

Amb aquests resultats es pot concloure que la ZEC de les Costes del Tarragonès és una zona força impactada per la pesca, tot i que amb presència d'hàbitats potencials per a que les poblacions de peixos puguin desenvolupar-s'hi, de forma que una gestió d'aquesta activitat permetria una la seva recuperació.

Conclusions

La praderia de *C. nodosa*, hàbitat de reclutes i juvenils d'algunes espècies, presenta valors molt baixos de les diferents espècies observades, i no s'hi observen individus d'algunes espècies pròpies de l'hàbitat, com seria *P. erythrinus*.

La zona de la barra de roca de Torredembarra, tampoc mostra valors de diversitat elevats, i només s'hi ha observat una espècie altament vulnerable a la pesca i piscívora, amb 2 individus de déntol.



La pressió pesquera és l'impacte més directe sobre les comunitats de peixos d'aquesta zona. Aquesta afecta tant a la biodiversitat com a la densitat i biomassa d'aquestes.

Tot i la baixa diversitat i abundància de peixos, la presència d'hàbitats per al seu desenvolupament permetria una recuperació d'aquestes comunitats amb una gestió pesquera adequada.

Comunitats algals i poblacions de garotes

- L'estació mostrejada a la ZEC de les Costes del Tarragonès presenta comunitats algals empobrides dominades per gesses, amb poca estructura. Tant les condicions ambientals naturals com les pressions antròpiques segurament limitin el desenvolupament de boscos algals madurs.
 - S'ha observat una població de *Paracentrotus lividus* poc densa però ben desenvolupada, amb presència de reclutes i individus grans. L'abundància d'*Arbacia lixula* es molt baixa en aquesta ZEC. L'extensió de l'hàbitat disponible per l'assentament i desenvolupament de poblacions garotes és limitada, dificultant el desenvolupament de poblacions denses.
- S'ha observat la presència de l'alga invasora *Caulerpa cylindracea* en aquesta ZEC, la qual pot tenir impactes negatius sobre les comunitats dels fons rocosos infralitorals.
 - Reduir i regular les pressions locals que afecten aquesta ZEC, com ara l'eutrofització o la pesca podria contribuir a millorar l'estat de conservació d'aquests hàbitats.

Introducció

Les comunitats dominades per 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, les quals tenen formes arborescents i configuren comunitats complexes, pròpies de les zones més ben conservades i amb bona qualitat de l'aigua (Sala *et al.*, 2012).

Les algues de les comunitats rocoses infralitorals al mediterrani proporcionen hàbitat i aliment per una multitud d'altres organismes (Cheminée *et al.*, 2013). Aquests hàbitats són vulnerables a una sèrie d'impactes derivats de les activitats antròpiques com ara la contaminació, la modificació del litoral, la introducció d'espècies exòtiques, l'erosió causada per arts de pesca i l'herbivorisme excessiu com a resultat de la sobrepesca (Mineur *et al.*, 2015). Els efectes del canvi climàtic, com l'augment de la temperatura de l'aigua, també poden afectar les comunitats algals (Verdura *et al.*, 2021; Montserrat *et al.*, 2022). Al mediterrani, així com a altres mars temperats s'han descrit mortalitats de macroalgues i canvis en les comunitats degut a l'augment de la temperatura (Wernberg *et al.*, 2016; Verdura *et al.*, 2021).

Una de les causes més rellevants de la davallada de les algues formadores d'hàbitat arreu de la Mediterrània és la sobrepastura per part d'herbívors, principalment les garotes. Aquesta en molts casos és derivada de la sobrepesca de peixos (principals depredadors de les garotes), que pels anomenats efectes tròfics en cascada ha causat la proliferació excessiva d'aquests herbívors, i pot portar a canvis dràstics en l'estat de l'ecosistema cap a blancalls amb molt poca cobertura algal i biodiversitat associada (Sala *et al.*, 1998; Thibaut *et al.*, 2005; Giakoumi *et al.*, 2012; Ling *et al.*, 2015). Així doncs, la composició de les comunitats algals i el seu estat de conservació pot estar relacionat amb la densitat i estructura de les poblacions de garotes.

Al mediterrani les dues espècies de garotes més freqüents en ambients fotòfils són *Paracentrotus lividus* i *Arbacia lixula*. La garota *P. 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. El marisqueig d'aquesta espècie 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). També s'han descrit diferències en el seu paper estructural a les comunitats rocoses infralitorals. *P. lividus* sembla consumir més aviat algues frondoses erectes, i quan la seva densitat és elevada pot formar blancalls extensos (Sala *et al.*, 1998, Privtera *et al.*, 2008, Agnetta *et al.*, 2015). *A. lixula*, en canvi, sembla alimentar-se més d'algues calcàries incrustants i d'algues reclutes, i per tant la seva presència pot mantenir blancalls i dificultar la recuperació dels boscos algals (Privtera *et al.*, 2008, Bonaviri *et al.*, 2011). A més, *A. lixula* no pateix una depredació tan important com *P. lividus* (Guidetti, 2004; Guidetti i Mori, 2006).

Una altra de les pressions preocupants que pateixen aquestes comunitats, que podria comportar canvis molt significatius en les comunitats algals és l'arribada d'espècies invasores. *Caulerpa cylindracea* és una de les espècies invasora que pot causar diversos efectes adversos sobre els

ecosistemes Mediterranis (Klein i Verlaque, 2008; Ceccherelli *et al.*, 2000). A Catalunya es va detectar per primer cop el 2008 a les costes del Garraf, i posteriorment s'ha observat extensament en diversos llocs de la costa catalana.

El fons marí infralitoral de la Zona d'Espècial Conservació de les Costes del Tarragonès és constituït majoritàriament per sorra. Tot i així, la presència d'una sèrie de barres rocoses longitudinals a la costa ofereix substrat per la formació d'hàbitats d'algues. En l'exploració d'aquesta ZEC duta a terme l'any 2021 per determinar els indicadors i les estacions que s'utilitzarien per fer el seguiment de la biodiversitat marina, es va escollir una estació, La Barra, per mostrejar les comunitats infralitorals rocoses, concretament les poblacions de garotes i la composició de la comunitat algal. En aquest capítol presentem els resultats del primer any de mostreig d'aquestes comunitats en aquesta ZEC, amb l'objectiu d'avaluar el seu estat de conservació i proporcionar una línia de base pel seu futur monitoratge.

Material i mètodes

Disseny de mostreig

Per a l'estudi de les comunitats algals i les poblacions de garotes en la ZEC de les Costes del Tarragonès s'ha seleccionat el punt suggerit en l'exploració duta a terme l'any 2021, La Barra (Linares *et al.*, 2022) (Figura 12). Aquesta estació es situa als 4m de fondària i dins de comunitats infralitorals de fons rocós dominades per algues fotòfiles. La Taula 10 mostra la data de mostreig d'aquest indicador.

Taula 10. Estació de mostreig de comunitats d'algues i poblacions de garotes del 2023 a la ZEC Grapissars de Masia Blanca

ZEC	Estació	Data mostreig	Fondària (m)
Costes del Tarragonès	La Barra	2023-06-23	4

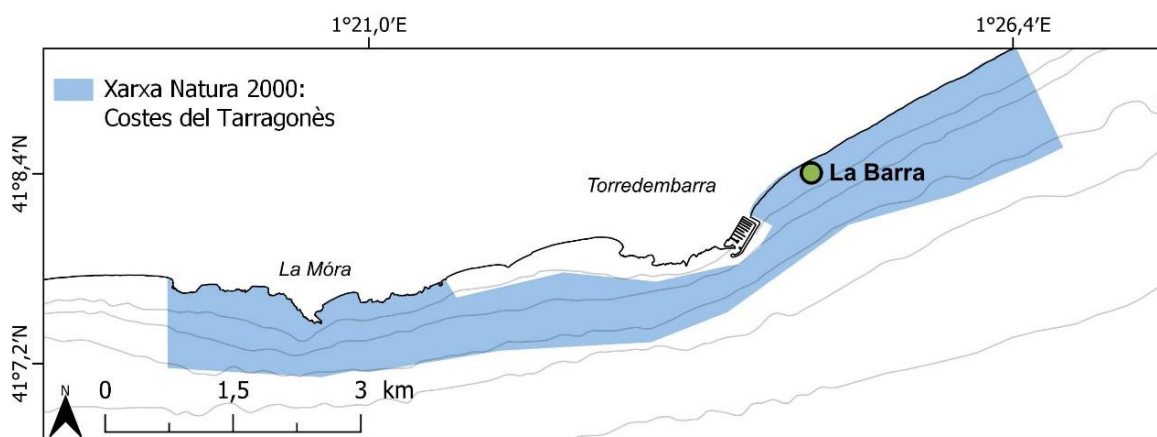


Figura 12. Mapa de l'estació de mostreig de comunitats d'algues i poblacions de garotes de la ZEC de les Costes del Tarragonès l'any 2023.

Metodologia de mostreig

En aquesta estació, s'ha dut a terme el mostreig dels indicadors de la següent manera:

- **Poblacions de garotes:** S'han realitzat 3 transectes de 30 metres de llarg, subdividits en trams de 10 m, i 1 metre d'ample, anotant el nombre d'exemplars de garotes observades, així com l'espècie a la que pertanyien, la seva mida, fondària i l'hàbitat sobre el qual es trobaven.
- **Comunitats algals:** Les comunitats algals s'han caracteritzat en la mateixa àrea delimitada pels transectes utilitzats per monitoritzar les poblacions de garotes. Per fer-ho, s'ha quantificat la cobertura de cada espècie d'algues d'una llista predeterminada, en les que s'inclouen les espècies més abundants a la costa catalana i alhora de fàcil identificació, per tal de reduir la probabilitat d'errors durant el comptatge (Taula 11). La composició i cobertura algal s'ha caracteritzat mitjançant quadrats de 50x50 cm subdividits en 25 quadrats de 10x10 cm. A cada quadrat s'han anotat les espècies presents en cadascun dels subquadrats, determinant així tant la cobertura de cada espècie i la composició de la comunitat. S'ha realitzat un total de 10 quadrats al llarg dels 3 transectes utilitzats pel comptatge de garotes.

Taula 11. Llistat d'espècies d'algues utilitzat en el mostreig d'algues a la ZEC de les Costes del Tarragonès l'any 2023.

Algues brunes	Algues vermelles	Algues verdes
<i>Acinetospora crinita</i>	<i>Amphiroa</i> sp.	<i>Acetabularia acetabulum</i>
<i>Cladostephus spongiosus</i>	<i>Asparagopsis armata</i>	<i>Caulerpa cylindracea</i>
<i>Colpomenia sinuosa</i>	<i>Bonnemaisonia</i> sp.	<i>Codium bursa</i>
<i>Cystoseira compressa</i>	<i>Ceramium ciliatum</i>	<i>Codium effusum</i>
<i>Cystoseira zosteroides</i>	<i>Ellisolandia elongata</i>	<i>Codium vermilara</i>
Dictiotals	<i>Gelidium spinosum</i>	<i>Flabellia petiolata</i>
<i>Gongolaria elegans</i>	<i>Jania rubens</i>	<i>Halimeda tuna</i>
<i>Halopteris scoparia</i>	<i>Laurencia</i> sp.	<i>Valonia utricularis</i>
<i>Padina pavonica</i>	<i>Liagora viscida</i>	
<i>Phyllariopsis</i> sp.	<i>Lithophyllum incrustans</i>	
<i>Sargassum</i> sp.	<i>Mesophyllum alternans</i>	
<i>Zanardinia typus</i>	<i>Peyssonnelia rubra</i>	
	<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	
	<i>Wrangelia penicillata</i>	

Anàlisi de dades

S'ha calculat la densitat mitjana de cada espècie de garota. També s'ha representat l'estructura de talles de la mostra de garotes mesurades.

S'ha calculat la corba rang-abundància de la comunitat algal. Per fer això, s'ha calculat primer la cobertura mitjana de cada espècie, entesa com la proporció mitjana de subquadrats on s'ha detectat l'espècie dins d'un quadrat de mostreig. Aquesta cobertura mitjana s'ha dividit per la cobertura de l'espècie més abundant, obtenint així la dominància relativa de cada espècie. S'han ordenat les espècies en funció de la seva cobertura mitjana, assignant així rangs d'abundància, i s'ha representat la relació entre la dominància relativa de cada espècie i el seu rang.

Resultats

Població de Garotes

Paracentrotus lividus

La densitat mitjana de *P. lividus* a l'estació mostrejada en aquesta ZEC és de $8,8 \pm 1,9$ individus/10m². L'estructura de talles de *P. lividus* mostra una distribució unimodal amb dominància d'individus de 4-5 cm de diàmetre (Figura 13). La classe de talla més gran observada és la de 6-7 cm, i la classe de talla observada amb menor freqüència és la de 1-2 cm. En l'estació mostrejada en aquest ZEC s'han pogut observar uns pocs exemplars reclutes.

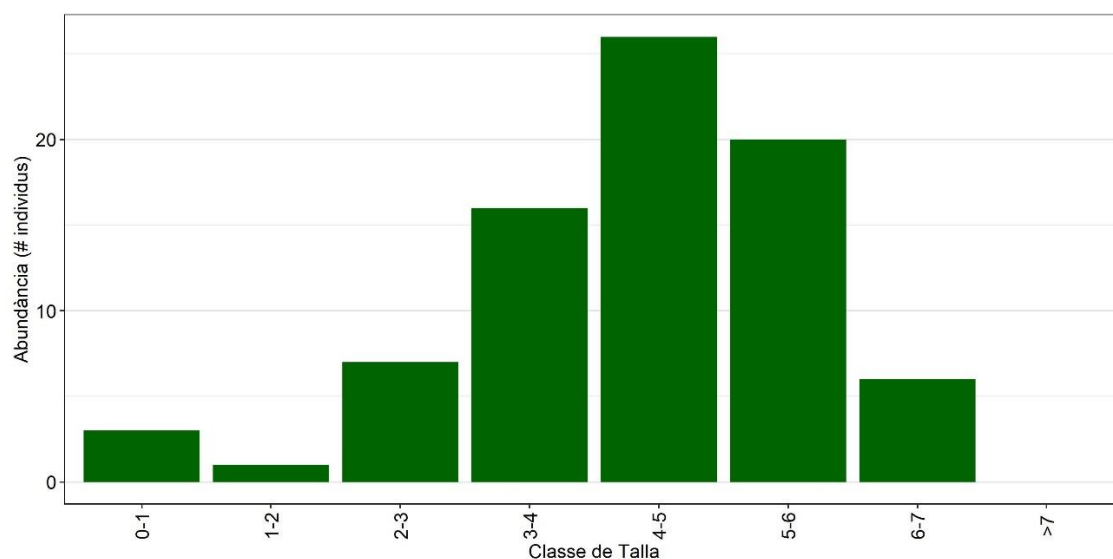


Figura 13. Estructura de talles de *Paracentrotus lividus* a l'estació de mostreig (La Barra) de la ZEC de les Costes del Tarragonès l'any 2023.

Arbacia lixula

La densitat mitjana de *Arbacia lixula* és de $1,0 \pm 0,7$ ind/10m². S'ha observat un total de 9 exemplars de *A. lixula*. En el cas de *A. lixula*, dels 9 individus totals que s'han observat, dos individus feien 2-3 cm de diàmetre, quatre feien 3-4 cm i tres feien entre 4-5 cm (Figura 14). El nombre total de garotes no és prou gran com per observar un patró clar en l'estructura de talles.

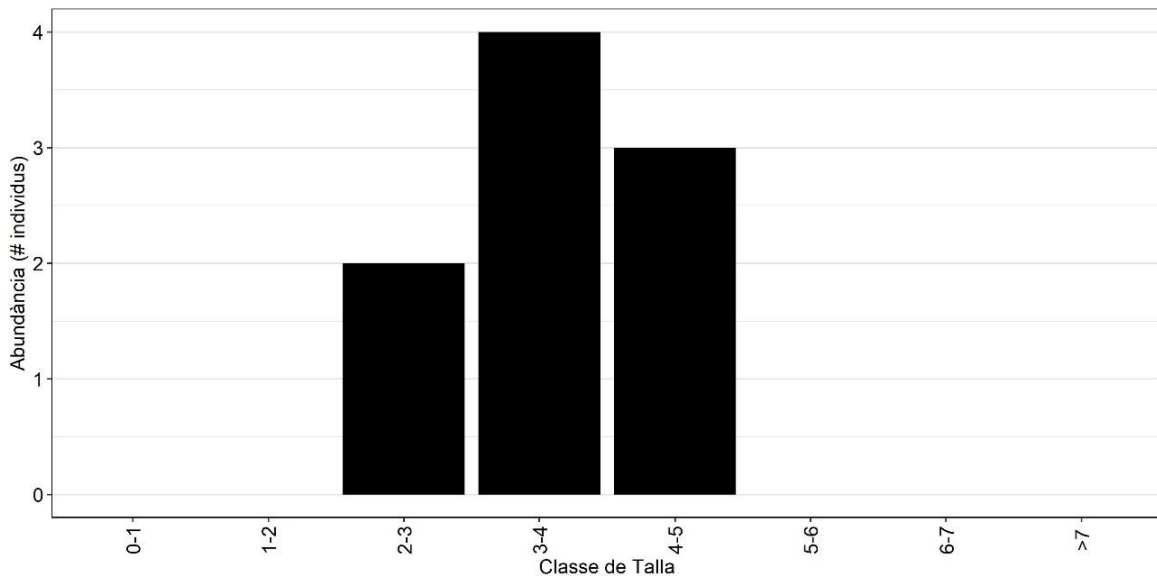


Figura 14. Estructura de talles de *Arbacia lixula* a l'estació de mostreig (La Barra) de la ZEC de les Costes del Tarragonès l'any 2023.

Comunitats algals

L'estació de mostreig de La Barra mostra una comunitat algal força empobrida, dominada per gespes. Les espècies *Acetabularia acetabulum*, *Padina pavonica*, i en menor mesura de l'alga erecte *Halopteris scoparia* són les tres més abundants (Figura 15). També s'ha pogut observar, en minoria, presència d'algues vermelles coral·lines com ara *Ellisolandia elongata* i *Jania rubens*, i algues brunes de l'ordre Dictyotals. L'alga invasora *Caulerpa cylindracea* s'ha observat en aquesta estació, tot i que no de forma molt extensa. La riquesa d'espècies mitjana observada en un quadrat de mostreig en aquesta estació és de 7,1 espècies. La figura 16 mostra un exemple d'un quadrat de mostreig (a) i un exemplar de *C. cylindracea* en aquesta estació (b).

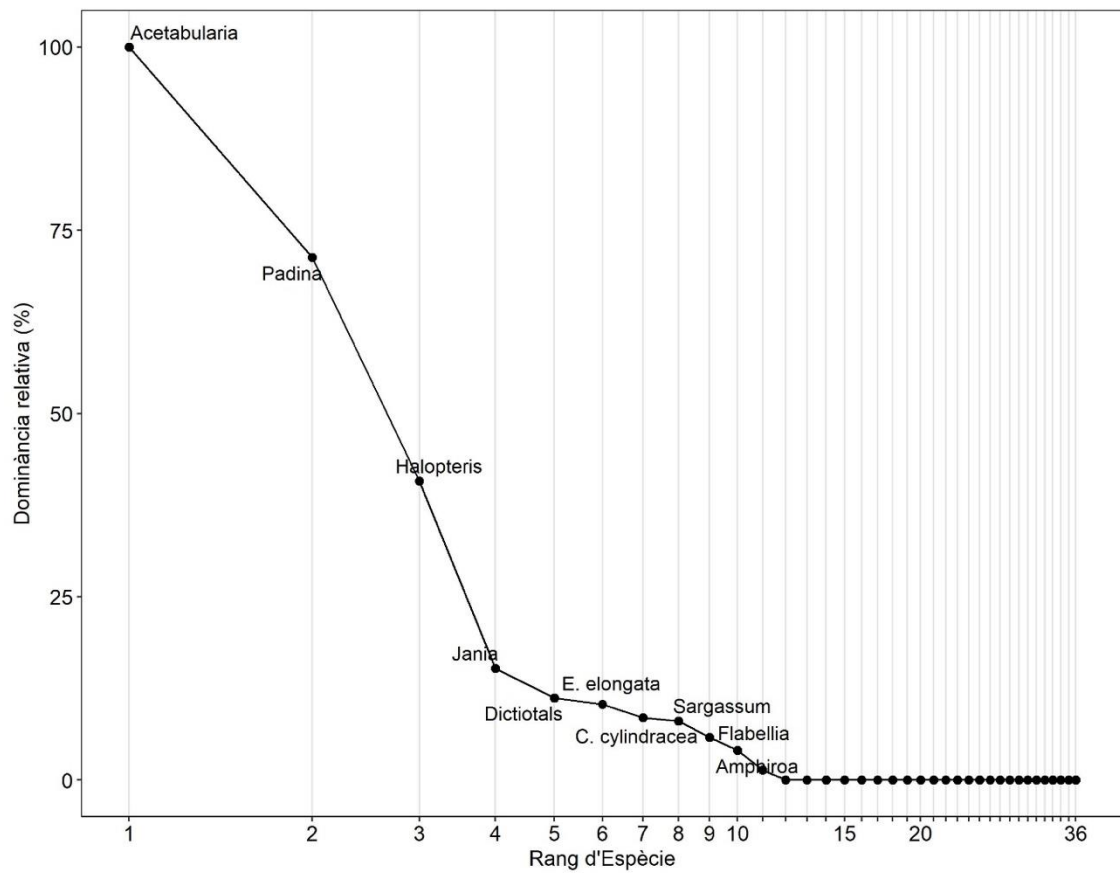


Figura 15. Corba de rang-abundància de la comunitat algal en l'estació mostrejada (La Barra) a la ZEC de les Costes del Tarragonès l'any 2023. El rang correspon al rang de cada espècie en ordre d'abundància (1 és l'espècie més abundant), i la dominància relativa correspon a la cobertura de cada espècie (percentatge mitjà de subquadrats on és present l'espècie) en relació a la cobertura de l'espècie dominant (de rang 1). Eix X en escala logarítmica.

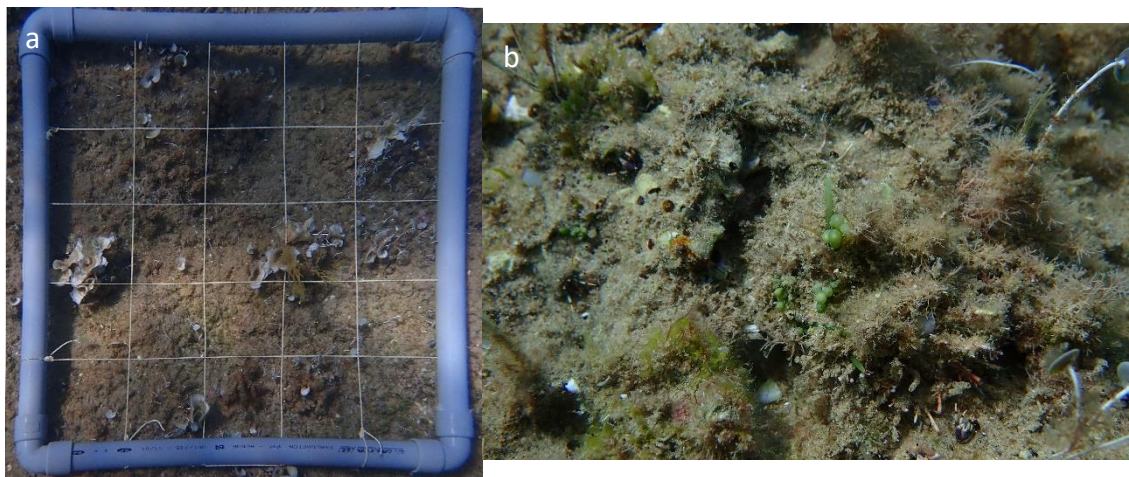


Figura 16. Comunitat algal en un quadre de mostreig a l'estació de La Barra de la ZEC de les Costes del Tarragonès (A), i fotografia mostrant l'alga invasora *Caulerpa cylindracea* en aquesta estació de mostreig (B).

Discussió

Els resultats presentats aquí donen una primera descripció de l'estat de les poblacions de garotes i les comunitats algals a la ZEC de les Costes del Tarragonès. Tot i que gran part d'aquesta ZEC compta amb fons de sorra, la presència d'una sèrie de barres rocoses permet l'establiment de comunitats algals i poblacions de garotes associades. S'ha observat una densitat relativament baixa de *Paracentrotus lividus* en l'estació mostrejada. S'ha de tenir en compte que l'extensió de l'hàbitat disponible per l'assentament i desenvolupament de les poblacions de garotes és relativament reduïda, ja que es limita a aquestes barres rocoses separades per clapes grans de sorra. L'estructura de talles de *P. lividus* en aquesta ZEC és típica d'una població amb una elevada pressió de depredació sobre les talles petites o reclutes. Aquests dos factors podrien dificultar l'establiment d'una població extensa de *P. lividus*.

S'han observat molts pocs exemplars de *Arbacia lixula*, i no s'han observat reclutes. Aquesta espècie a la costa catalana generalment coexisteix amb *P. lividus*, però en menor abundància. Tot i així, podria ser que en anys futurs aquesta espècie incrementés en la seva densitat, ja que es considera una espècie termòfila (Wangensteen *et al.*, 2013) i pateix una menor pressió de depredació (Guidetti i Mori, 2006). En el context de l'augment de temperatura de l'aigua, caldrà veure si la creix la població de *A. lixula* en aquesta ZEC.

La comunitat algal a l'estació mostrejada està constituïda majoritàriament per gesses, amb dominància de *Acetabularia acetabulum*, *Padina pavonica* i en menor mesura *Halopteris scoparia*. Són comunitats amb poca estructura tridimensional i complexitat morfològica, i per tant la seva capacitat per oferir hàbitat a altres espècies, així com la seva productivitat, és més limitada que altres comunitats constituïdes per algues erectes arborescents

S'ha observat en aquesta ZEC presència de l'alga invasora *Caulerpa cylindracea*. Aquesta alga s'ha observat de forma extensa per la costa catalana, després de la seva primera detecció l'any 2008. La seva proliferació als fons rocosos pot tenir diversos efectes sobre les comunitats natives, inclosa la facilitació de gesses algals en lloc d'algues erectes formadores d'hàbitat i l'alteració de la sedimentació (Bulleri *et al.*, 2010). També podria alterar el metabolisme i comportament de peixos com ara el sarg (Felline *et al.*, 2012). Enguany, en aquesta ZEC no s'ha observat de forma molt extensa, així que caldrà veure en el següent mostreig quina evolució mostra aquesta espècie invasora.

A la fondària mostrejada, i amb bancs de sorra grans al costat i règims hidrodinàmics fortament variables, aquesta zona de mostreig segurament sigui vulnerable a pertorbacions freqüents i a un elevat grau de sedimentació de forma natural, afavorint les gesses i les comunitats menys complexes. Tot i així, diverses pressions antròpiques com per exemple la contaminació, l'eutrofització, la urbanització de la costa o la sobrepesca tenen impactes sobre les comunitats d'algues infralitorals. La baixa abundància d'algues erectes estructurals com ara *H. scoparia*, generalment presents en aquest tipus d'hàbitat (Ballesteros, 1992) suggereix que en aquesta ZEC les comunitats algals són pobres respecte zones amb comunitats més madures i diverses com les dominades per boscos de espècies de *Cystoseira sensu lato* (amb l'excepció de *C. compressa*) que són les comunitats de macroalgues indicadores d'un elevat estat ambiental (Ballesteros *et al.*, 2007). En aquesta ZEC aquestes pressions poden ocórrer en diferents graus d'intensitat, i és

probable que tinguin un impacte sobre les comunitats rocoses infralitorals. És fonamental reduir al màxim aquestes pressions per millorar la funcionalitat i resiliència d'aquests hàbitats.

Conclusions

L'estació mostrejada a la ZEC de les Costes del Tarragonès presenta comunitats algals empobrides dominades per gespes, amb poca estructura. Tant les condicions ambientals naturals com les pressions antròpiques segurament limitin el desenvolupament de boscos algals madurs.

S'ha observat una població de *Paracentrotus lividus* poc densa però ben desenvolupada, amb presència de reclutes i individus grans. L'abundància de *Arbacia lixula* és molt baixa en aquesta ZEC. L'extensió de l'hàbitat disponible per l'assentament i desenvolupament de poblacions garotes és limitada, dificultant el desenvolupament de poblacions denses.

S'ha observat la presència de l'alga invasora *Caulerpa cylindracea* en aquesta ZEC, la qual pot tenir impactes negatius sobre les comunitats dels fons rocosos infralitorals.

Reduir i regular les pressions locals que afecten aquesta ZEC, com ara l'eutrofització o la pesca podria contribuir a millorar l'estat de conservació d'aquests hàbitats.

Comunitats mediolitorals

- Les dues estacions mostrejades presenten comunitats d'*Ericaria mediterranea* i tenasses de *Lithophyllum byssoides*, tot i que es troben molt restringides a nivell espacial.
 - Els valors de densitat i cobertura obtinguts a l'estació de Punta Móra són valors similars a altres zones caracteritzades per comunitats mediolitorals sanes, i lleugerament més baixos en el cas de Móra Nord, pel que fa a la cobertura.
 - L'estació de Punta Móra presenta major diversitat i cobertura de grups, possiblement degut a la situació d'hidrocinamisme a la qual està exposada.
- Les algues de tipus gesses i *L. byssoides* dominen les comunitats mediolitorals a les estacions estudiades.
 - Les tenasses de *L. byssoides* són presents i relativament abundants a les dues localitats, però es troba majoritàriament blanquejat.
 - L'espècie *Ellisolandia elongata*, alga de creixement ràpid i resistent, es troba molt desenvolupada a les dues estacions.
 - La composició algal d'aquesta comunitat a la zona d'estudi està determinada per la bona 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 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.

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. 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 (Figura 17) (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).

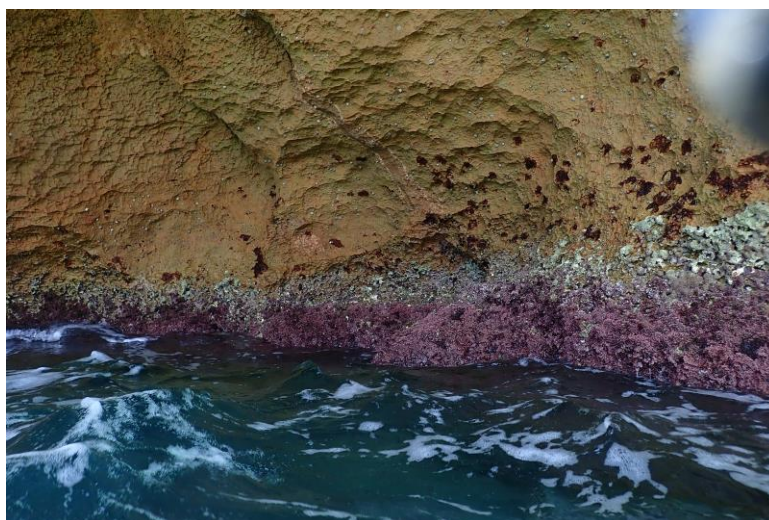


Figura 17. Estatge mediolitoral a la ZEC de les Costes del Tarragonès al 2023, estació de Móra Nord.

A la zona d'estatge mediolitoral 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. 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).

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). Entre els organismes que s'han fet servir com a indicadors, els més rellevants pel present seguiment són les macroalgues. Aquests organismes són els principals formadors d'hàbitat de la franja mediolitoral de costes del Mediterrani, i estan conformades per organismes pertanyents a grups taxonòmics dispars, amb diferents graus de vulnerabilitat a les alteracions del medi.

Dins el marc de la costa catalana, a la zona d'estudi (ZEC de les Costes del Tarragonès) trobem hàbitats de naturalesa detrítica caracteritzada per fons sorrencs i fangosos, amb praderies de fanerògames marines de *C. nodosa*, així com certs hàbitats rocosos amb comunitats diverses. Menys freqüentment i en punts localitzats, trobem els hàbitats de fons rocosos, batuts per l'onatge i amb presència de *Ericaria mediterranea* o bé *Elisolandia elongata* (Ballesteros *et al.*, 2014).

La contaminació i eutrofització de les zones costaneres és un dels agents que més afecta a aquest hàbitat, sobretot a espècies amb un rol ecològic clau com les del gènere *Cystoseira sensu lato* per espècies de creixement més ràpid, com altres espècies d'algues vermelles (*Elisolandia elongata*), musclos (*Mytilus galloprovincialis*) o, quan els nivells de contaminació són molt elevats, per algues verdes (*Ulva*, *Cladophora* i *Enteromorpha*). D'altra banda, aquestes són especialment vulnerables a l'abradió i pel trepig, degut a la seva exposició a zones de fàcil accés per embarcacions, caiacs i per l'accés de turistes a determinats llocs de la costa. A més, l'augment de les temperatures també sembla que pot afectar negativament a aquests hàbitats, ja sigui perjudicant a determinats processos poblacionals (e.g. reclutament de certes espècies de *Cystoseira sensu lato* (Montserrat *et al.*, 2022).

En el present treball, per tal de mesurar el possible impacte que pateix el mediolitoral es varen triar dos organismes formadors d'hàbitat com a principals espècies indicadores: l'alga bruna *Ericaria mediterranea* i l'alga coral·linàcia *Lithophyllum byssoides*. Aquestes espècies, tot i presentar moltes diferències entre sí, tenen la similitud de viure en la zona del mediolitoral i, per tant, ambdues estan exposades als impactes que afecten aquest ambient.

Ericaria mediterranea és una espècie d'alga arborescent que creix en substrats rocosos, moderadament batuts per l'onatge (Ballesteros, 1984). Els seus màxims de producció es produeixen a la primavera (Ballesteros, 1988), i a l'estiu presenten un pic màxim de biomassa, quan les seves frondes estan ben desenvolupades, donant l'aspecte de "boscos". Aquesta espècie forma hàbitats continus però limitats i molt ben definits en l'estatge infralitoral superior, entre 0 i 0,5 metres de fondària, en zones situades just on baten les ones en llocs rocosos ben il·luminats i exposats a l'onatge. Aquesta espècie forma boscos en miniatura en què la capçada d'aquests vegetals pot arribar als 30 – 40 cm d'alçada, i els hàbitats que forma són molt abundants, especialment a la costa nord de Catalunya, incloent la costa del Montgrí i el cap de Creus, degut a la costa rocosa. Els boscos de *E. mediterranea* són considerats hàbitats madurs, i que reflecteixen un millor estat de conservació de les zones costaneres i batudes del Mediterrani (Ballesteros *et al.*, 2013; Generalitat de Catalunya, 2017).

Els boscos de *E. mediterranea* són molt sensibles a la contaminació i a l'alteració de l'hàbitat, així com a l'excessiu grau d'herbivorisme per part dels principals herbívors mediterranis: la salpa (*Sarpa salpa*) i especialment les garotes (*Paracentrotus lividus*), que poden tenir creixements

poblacionals excessius en absència de depredadors i poden eliminar completament la cobertura algal. De fet, la regressió de boscos de *E. mediterranea* s'ha descrit en diverses zones de la Mediterrània, i la seva absència en molts indrets teòricament favorables ha d'atribuir-se a la contaminació (Ballesteros *et al.*, 2013). Quan aquest hàbitat és degradat, sol substituir-se per comunitats dominades per *Ellisolandia elongata*, amb una baixa diversitat associada. Un cop degradat, aquest hàbitat es recupera molt lentament a causa de la dinàmica lenta de *E. mediterranea* i de la seva baixa capacitat de dispersió.

Lithophyllum byssoïdes és una alga vermella coral·linàcia que forma tal·lus crostosos rígids i calcificats, amb un creixement tridimensional en forma de tal·lus semiesfèric 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'hidrodinamisme, 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* (Ballesteros, *et al.*, 1984; Laborel, 1987). Aquestes tenasses poden mesurar des d'uns quants centímetres fins a més d'un pam, tot i que en determinades zones pot arribar a tenir més d'un metre. Malgrat que el creixement de *L. byssoïdes* 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. byssoïdes* es considera una espècie enginyera d'una gran importància ecològica (Boudouresque, 2004; Verlaque, 2010; Ballesteros *et al.*, 2013).

Aquesta espècie, i la comunitat que forma també és molt sensible a diverses pertorbacions d'origen antròpic. Per una part, la seva situació en la l'estatge mediolitoral fa que sigui especialment vulnerable a la contaminació, tant atmosfèrica com marina, especialment pels hidrocarburs (Morhange *et al.*, 1992; Rodríguez-Prieto *et al.*, 2013). Una altra amenaça per a aquest hàbitat és l'erosió mecànica, ja sigui degut a objectes flotants que poden erosionar la seva estructura (Ballesteros, 2013), o per les diferents activitats de lleure en zones amb una alta freqüentació, les quals poden també erosionar aquestes fràgils estructures ja sigui pel trepig dels banyistes o pel contacte amb embarcacions o caiacs (Laborel *et al.*, 1993; Boudouresque, 2004). A més, degut a la seva estreta distribució vertical, aquests hàbitats són vulnerables a variacions en el nivell del mar, que pot ocasionar que espècies de l'infralitoral creixin per sobre les frondes de *L. byssoïdes* (Verlaque, 2010; Thibaut *et al.*, 2013), o el desenvolupament de bandes de creixement de *L. byssoïdes* per sobre del nivell actual (Laborel *et al.*, 1994; Verlaque *et al.*, 2010). En els darrers anys s'ha observat també una mortalitat d'aquestes algues en forma de blanqueig de la seva superfície, i que podria ser degut al efectes de l'elevada temperatura de l'aigua (Martí *et al.*, 2024). Aquesta mortalitat parcial pot ser degradada o epifitada per altres espècies, i pot comprometre la conservació i viabilitat d'aquesta comunitat.

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 de les Costes del Tarragonès 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 i queda restringida a petites franges de roca costaneres dins del límit de la ZEC, considerem que és important donar una informació de base que serveixi per futurs seguiments.

Material i mètodes

Disseny de mostreig

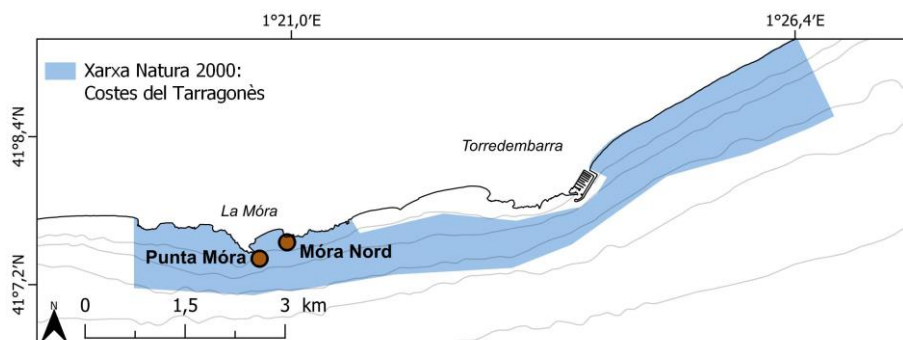
Entre el 6 i 7 de julio del 2021, el primer any de seguiment dels espais marins protegits que formen part de Natura 2000 i del Pla d'Espais d'Interès Natural (PEIN), es van dur a terme prospeccions prèvies per a poder identificar les zones més adients i representatives, amb formacions de tenasses de *L. byssoides* (*trottoir*), així com també zones de comunitats mediolitorals dominades per *E. mediterranea* a la costa d'aquesta ZEC. No obstant, durant aquestes dates no es va poder identificar zones amb comunitats de mediolitoral per a incloure al mostreig, la qual cosa es van haver d'identificar posteriorment.

Finalment, per a l'estudi de les comunitats mediolitorals es van seleccionar els punts de la ZEC de les Costes del Tarragonès on aquesta comunitat es trobava més representada, i descendint de nord a sud per la costa són els següents: Móra Nord i Punta Móra. Durant el 26 de Juny del 2023 es van dur els mostrejos d'aquest indicador a les dues estacions (Taula 12, Figura 18).

Les estacions de Móra Nord i Punta Móra es situen al sud de la ZEC de les Costes del Tarragonès, al sud de Torredembarra i davant la platja de la Móra. Les dues estacions estan lleugerament separades uns 500 metres entre una i l'altra. En les dues estacions s'ha fet un mostreig de la comunitat mediolitoral, tant de densitat i cobertura de *E. mediterranea*, com també l'anàlisi de imatges a partir de quadres aleatoris que representen tota la comunitat mediolitoral a les tenasses de *L. byssoides*.

Taula 12. Estacions de mostreig de comunitats mediolitorals del 2023 a la ZEC de les Costes del Tarragonès.

ZEC	Estació	Data mostreig
Costes del Tarragonès	Móra Nord	2023-06-26
	Punta Móra	2023-06-26

**Figura 18.** Mapa de les estacions de mostreig de comunitats mediolitorals de la ZEC de les Costes del Tarragonès l'any 2023.

Metodologia de mostreig

Ericaria mediterranea

La zona d'estudi d'aquest indicador ha estat les Costes del Tarragonès, una zona costanera caracteritzada per fons marins sorrencs i fangosos amb diferents comunitats d'algues, praderes de fanerògames marines, i comunitats de precoral·ligen, així com també zones infralitorals rocoses, batudes per l'onatge i amb presència de *Ericaria mediterranea*, *Ellisolandia elongata* (Generalitat de Catalunya, 2009).

Un cop identificats els punts de mostreig de les comunitats mediolitorals, cada zona de mostreig es van subdividir en el màxim de subzones amb presència abundant de *E. mediterranea* (en aquest cas 2 subzones). Cadascuna d'aquestes subzones es va mostrejar mitjançant 5 quadres de 25 x 25 cm distribuïts a l'atzar (Figura 19). De cada quadre es mesurava:

- **Cobertura:** percentatge (%) d'alga que recobria el quadre.
- **Densitat:** nombre d'individus dins el quadre.
- **Alçada (en cm)** de l'individu més gran dins del quadre.
- **Fondària (en cm)** en la que es trobava el quadre.

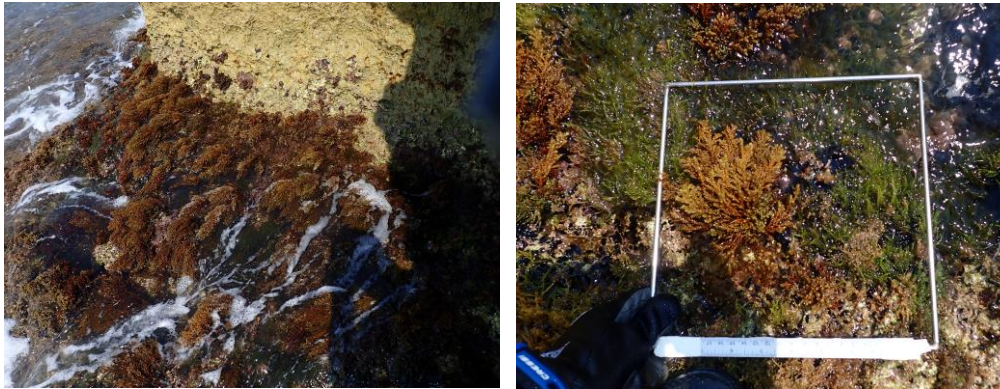


Figura 19. Mostreig de les comunitats mediolitorals dominades per *Ericaria mediterranea* a la ZEC de les Costes del Tarragonès al 2023.

Comunitat mediolitoral associada a les tenasses de *L. byssoides*

Un cop identificats els punts de mostreig, es subdividia cadascun d'aquests en tres subzones. Posteriorment, a cadascuna d'aquestes tres subzones es van realitzar el nombre de fotografies que es va creure adient en funció de la seva extensió (Taula 13). Per a cada una de les fotos s'utilitzava un quadrat d'acer inoxidable de 25 x 25 cm, iguals que els emprats per a mostrejar *E. mediterranea*.

Taula 13. Número de fotos realitzades a cadascuna de les estacions on s'han mostrat comunitats mediolitorals a la ZEC de les Costes del Tarragonès l'any 2023.

ZEC	Estació	Número de fotos
Costes del Tarragonès	Móra Nord	17
	Punta Móra	22

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 20).

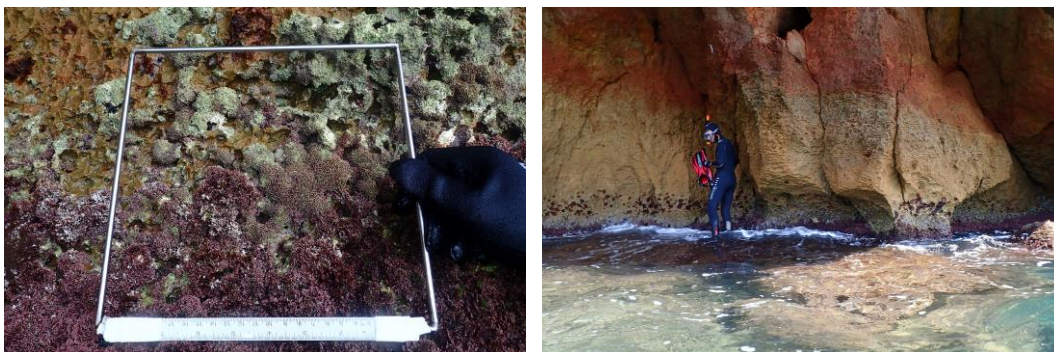


Figura 20. Mostreig de les comunitats mediolitorals a la ZEC de les Costes del Tarragonès al 2023.

Les imatges es van analitzar mitjançant el programa Photoshop (CS4) d'Adobe per tal de determinar la composició i cobertura algal a cada estació (Figura 21). A cadascun dels subquadrats de cada fotografia s'han registrat les espècies presents.

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

- *Cystoseira sensu lato*
- Dictyotals i altres algues brunes
- Algues verdes filamentoses (cloròfits): *Cladophora* sp.
- Rodòfits calcaris: *Ellisolandia elongata*, *Jania* sp.
- Rodòfits no calcaris: *Hypnea* sp., *Ceramium* sp.
- *Ralfsia verrucosa*
- *Lithophyllum byssoides*: viu i blanquejat
- Altres algues calcàries incrustants
- Animals sèssils: *Mytilus* sp., *Patella* sp., *Balanus* sp.

Un cop analitzades les fotografies, les dades obtingudes ens permeten determinar la composició de la comunitat, el percentatge de cobertura algal de cada una de les espècies/categories identificades, així com també el tipus de comunitat/grups funcionals:

- Algues erectes principals del gènere *Cystoseira sensu lato*.
- Altres algues erectes: Dictyotals
- Algues tipus *gespes* ("turf" en anglès): *E. elongata*, algues verdes filamentoses, rodòfits no calcaris
- *Lithophyllum byssoides*
- Altres algues calcàries incrustants
- Roca pelada

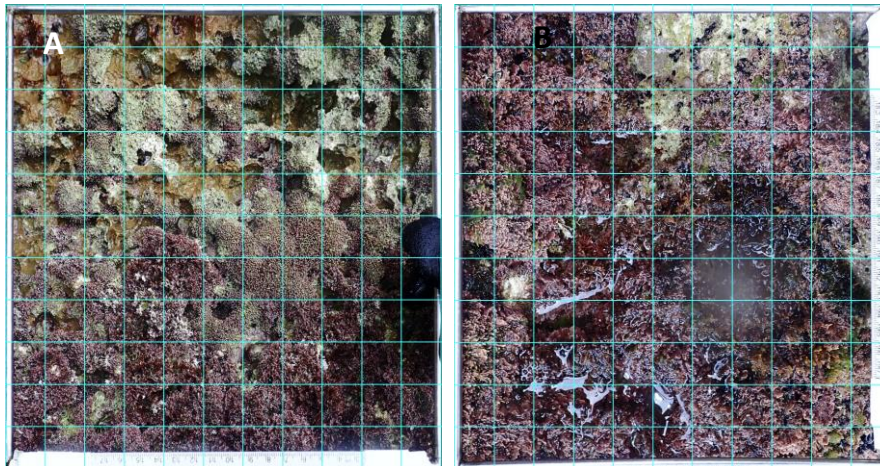


Figura 21. Exemples de fotografies analitzades amb Photoshop (CS4), d'un quadrat de 25x25cm subdividit en 121 subquadrats. A) *Lithophyllum byssoides* a l'estació de Móra Nord. B) *Ellisolandia elongata* a l'estació de Punta Móra.

Resultats

Ericaria mediterranea

Densitat

Els valors de densitats de *E. mediterranea* observats el 2023 en la ZEC de les Costes del Tarragonès són pràcticament iguals per a les dues estacions, amb un valor de 5 individus per quadre, tal com s'observa en la Figura 22.

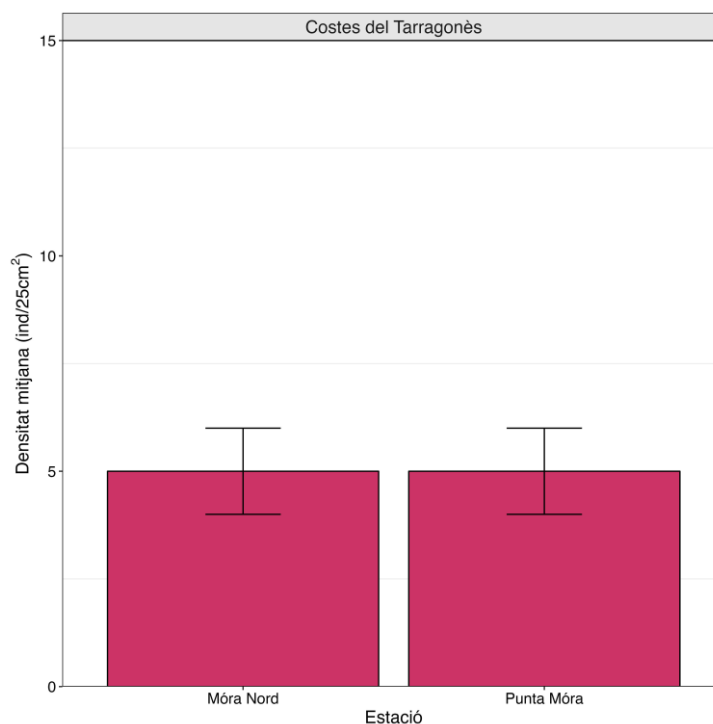


Figura 22. Densitat de *Ericaria mediterranea* (mitjana \pm error estàndard) calculades el 2023 a les diferents estacions, a la ZEC de les Costes del Tarragonès.

Cobertura

En el següent gràfic (Figura 23) es pot observar els valors de cobertura de *E. mediterranea* en les diferents estacions de la ZEC de les Costes del Tarragonès. En cada estació s'han analitzat un total de 10 quadres aleatoris que representen aquesta comunitat mediolitoral.

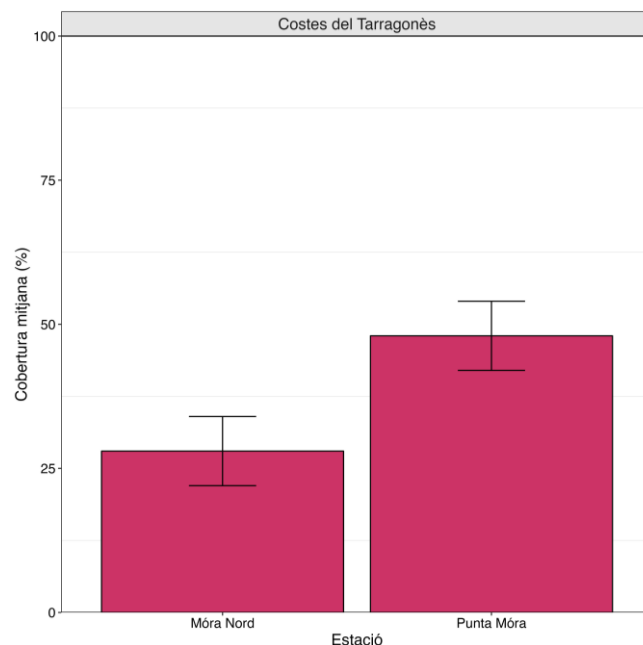


Figura 23. Cobertura de *Ericaria mediterranea* (mitjana \pm error estàndard) calculades el 2023 a les diferents estacions, a la ZEC de les Costes del Tarragonès.

Els resultats obtinguts de l'anàlisi dels valors de cobertura mostren una major cobertura mitjana de *E. mediterranea* a l'estació de Punta de la Móra (48%) respecte l'estació de Móra Nord, la qual presenta un valor de 28% (Figura 23). Si comparem entre estacions, s'observa que hi ha diferències significatives entre els valors de cobertura de les dues estacions (Kruskal-Wallis $\chi^2=4.42$; p-valor <0.05).

Comunitat mediolitoral associada a les tenasses de *L. byssoides*

Els resultats obtinguts de l'anàlisi d'aquest bioindicador en la ZEC de les Costes del Tarragonès mostra alguna similitud entre les dues estacions mostrejades però també algunes diferències.

Pel que fa a l'estació de Móra Nord s'observa una clara predominància de dos grups: rodòfits calcaris (incloent espècies com *Ellisolandia elongata*, o *Jania* sp.) i *Lithophyllum byssoides*, amb una cobertura mitjana del 27 i el 37% respectivament. Pel que fa a la resta de grups analitzats, s'ha observat presència de cloròfits, *R. verrucosa*, rodòfits no calcaris, així com també d'altres algues calcàries incrustants. No obstant, la cobertura de tots aquests grups és molt baixa, amb cobertures mitjanes inferiors al 5% (Figura 24).

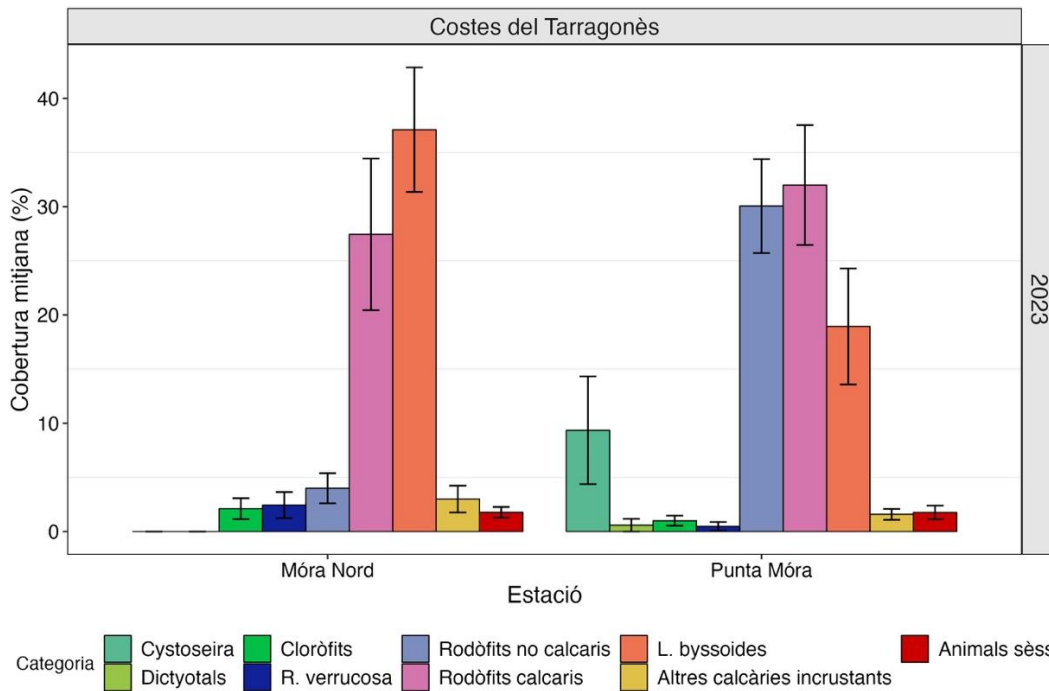


Figura 24. Gràfic del percentatge de cobertura mitjana de cada grup analitzat a les dues estacions de la ZEC de les Costes del Tarragonès l'any 2023.

Per altra banda, l'estació de Punta Móra mostra un patró similar, amb una predominància de rodòfits calcaris (32%) i *Lithophyllum byssoides* (19%). No obstant, i a diferència de l'estació de Móra Nord, s'observa també una clara dominància de rodòfits no calcaris (majoritàriament del gènere *Hypnea*) (30%), així com també la presència d'altres espècies de *Cystoseira sensu lato* (9%). Finalment, també s'ha detectat la presència de Dictyotals, cloròfits i *R. verrucosa*, però amb valors gairebé inapreciables.

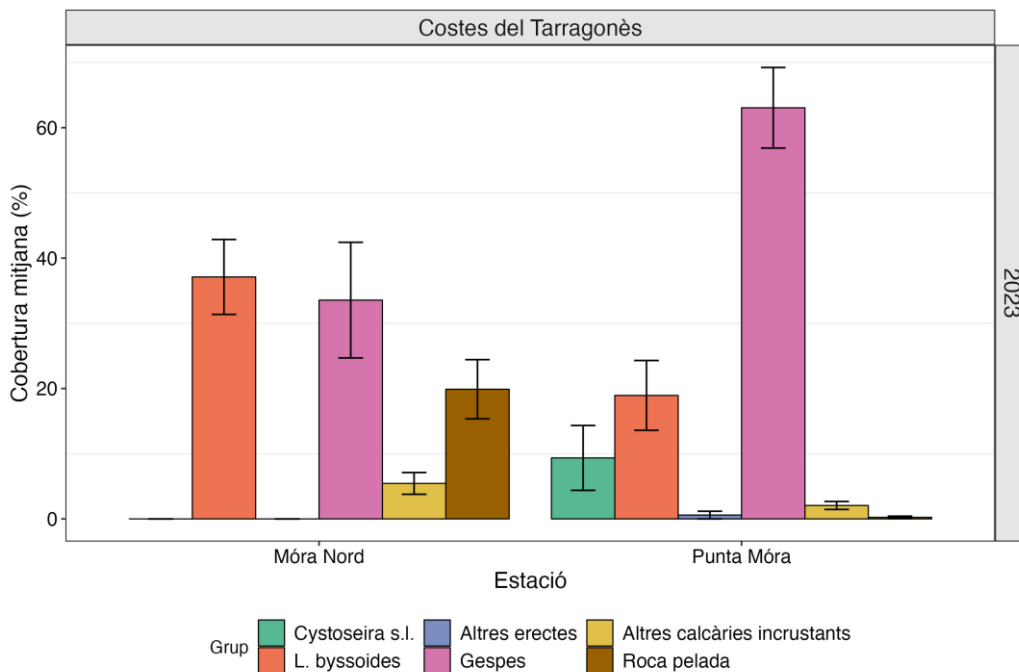


Figura 25. Percentatge de cobertura mitjana de cada tipus de comunitat a les dues estacions de la ZEC de les Costes del Tarragonès l'any 2023.

Respecte al percentatge de cobertura mitjana de cada tipus de espècies/grups funcionals, tal com mostra la figura 25, a l'estació de Móra Nord s'observa una major representació de *L. byssoïdes* (37%), així com també d'algues tipus gesses (34%). Cal destacar el percentatge prou significatiu de roca pelada, amb un 20%. Per altra banda, a l'estació de Punta Móra s'observa una clara dominància del grup algues tipus gesses (63%). *L. byssoïdes* i *Cystoseira sensu lato* també hi són presents però en menor representació (19 i 9% respectivament). En aquesta estació la presència de roca pelada és molt menor respecte l'estació de Móra Nord (Figura 26).

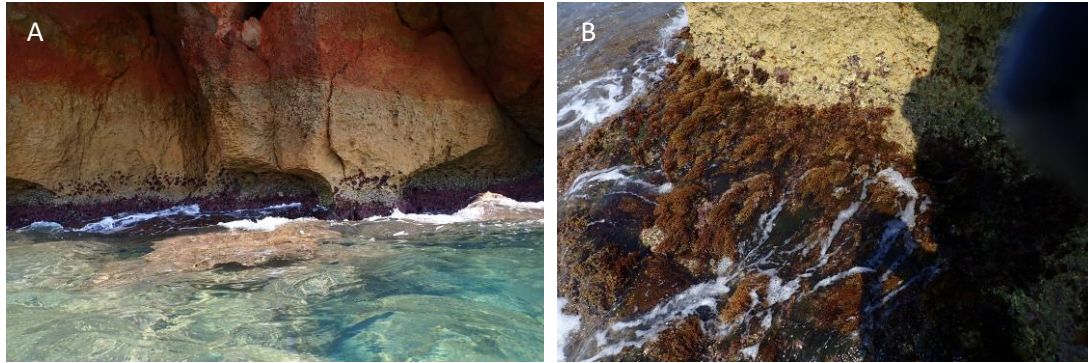


Figura 26. Fotografies de l'estatge mediolitoral a la ZEC de les Costes del Tarragonès al 2023. A) Franja clara de *Lithophyllum byssoïdes* i algues tipus gesses a l'estació de Móra Nord; B) Zona dominada per *Cystoseira sensu lato* a l'estació de Punta Móra.

Com mostra la Figura 26, la presència de *L. byssoïdes* és força representativa a les dues estacions de la ZEC de les Costes del Tarragonès, però en especial a l'estació de Móra Nord. Un cop analitzades les fotografies, s'ha pogut observar que la presència de *L. byssoïdes* blanquejat és significativament més abundant que *L. byssoïdes* viu, amb valors del 25% i 12%, respectivament a Móra Nord i valors del 17% i 2% a Punta Móra (Figura 27).

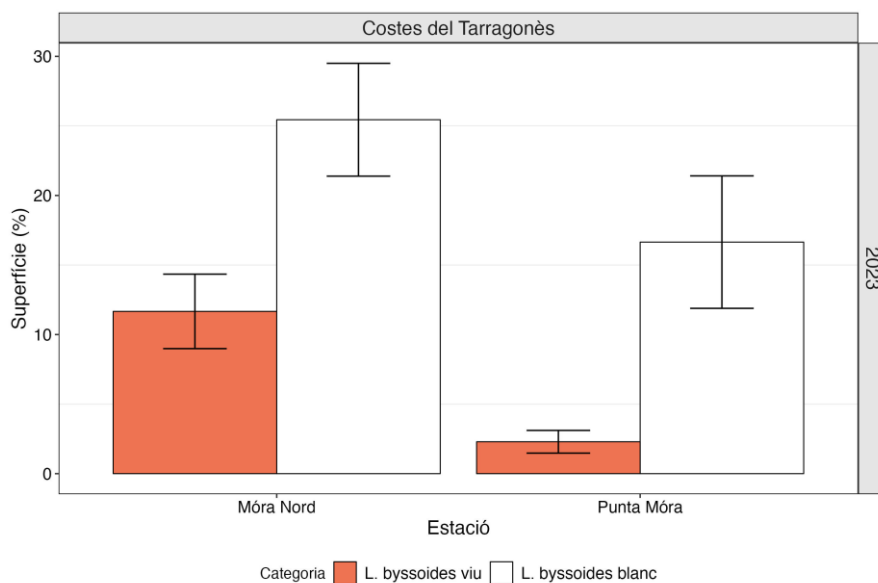


Figura 27. Gràfic de la cobertura mitjana de *Lithophyllum byssoïdes* viu i *Lithophyllum. byssoïdes* blanquejat a l'estacions de Móra Nord i Punta Móra, a la ZEC de les Costes del Tarragonès al 2023.

Discussió

Les comunitats mediolitorals formen hàbitats situats entre el nivell més alt i més baix de les mareas. La seva extensió és variable, però al Mediterrani l'amplada d'aquest hàbitat sol ser estreta, destacant-se com la franja litoral amb la major productivitat del bentos, estant directament relacionada amb l'hidro dinamisme i les mareas (Polo i Rodríguez, 1989).

Enguany s'ha dut a terme un mostreig de la distribució de l'espècie *Ericaria mediterranea*, espècie formadora d'hàbitat i molt representativa de la comunitat mediolitoral, així com també un anàlisi descriptiu de les principals espècies i comunitats medilitorals associades a tenasses de *Lithophyllum byssoides* a 2 punts de la ZEC de les Costes del Tarragonès. En aquest treball s'ha pogut determinar la densitat i percentatge de cobertura mitjana de *E. mediterranea*, així com el percentatge de cobertura mitjana de cadascuna de les categories i comunitats establertes, tenint així una visió general de l'estat i composició algal de les diferents estacions mostrejades, així com l'impacte que pateix aquest hàbitat en aquests punts de les Costes del Tarragonès.

A les estacions analitzades s'observa un cert patró en comú, amb valors de densitat de *E. mediterranea* gairebé idèntics en les dues estacions. Per altra banda, pel que fa als valors de cobertura cal destacar els valors observats a Punta Móra, mentre que a l'estació de Móra Nord presenta uns valors significativament més baixos. Comparant els valors observats a la ZEC de les Costes del Tarragonès amb altres zones estudiades podem concloure que els valors obtinguts a l'estació de Punta Móra són valors similars a altres zones caracteritzades per comunitats mediolitorals sanes amb valors normals de densitat i cobertura, tot i que lleugerament més baixos en el cas de Móra Nord, pel que fa a la cobertura.

Pel que fa a la comunitat mediolitoral associada a les tenasses de *L. byssoides* també s'observa un cert patró en comú, ja que en general, hi ha categories que són més dominants que altres. A l'estació de Móra Nord com Punta Móra s'observa una presència significativa tant de rodòfits calcaris com de *L. byssoides*. No obstant, l'estació de Punta Móra presenta valors més alts de diversitat i cobertura de grups, ja que a més a més dels grups esmentats anteriorment, també s'ha observat la presència de rodòfits no calcaris i de *Cystoseira sensu lato* (Figura 8). Les semblances en la composició algal poden explicar-se per la proximitat de les estacions, tot i que l'estació Punta Móra, situada més al sud, es troba en una zona amb un alt hidrodinamisme respecte Móra Nord, el qual pot ser un factor rellevant a l'hora de determinar la presència i abundància de les diferents espècies en les comunitats del mediolitoral (Cefali *et al.*, 2016).

La influència de l'hidro dinamisme juga un paper significatiu en la dinàmica de les comunitats mediolitorals (Polo i Rodríguez, 1989). Així doncs, zones on l'hidro dinamisme és elevat, l'estrès físic produït per la turbulència ocasionada per les onades, abrasió, etc. serà major, provocant un major dany mecànic, afectant la composició i dinàmica de les comunitats. Per altra banda, un major hidrodinamisme donarà lloc a una major renovació i circulació de l'aigua, augmentat així la disponibilitat de nutrients, el qual pot beneficiar el creixement i supervivència d'una gran varietat d'espècies i comunitats. Per últim, zones exposades a un major onatge poden experimentar esdeveniments de major pertorbació, creant espais i noves oportunitats de colonització per a altres algues, augmentant així la diversitat de la comunitat (Polo i Rodríguez, 1989; Cefali *et al.*, 2016).

Així doncs, el grau d'exposició, un dels factors que modula el patró vertical d'espècies en aquest estatge (Chappuis *et al.*, 2014), ens pot ajudar a explicar el fet que a l'estació de Punta Móra hi trobem valors més elevats de cobertura de *E. mediterranea*, així com també una major diversitat d'espècies. No obstant, en aquesta estació s'ha observat una menor cobertura de *L. byssoïdes*, la qual ha sigut substituïda per altres algues tipus gesses (en aquest cas rodòfits calcaris i no calcaris).

Els resultats obtinguts mostren un bon estat general de les comunitats mediolitorals a la ZEC de les Costes del Tarragonès. Els resultats ens permeten com la cobertura de *E. ellongata* a aquesta ZEC és especialment elevada, així com també la de *L. byssoïdes*, en especial a Móra Nord. Per altra banda, a Punta Móra la cobertura de rodòfits no calcaris també és especialment elevada, i probablement competeixen per l'espai i desplacen *L. byssoïdes*. Tot i l'abundància d'espècies tipus gesses, la presència de *L. byssoïdes* així com també d'algues del gènere *Cystoseira sensu lato* indiquen que la qualitat de l'aigua és bona, tant pel que fa al compliment dels indicadors biològics com al paràmetres fisicoquímics, tal com es conclou a l'informe de l'estat de les masses d'aigua a Catalunya (ACA, 2018).

Cal destacar, que tot i la presència de *L. byssoïdes* en les dues localitats estudiades, s'observa un elevat percentatge de blanqueig. Com s'ha esmentat anteriorment, el percentatge de *L. byssoïdes* (viu i blanc) és més elevat a Móra Nord, però a les dues estacions la diferència entre *L. byssoïdes* blanc és significativament superior al *L. byssoïdes* viu. Aquest fenomen de blanqueig, vinculat al canvi climàtic, és un factor crític, ja que les algues calcàries incrustants juguen un paper crucial com a espècies enginyeres, formant refugi per a una gran diversitat d'espècies associades. Encara que es difícil evitar o intervenir en l'avanç del canvi climàtic, sí que és factible prendre mesures en les pertorbacions locals que poden actuar de forma sinèrgica, com el trepig o la contaminació (Hereu *et al.*, 2018), ja que 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. Per altra banda, *E. mediterranea* és una espècie amb un alt grau de vulnerabilitat, i és que es tracta d'un hàbitat amb un potencial de recuperació molt lent, limitat i variable (Thibaut *et al.*, 2016) així com una capacitat de dispersió baixa (Ballesteros *et al.*, 2014). De fet, diversos estudis mostren que la mitigació dels impactes locals pot tenir un impacte significatiu en la capacitat de recuperació de les poblacions d'aquesta espècie en concret, però també d'altres poblacions de *Cystoseira sensu lato* (Strain *et al.*, 2015). És per això, que al ser una comunitat situada a una franja costanera accessible als turistes, visitants i embarcacions, i amb una significativa pressió i explotació costanera en èpoques d'estiu, 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 que tot i que l'estat general de les masses d'aigua costaneres de les costes del Tarragonès és bo, la contaminació provinent d'aqüífers subterranis, així com les aportacions de la Riera de Gaià, la qual té un estat general dolent, poden suposar un impacte important (ACA, 2018). No obstant, no s'han observat espècies d'algues verdes com *Ulva spp.* i *Cladophora spp.* les quals es troben relacionades amb les aportacions d'aigua dolça contaminada a les zones costaneres (Torràs *et al.*, 2015). És recomanable prendre especial

atenció en els diferents estats ecològics i químics de les diferents masses d'aigua d'aquesta zona, així com continuar monitoritzant aquest hàbitat, evitant, ja que l'eutrofització, contaminació, o l'augment de temperatura poden provocar canvis irreversibles en l'estat d'aquest hàbitat (Littler i Murray, 1975; Chappuis *et al.*, 2014).

Així doncs, podem constatar com una sèrie de factors influeixen en la dinàmica i conservació d'aquesta comunitat, determinant la densitat i percentatge de cobertura mitjana de *E. mediterranea*, així com la composició algal de la comunitat mediolitoral amb una destacable presència de *L. byssoïdes*. La ZEC de les Costes del Tarragonès es caracteritza per comunitats mediolitorals sanes, tot i una dominància d'algues tipus gesses formant llargs cinturons ben establerts a aquesta franja i les quals probablement estan competint i desplaçant a algues calcàries bioconstructores com *L. byssoïdes*, les quals s'han observat en cert mal estat de conservació, altament blanquejades, el que podria induir a una disminució de la seva cobertura en un futur i pel que és molt recomanable seguir monitoritzants aquest hàbitat, tot i que molt residual dins de la ZEC de Costes del Tarragonès.

Conclusions

Les dues estacions de la ZEC presenten comunitats de *E. mediterranea* i tenasses de *L. byssoïdes*, tot i que es troben molt restringides a nivell espacial.

Els valors obtinguts a l'estació de Punta Móra de densitat i cobertura de *E. mediterranea* són valors similars a altres zones caracteritzades per comunitats mediolitorals sanes, l'estació de la Móra Nord mostra densitats similars però cobertures lleugerament més baixes.

L'estació de Punta Móra és més rica en diversitat i cobertura dels diferent grups analitzats, presents a la comunitat mediolitoral, possiblement a causa de la situació d'hidro dinamisme a la qual està exposada la zona.

Les algues de tipus gesses i *L. byssoïdes* dominen les comunitats mediolitorals a les estacions estudiades de la ZEC de les Costes del Tarragonès.

Les tenasses d'algues calcàries incrustants com *L. byssoïdes* són presents i relativament abundants a les dues localitats, tot i que es troba majoritàriament blanquejat.

L'espècie *Ellisolandia ellongata*, alga de creixement ràpid i resistent, es troba molt desenvolupada a les dues estacions.

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

Comunitats de coral·ligen

- El coral·ligen és un hàbitat amb una distribució molt restringida dins d'aquesta ZEC, doncs aquest hàbitat es troba a més fondària fora dels límits actuals de la ZEC.
- En la comunitat de coral·ligen d'El Brut destaca l'absència de gorgònies, i en canvi destaca la dominància del cnidari colonial *Parazoanthus axinellae*.

- La comunitat té molt poca complexitat estructural per la manca d'espècies amb morfologies massives i erectes com esponges i briozous. Quan apliquem l'índex INDEX-COR dona una estat qualitat moderat, molt proper a dolent.
- L'estat de conservació d'aquest hàbitat ve determinat segurament per la turbolesa de l'aigua i l'excés de sedimentació (dominància d'hàbitats sedimentaris en aquesta ZEC) que fa que a part de *P. axinellae*, dominin comunitats de gespes dominades per algues de baix port i matriu basal amb molt sediment.

Introducció

El coral·ligen, definit com una bioconstrucció formada principalment per algues coral·linàcies que creixen en condicions de baixa irradiància, és un hàbitat marí endèmic de la mediterrània i d'elevat interès patrimonial, ja que és considerat un *hot-spot* de biodiversitat marina que concentra un 10 % de les espècies marines presents al Mar Mediterrani, esdevenint una prioritat per a la conservació. Aquest hàbitat es caracteritza per la presència d'algues dels gèneres *Lithophyllum*, *Lithothamnion*, *Mesophyllum*, *Neogoniolithon*, *Peyssonnelia* i *Halimeda*, que es desenvolupen entre els 20 i 120m de fondària, limitant el creixement de les algues fotòfiles degut a la limitada quantitat de llum disponible que arriba al fons (Ballesteros 2006; Linares *et al.*, 2012; Garrabou *et al.*, 2017). En aquestes condicions, les algues calcàries esdevenen les espècies dominants, i conjuntament amb una varietat d'organismes invertebrats, formen comunitats d'alta complexitat estructural (Linares *et al.*, 2012).

Originalment, el concepte de coral·ligen va sorgir al segle XIX a la regió de Marsella i s'atribueix al científic francès A. F. Marion (1833), el qual es dedicava a l'estudi de la biologia del corall vermell *Corallium rubrum*, espècie de gran importància pesquera a aquesta regió. En aquest context, com que el corall vermell era extret en zones amb gran abundància d'algues calcàries, aquest hàbitat "productor de corall" va adoptar aquest nom. No obstant, el terme agrupa una gran diversitat de comunitats dominades per diversos tipus d'algues calcàries i invertebrats que, independentment de la seva composició, es caracteritzen per la capacitat de formar importants bioconcrecions, que poden arribar fins als 2 m d'alçada, en diferents zones geogràfiques de la Mediterrània (Ballesteros 2006; Linares *et al.*, 2012; Garrabou *et al.*, 2017).

La formació del coral·ligen és un procés extremadament lent que dona lloc a una estructura complexa i heterogènia. En aquest sentit, les comunitats de coral·ligen es caracteritzen per la presència de tres estrats diferents en els quals hi habiten diferents tipus d'espècies segons la forma de creixement, mida i requeriments ecològics. L'estrat basal es troba constituït per diferents tipus d'algues coral·linàcies i espècies de creixement incrustant i/o poca alçada (rodòfits, algues verdes, briozous coralls o esponges). L'estrat mig està dominat per espècies amb un creixement massiu i d'alçada moderada (fins uns 15 cm) com el cas de briozous, antozous, ascidis esponges i algunes algues (*Halimeda tuna* i *Flabellia petiolata*) i finalment trobem l'estrat superior dominat per gorgònies i esponges de forma arborescent i de gran envergadura (Ballesteros, 2006).

Malauradament, les comunitats de coral·ligen, a l'igual que la gran majoria d'hàbitats, no estan exemptes de pressions i perturbacions vinculades a l'activitat humana. Entre aquestes hi trobem l'augment de la turbulència de l'aigua, l'eutrofització i els efectes erosius de les àncores i els arts de pesca, com la pesca d'arrossegament (Ballesteros, 2006). Actualment, a aquestes perturbacions més locals, cal afegir-hi els efectes de dos impactes importants d'abast regional, el canvi climàtic i l'arribada d'espècies invasores. Així doncs, en un món cada vegada més canviant degut al canvi climàtic, amb augments de temperatura i onades de calor cada vegada més elevats i recurrents, les espècies del coral·ligen es troben entre els organismes més vulnerables en els ecosistemes costaners del Mar Mediterrani, el qual ha registrat màxims històrics de temperatures ens els últims anys (Garrabou *et al.*, 2022). Al canvi climàtic, s'ha d'afegir l'arribada d'espècies invasores (com *Caulerpa cylindracea* i *Womersleyella setacea*) vinculada a l'increment del transport marítim i el

desenvolupament de l'aqüicultura (Linares *et al.*, 2012). La suma d'aquestes perturbacions, ja siguin directes o combinades, pot comportar conseqüències greus per a la conservació d'aquestes valuoses comunitats, el qual accentua la gran fragilitat d'aquest hàbitat davant les perturbacions.

Donada la seva elevada vulnerabilitat a aquestes pressions, el coral·ligen ha estat objecte de diverses mesures de protecció preses per diferents administracions i organitzacions. Concretament, la Unió Europea va prohibir la pesca amb arts d'arrossegament, dragues, xarxes de platja o xarxes similars sobre les comunitats del coral·ligen (CE Num. 1967/2006, Article 4.2). Més recentment, els països signataris de la Convenció de Barcelona (entre ells Espanya) varen aprovar un pla d'acció per la protecció del coral·ligen comproment-se a promoure la seva conservació i gestió sostenible (UNEP-MAP RAC/SPA 2008). Finalment, l'any 2016, el coral·ligen ha estat inclòs a la llista vermella d'hàbitats europeus com gairebé amenaçada (NT) (http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/redlist_en.htm). Cal afegir que algunes de les espècies emblemàtiques com el corall vermell *Corallium rubrum* i la gorgònia *Paramuricea clavata* han estat recentment incloses dins la llista vermella d'Antozous del Mediterrani de la IUCN com en perill i vulnerable, respectivament (Otero *et al.*, 2017).

Així doncs, l'objectiu d'aquest programa de seguiment és avaluar el possible impacte que pateix aquest hàbitat i el seu estat de conservació a la ZEC Costes del Tarragonès, a partir de l'avaluació de tota la comunitat de coral·ligen en conjunt.

Per tal d'avaluar l'estat de la comunitat del coral·ligen en general, s'ha estimat la riquesa de principals grups taxonòmics, morfològics i també s'ha calculat un índex de qualitat pel coral·ligen. De tots els índexs descrits pel coral·ligen (Di Camillo *et al.*, 2023), s'ha triat l'INDEX-COR (IC, Sartoretto *et al.*, 2017), ja que no necessita d'una estació de referència dins la zona d'estudi, i integra 3 components per a valorar l'estat de conservació del coral·ligen: la sensibilitat de les espècies presents a perturbacions, i per tant de forma indirecta la presència d'aquestes; la biodiversitat de la comunitat, que sustenta les funcions ecosistèmiques d'aquesta comunitat (Paoli *et al.*, 2017); i finalment la complexitat estructural de la comunitat, essencial per tota la biodiversitat que viu associada al coral·ligen (Ballesteros, 2006).

Material i mètodes

Disseny de mostreig

Per a l'estudi de les comunitats de coral·ligen a la ZEC de les Costes del Tarragonès es va seleccionar una estació on es trobés representat aquest hàbitat (Figura 28, Taula 14).

Taula 14. Estacions de mostreig de comunitats de coral·ligen de la ZEC de les Costes del Tarragonès de l'any 2023.

ZEC	Estació	Fondària (m)	Data mostreig
Costes del Tarragonès	El Brut	15	2023-06-21

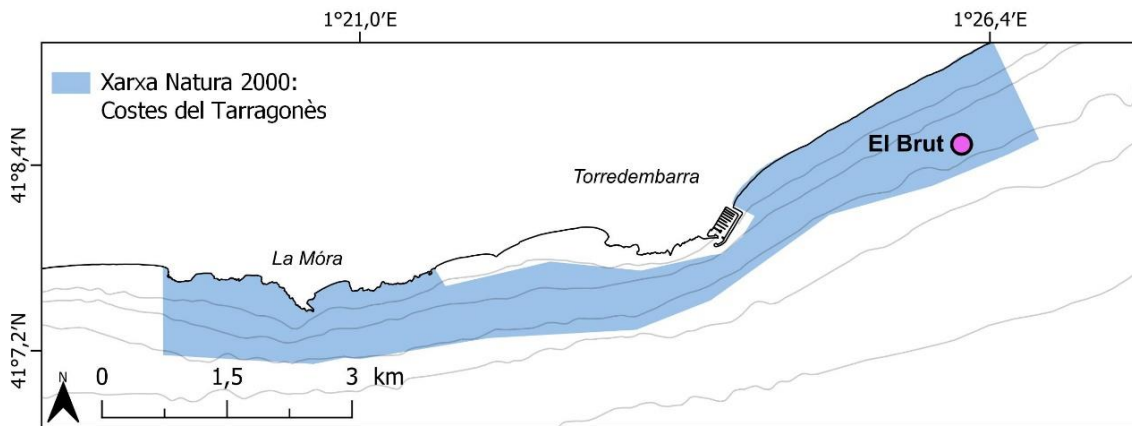


Figura 28. Mapa de les estacions de mostreig de comunitats de coral·ligen de la ZEC de les Costes del Tarragonès de l'any 2023.

Metodologia de mostreig

Per a mostrejar el coral·ligen, es van fotografiar els organismes sèssils macrobentònics per a realitzar un anàlisi de la comunitat (Figura 29). Específicament, es va fer servir una càmera Nikon D7000, per a mostrejar fotogràficament 3 transectes aleatoris per estació. Cada transecte estava compost per 8 quadrats de 25 x 25 cm, donant-nos un total de 24 fotografies. Es va decidir aquesta quantitat per a cobrir l'àrea òptima, respecte l'esforç de mostreig, per capturar la biodiversitat de comunitats coral·lígenes (Kipson *et al.*, 2011).



Figura 29. Fotografia del quadrat de 25 x 25 cm emprat per al mostreig de la comunitat de coral·ligen a la ZEC de les Costes del Tarragonès.

Un cop realitzades les fotografies, es van analitzar amb el programari lliure PhotoQuad (Trygonis i Sini 2012), amb l'objectiu d'obtenir la cobertura dels diferents organismes. És a dir, el percentatge d'àrea que ocupa cada un dels organismes dins la comunitat, i en aquest cas en les fotografies. Per a fer-ho, es van plotejar de forma aleatòria 100 punts en cada fotografia i es va identificar l'espècie al nivell taxonòmic més baix possible. Amb aquestes dades, s'ha realitzat una exploració taxonòmica, un anàlisi centrat en les morfologies de les espècies presents i, conjuntament amb les dades de les gorgònies, s'ha calculat l'índex INDEX-COR (Sartoretto *et al.*, 2017) per a categoritzar el seu estat de conservació.

L'exploració taxonòmica, ha consistit en agrupar i representar la cobertura de les espècies en els següents grups taxonòmics: algues cloròfitas, algues feòfitas, algues rodòfitas, bivalves, briozous, cnidaris poliquets, porífers i tunicats. A part d'aquests grups, també s'ha representat la cobertura de "turf algal", és a dir, la gespa d'algues que no es pot identificar de forma macroscòpica. També s'ha representat la cobertura del "mixture complex", entesa com la matriu biòtica basal que en volta la resta d'organismes identificats, també un aspecte tipus "turf", però que està composta per un conjunt d'invertebrats, d'algues, i altres espècies que no es poden identificar de forma macroscòpica.

Amb l'objectiu d'explorar la complexitat estructural del coral·ligen, i per tant la seva capacitat d'oferir hàbitat, s'ha categoritzat les espècies en diferents grups morfològics. Adaptat de Casas *et al.*, 2015, els grups morfològics són: algues incrustants, tipus turf, foliars, articulades i massives; invertebrats incrustants, amb forma de copa, massius, arborescents, perforants i epibionts obligats; i el "mixture complex". De cada grup s'ha calculat la cobertura en percentatge i representat en la gràfica en ordre ascendent de complexitat.

Finalment, per a avaluar l'estat del coral·ligen, s'ha calculat un índex de qualitat. Dels índexs descrits pel coral·ligen (Di Camillo *et al.*, 2023), s'ha triat l'INDEX-COR (IC, Sartoretto *et al.*, 2017). Fent servir un llistat d'espècies publicat pels autors de l'índex (Sartoretto *et al.*, 2017), el primer component es calcula classificant les espècies identificades en diferents grups de sensibilitat a pressions antropogèniques, en aquest cas centrat en qualitat de l'aigua (matèria orgànica, sediment) i perturbacions físiques (ancoratge, pesca, submarinisme). El segon component, la biodiversitat, es calcula a partir del nombre d'unitats taxonòmiques identificades en el mostreig. Finalment, el tercer component es basa en dividir el coral·ligen en 3 capes: basal (espècies incrustants < 5cm), intermèdia (espècies de creixement erecte limitat < 20cm) i superior (espècies > 20cm) i calcular la seva proporció dins la comunitat. De les espècies de la capa superior (principalment gorgònies), també pondera el seu estat d'afectació per temperatura. A partir dels 3 components, seguint la metodologia dels autors es pot calcular el valor de l'índex per cada estació i classificar-lo en 5 estats: "dolent" (IC < 20), "pobre" (20 < IC < 40), "moderat" (40 < IC < 60), "bo" (60 < IC < 80) i "alt" (IC > 80).

Resultats

Exploració taxonòmica

La comunitats presenta una composició taxonòmica dominada per espècies amb estratègies heterotròfiques (52,3%, Figura 30). Això es pot associar a una elevada cobertura de cnidaris (sobretot degut a una dominància de cnidaris (32,96%), degut a una densa població de *Parazoanthus axinellae*. A continuació, els grups taxonòmics més rellevants són: mixture complex (21,4%), esponges (17,96%) i rodòfits (14,44%).

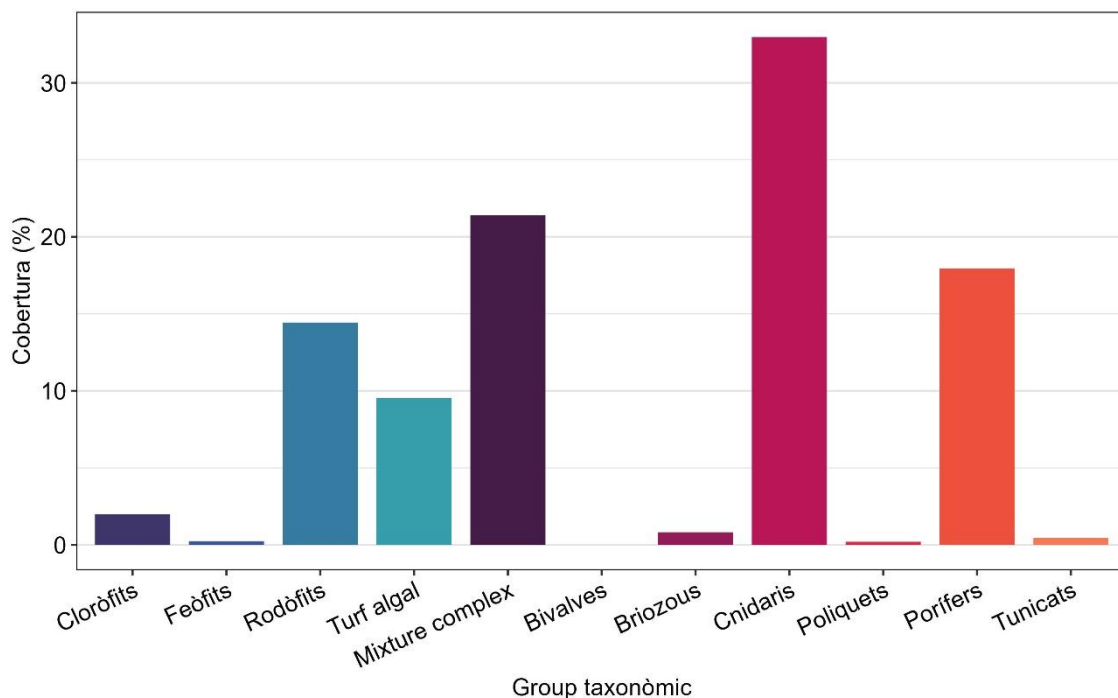


Figura 30. Cobertura en percentatge del principals grups taxonòmics identificats en la comunitat del coral·ligen a la ZEC de les Costes del Tarragonès l'any 2023. Els colors blaus indiquen grups autotròfics mentre els colors vermells indiquen grups amb estratègies principalment heterotròfiques. La categoria "mixture complex" es defineix com la matriu basal de la comunitat composta per un conjunt d'invertebrats i algues que no són identificables a nivell macroscòpic. En el gràfic, només s'han etiquetat els grups que superen el 5%.

Les morfologies més presents en l'estació són de tipus copa (29,7%, Figura 31), seguit d'un elevat nombre tant d'algues com d'invertebrats amb morfologies incrustants (14,28% i 14,83% respectivament). S'ha de destacar també un elevat nombre d'espècies amb morfologia tipus turf (21,4 i 9,54% per mixture complex i algues respectivament).

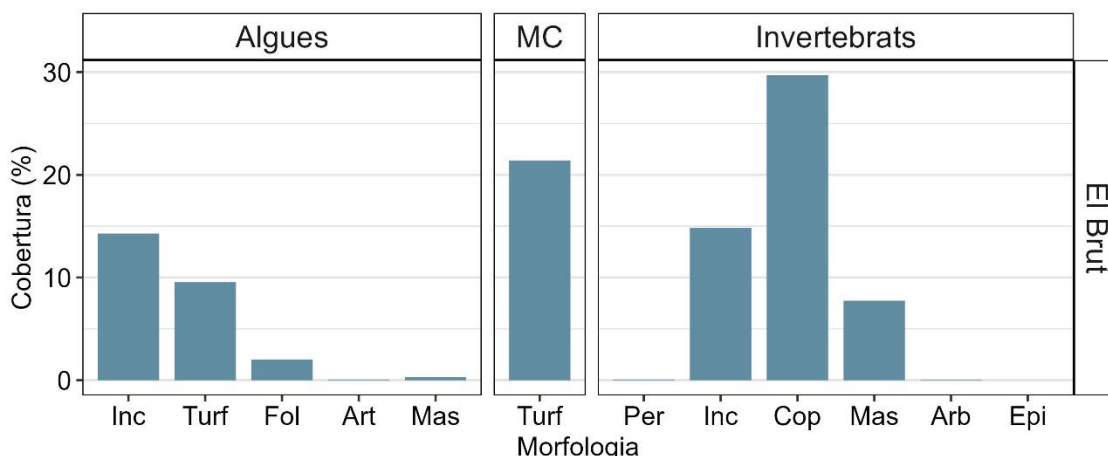


Figura 31. Cobertura en percentatge del principals grups morfològics identificats en la comunitat del coral·ligen a la ZEC de les Costes del Tarragonès l'any 2023. Les abreviacions signifiquen: Incrustants, Turf, Foliars, Articulada, Massiva, Turf, Perforant, Incrustant, Forma de Copa, Massiva, Arborescent i Epibiont. La categoria "MC" s'entén com la matriu basal de la comunitat composta per un conjunt d'invertebrats i algues que no són identificables a nivell macroscòpic.

Estat de conservació

L'Estació el Brut presenta un estat de conservació moderat (Taula 15), no gaire lluny de l'indar pobre estat de conservació (IC < 40).

Taula 15. Resultats de INDEX-COR en el coral·ligen al ZEC de les Costes del Tarragonès l'any 2023. Aquí s'observen els valors dels 3 components: TS (Sensitivitat), OTR (Biodiversitat), SC (Complexitat estructural) i el valor de l'índex (IC) amb l'estat de conservació corresponent.

ZEC	Estació	TS	OTR	SC	IC	Estat
Tarragonès	El Brut	23.8	47.0	0.7	44.1	Moderat

Discussió

El coral·ligen es un hàbitat amb una distribució molt restringida dins de la ZEC de la Costa del Tarragonès, doncs aquest hàbitat es troba a més fondària fora dels límits actuals de la ZEC.

A la comunitat de coral·ligen d'El Brut destaca l'absència de gorgònies, que habitualment es fa servir com a espècies indicadores d'aquest hàbitat en el seguiment dels espais marins protegits. En canvi destaca la dominància del cnidari colonial *Parazoanthus axinellae*, que fa que la proporció d'organismes heterotròfics sigui molt elevada. Aquesta espècie no està categoritzada en cap nivell de sensibilitat dins de l'índex INDEX-COR (Sartoretto *et al.*, 2017) i per això dona una valor baix d'espècies sensibles en aquesta estació

De fet la comunitat té molt poca complexitat estructural per la manca de gorgònies com s'ha esmentat abans i altres morfologies massives i erectes com esponges i briozous. Quan apliquem l'índex dona una estat qualitat moderat, molt proper a dolent. Aquests valors estan lluny per

exemple d'altres estacions que es troben en la ZEC del Litoral del Baix Empordà, com Furió Fitó i Furió d'Aigua Xelida que tenen un estat de qualitat bo, amb un coral·ligen divers amb dominància d'espècies estructurals.

L'estat de conservació d'aquest hàbitat ve determinat segurament per la terbolesa de l'aigua i l'excés de sedimentació (en aquesta ZEC hi ha una dominància d'hàbitats sedimentaris) que fa que domini apart del *P. axinellae*, comunitats de gestes dominades per algues de baix port i matriu basal amb molt sediment. No s'han observat impactes de pesca ni impacte del canvi climàtic de moment, tot i que per la manca de dades d'aquesta ZEC se'ns fa difícil poder dir si aquestes pressions també estan afectant negativament a aquest espai.

Els resultats obtinguts ens indiquen que l'aplicació de l'índex INDEX-COR es una bona aproximació per avaluar l'estat d'aquest hàbitat als nostres espais protegits. Tot i que futurs estudis haurien d'avaluar l'efectivitat d'altres índexs desenvolupats pel coral·ligen. S'ha de tenir en compte que des de l'any 2009, s'han dissenyat almenys 16 índexs, però cap d'ells ha estat adoptat oficialment pel Centre d'Activitats Regionals d'Àrees Especialment Protegides (RAC/ZEPA) per estimar la qualitat del coral·ligen (Di Camillo *et al.*, 2023).

Diverses fonts de informació indiquen que aquest hàbitat amb presència de gorgònies es pot trobar a més fondària i fora dels límits actuals de la ZEC, pel que seria important fer algunes prospeccions fora dels límits de la ZEC per tal d'avaluar la possibilitat d'ampliar la ZEC per tal d'incloure un major nombre de localitats on es pugui trobar aquest hàbitat del coral·ligen tant vulnerable i amb un elevat valor ecològic pel gran nombre de espècies que pot albergar i el nombre de serveis ecosistèmics que proveeix.

Conclusions

El coral·ligen es un hàbitat amb una distribució molt restringida dins de la ZEC de la Costa del Tarragonès, doncs aquest hàbitat es troba a més fondària fora dels límits actuals de la ZEC.

En la comunitat de coral·ligen d'El Brut destaca l'absència de gorgònies, i en canvi destaca la dominància del cnidari colonial *Parazoanthus axinellae*.

La comunitat té molt poca complexitat estructural per la manca d'espècies amb morfologies massives i erectes com esponges i briozous. Quan apliquem l'índex INDEX-COR dona una estat qualitat moderat, molt proper a dolent.

L'estat de conservació d'aquest hàbitat ve determinat segurament per la terbolesa de l'aigua i l'excés de sedimentació (en aquesta ZEC hi ha una dominància d'hàbitats sedimentaris) que fa que a part de *P. axinellae*, dominin comunitats de gespes dominades per algues de baix port i matriu basal amb molt sediment.

Paisatge

- S'han realitzat dos transectes batimètrics, un profund (entre 12 i 17 m) i un altre superficial (entre 3 i 7 m).
- Predominen principalment tres hàbitats, sorres fines i gruixudes, praderies de fanerògames (sobretot posidònia) i fons infralitorals rocosos.
- Aquests tres hàbitats es van intercalant proporcionant un paisatge submarí divers.
- La presència de *Cymodocea nodosa* és de manera dispersa i poc densa sobre un substrat sorrenc.

- La praderia profunda i contínua de *Posidonia oceanica*, presenta un aspecte saludable i una estructura típica de les praderies profundes amb clapetes de sorra petites i mitjanes.
- S'ha observat un emissari submarí, així com diverses taques de mata morta al seu voltant, probablement resultat d'impactes històrics relacionats amb aquesta estructura.
- Cal destacar la presència de *Caulerpa cylindracea* a la barra rocosa més propera a la costa.

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 una dimensió espacial determinada i 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 consisteix en veure'l com una jerarquia d'elements (taca, hàbitat...) encaixats a diferents escales espacials (Pittman *et al.*, 2004) (Figura 32). 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.

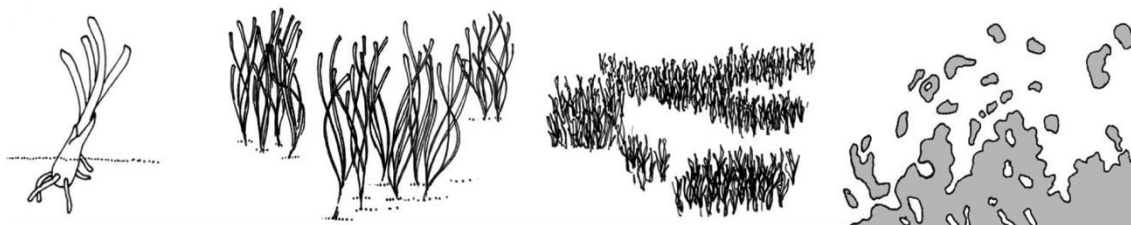


Figura 32. Representació de l'estructura jeràrquica d'un hàbitat de fanerògames marines al paisatge marí costaner, modificada a partir de Boström *et al.*, 2011. D'esquerra a dreta, plantes marines vistes a escales creixents de centímetres a quilòmetres.

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 en un bon estat. No obstant això, la fragmentació estaria impeding el moviment d'espècies, els fluxos gènics i altres processos, amb conseqüències negatives a mitjà termini. En conseqüència, 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 els resultats obtinguts a partir d'una escala o una altra, siguin complementaris (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 de les Costes del Tarragonès trobem principalment tres hàbitats: sorres fines o gruixudes infralitorals, fanerògames marines, en concret *Posidonia oceanica* i *Cymodocea nodosa*, i fons infralitorals rocosos amb diferents comunitats algals com dictiotals, *Padina pavonica* o *Elisollandia elongata*, i comunitats de precoral·ligen (Linares *et al.*, 2022).

L'objectiu d'aquest treball és obtenir informació a una escala espacial gran (de centenars de metres), sobre la distribució espacial dels diferents hàbitats d'aquesta ZEC. L'estructura de l'hàbitat, tal com l'hem definit, és sensible a canvis ambientals, tant abruptes, deguts a impactes puntuals com progressius i a llarg termini. Per tant, la informació obtinguda serà de gran valor pel seguiment i gestió d'aquesta ZEC.

Material i mètodes

Estacions de mostreig

Es van realitzar dos transectes batimètrics, un superficial i un profund, a la zona nord de la ZEC (Figura 33). Els mostrejos es van dur a terme en dos dies de campanya, concretament el 21 i 22 de juny del 2023, amb un equip de cinc persones, quatre bussejadors i un barquer (Taula 16). En total es van dur a terme dos immersions d'uns 20 i 40 minuts cada una.

Taula 16. Estacions on s'han realitzat els transectes de paisatge en la ZEC de les Costes del Tarragonès. Fondària: rang de fondària en metres al llarg dels transectes.

Estació	Data mostreig	Fondària (m)
El Brut	21/06/2023	12-17
Barra	22/06/2023	3-7

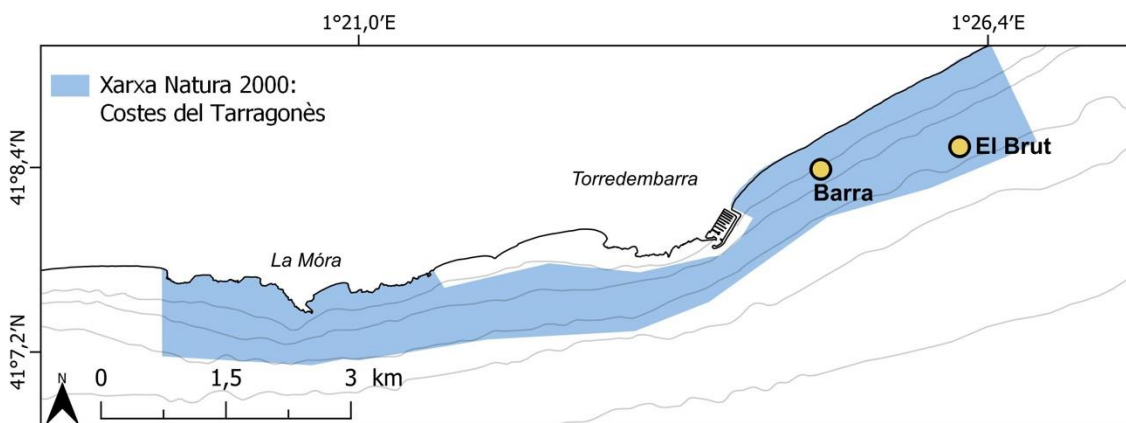


Figura 33. Mapa de les zones on s'han realitzat els transectes de paisatge de la ZEC de les Costes del Tarragonès.

Metodologia de mostreig

La metodologia utilitzada per dur a terme l'estudi del paisatge, va consistir en fer els recorreguts amb propulsors mecànics al llarg de transectes batimètrics perpendiculars a la costa. El transecte més superficial es va realitzar en immersió lleugera. Al llarg dels recorreguts es va anotar la distribució dels hàbitats principals i les espècies més característiques, així com possibles signes d'impactes, com pot ser el grau de mortalitat dels organismes bentònics de substrat rocós o la presència d'espècies introduïdes. Pel que fa a les fanerògames, també es van anotar el nombre de feixos arrencats, i altres aspectes relacionats amb la macroestructura (continuitat de la praderia, presència i mida de clapes de sorra), i el tipus de substrat. A més, es va obtenir un registre fotogràfic com a referència o per possibles anàlisis futures.

Resultats

El Brut

Aquest recorregut s'inicia a la barra rocosa El Brut, a una profunditat de 17 m, i segueix un rumb aproximat de 350°. En el punt d'inici, la barra limita amb un substrat sorrenc que s'estén cap al fons. El recorregut passa per damunt la barra El Brut, la qual presenta la part més alta a 15 m. Aquesta barra alberga comunitats fotòfiles com dictiotals, *Codium bursa* o l'alga calcària *Mesophyllum sp.*, així com espècies més esciòfiles en zones menys il·luminades com extraploms (Figura 34a). Passada la barra, i després d'un estret cinturó de sorra (4 m d'amplada), s'arriba a una praderia contínua de posidònia amb un marge que limita amb sorra a taques (Figura 34b). La praderia presenta clapes de sorra petites (<1 m de diàmetre) i mitjanes (1-5 m de diàmetre), i s'estén uns 60 m a una profunditat constant de 17 m, fins a desaparèixer gradualment, donant pas a una gran extensió de sorra. De manera puntual, s'observen algunes taques de posidònia petites (1 m²) envoltades de mata. Continuant en la direcció del recorregut, es troba un emissari enmig de sorra, al voltant del qual es poden veure algunes taques de mata morta (Figura 34c, d). Després d'un centenar de metres de substrat sorrenc, comencen a aparèixer alguns rizomes colonitzadors (*runners*) de *C. nodosa* de manera molt dispersa, alternant-se amb zones més denses de planta,

extensions de sorra (Figura 34e, f), i fins i tot alguns feixos de posidònia vius. El recorregut finalitza en una extensió de sorra a una profunditat de 12 m.

Barra

El recorregut s'inicia a un punt situat a 1 km al nord-est del port de Torredembarra, a 150 m de la costa i a uns 7 m de profunditat. En aquest punt, hi ha una petita praderia de posidònia de 100 x 50 m aproximadament, sobre sediment sorrenc, amb algun bloc petit de roca (<1 m²) enmig de la praderia. El marge profund d'aquesta praderia és poc definit i està caracteritzat per presentar taques disperses de planta de diferent mida, mentre que el marge superior és net i abrupte. La praderia és força densa i contínua. Una extensió de sorra d'uns 50 m d'amplada separa aquesta praderia d'una barra de roca d'uns 20 m d'amplada, on predominen les comunitat fotòfiles amb dictiotals i *Padina pavonica*, així com algunes taques petites de posidònia. Seguint la direcció del recorregut cap a la costa, i després de passar per una altra extensió de sorra d'uns 80 m d'amplada on s'observen algunes taques de posidònia i mata morta, s'arriba a una segona barra de substrat rocós més soma, i que s'estén al llarg de gairebé tota la platja de Torredembarra. Aquesta barra, a 3 m de profunditat aproximadament, es caracteritza principalment per presentar comunitats algals de tipus 'turf', amb força sedimentació. També s'ha observat la presència de l'alga invasora *Caulerpa cylindracea*.

Discussió

L'objectiu final d'aquest estudi era obtenir informació a una escala espacial més gran (centenars de metres), sobre la distribució espacial dels diferents hàbitats de la ZEC de les Costes del Tarragonès, d'aquesta manera, poder complementar la informació obtinguda d'altres descriptors (vegeu altres capítols d'aquest informe).

Els resultats obtinguts mostren una combinació de tres hàbitats principals, sorres fines i gruixudes, praderies de fanerògames i fons infralitorals rocosos. Aquests hàbitats es van intercalant formant un paisatge submarí on els afloraments rocosos de naturalesa calcària es disposen de manera paral·lela a la costa i sobresurten del fons sorrenc cobert o no per fanerògames marines. A nivell ecològic aquest tipus de paisatge esdevé molt important per diverses raons. Per una banda, la presència de fons rocosos proporcionen una alta disponibilitat d'aliments i refugi per als peixos i altres organismes, gràcies a la seva alta complexitat topogràfica (Roberts i Ormond, 1987), així com a la presència de les comunitats algals que hi habiten. Això també fa que, tradicionalment, els pescadors sempre hagin buscat la presència o proximitat d'aquests fons rocosos per calar els seus ormejos de pesca. La barra El Brut, per exemple, presenta una gran diversitat de peixos i de comunitats bentòniques. La disponibilitat de recursos i refugi també és un aspecte conegut en les praderies de fanerògames marines (Yeager *et al.*, 2011), a més d'altres serveis ecosistèmics com la protecció de la costa o el paper com a embornals de carboni (Kennedy *et al.*, 2022). Per altra banda, aquest paisatge pot tenir una influència en el moviment d'organismes (entitats mòbils actives) i de la matèria (entitats mòbils passives) entre els hàbitats, i per tant en les seves interaccions i connectivitat. Per exemple, s'ha vist que l'abundància d'algunes espècies de serrànids es veu afavorida per la riquesa d'hàbitats (Ricart *et al.*, 2019).

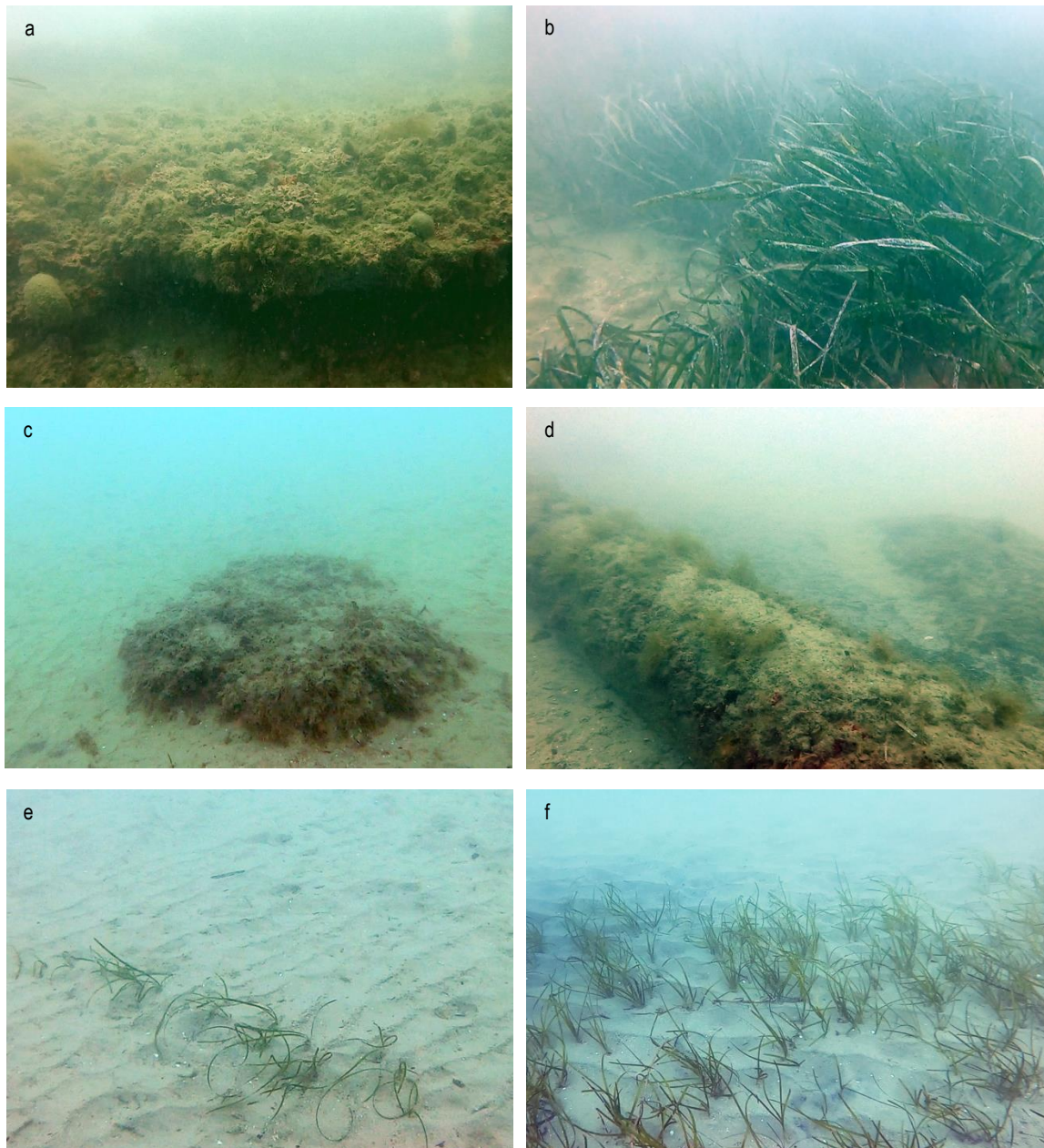


Figura 34. Imatges del recorreguts de paisatge de la ZEC de les Costes del Tarragonès. a) extraplom, b) praderia de posidònia, c) mata morta, d) emissari amb mata morta al voltant, e) rizoma colonitzador de *Cymodocea nodosa* i, f) praderia de *C. nodosa*.

Pel que fa a les praderies de fanerògames, cal destacar la bona aparença tant de la praderia de *P. oceanica* superficial (7 m), amb una estructura contínua i densa, com de la praderia profunda (17 m), amb una estructura típica de les zones profundes, on és comú trobar clapes de sorra enmig de la praderia. El bon estat d'aquesta praderia profunda, contrasta amb la presència d'algunes zones amb taques de mata morta, sobretot al voltant de l'emissari. Segurament es tracta d'un impacte històric relacionat amb aquesta estructura. Els emissaris submarins poden afectar a les comunitats bentòniques principalment de dues maneres: mitjançant l'impacte físic provocat per la mateixa estructura, o a través de l'abocament d'aigües residuals, ja sigui com a resultat directe de

la seva operació o a conseqüència del seu mal funcionament (trencament). A la ZEC de les Costes del Tarragonès hi ha identificats cinc emissors, un emissor principal (Altafulla), i quatre d'emergència, que es posen en funcionament només en casos puntuals d'averies de sanejament (Móra, Martineta, Barri Marítim i Clarà Mar). La presència d'aquests emissors planteja un potencial risc, especialment per a les praderies de fanerògames marines, ja que en algunes zones es poden trobar a sobre o a prop d'aquestes. L'emissari que s'ha observat durant el transecte de paisatge és el Clarà Mar, que arriba a una profunditat de 30 m. Aquesta profunditat, més enllà de la praderia de posidònia, suggereix una afectació limitada de les seves aigües residuals sobre aquests ecosistemes.

A banda de la presència de *P. oceanica*, també s'ha constatat la presència de *C. nodosa*, tot i que de manera dispersa i poc densa. A nivell de paisatge, aquestes praderies, com s'ha vist en el transecte El Brut, es troben envoltades de grans extensions de sorres fines i poden representar una zona d'alimentació i refugi per altres espècies.

Pel que fa als impactes observats, a part dels ja esmentats anteriorment, destaquem la presència de *Caulerpa cylindracea* en la barra rocosa més soma (vegeu capítol 'Algues i garotes').

Finalment, cal mencionar que la realització de les campanyes i les dades obtingudes mostren que el disseny emprat per a la descripció del paisatge d'aquesta ZEC presenta algunes limitacions. Per una banda, les seves grans dimensions i el perfil amb un desnivell petit, fa que, mitjançant la metodologia emprada (transectes amb busseig autònom), s'hagin de recórrer grans distàncies per obtenir variacions en la profunditat i no s'arribi a descriure bé la variabilitat i distribució d'hàbitats. Per altra banda, en el mostreig d'enguany, no queda representada la zona sud de la ZEC, on es troben dos hàbitats dominants, el de sorres fines o gruixudes infralitorals, i el de la fanerògama *C. nodosa*.

Conclusions

En la ZEC de les Costes del Tarragonès predominen principalment tres hàbitats, sorres fines i gruixudes, praderies de fanerògames (sobretot posidònia) i fons infralitorals rocosos. Aquesta combinació d'hàbitats proporciona un paisatge submarí divers.

La fanerògama marina *Cymodocea nodosa* és present de manera dispersa i poc densa.

La praderia profunda i contínua de *Posidonia oceanica* presenta un aspecte saludable amb una morfologia típica de les praderies profundes.

S'ha observat un emissor submarí, així com diverses taques de mata morta al seu voltant. És probable que siguin resultat d'impactes històrics relacionats l'estructura de l'emissari.

Cal destacar la presència de *Caulerpa cylindracea* a la barra rocosa més propera a la costa.

Prospeccions

- S'ha realitzat una prospecció a la zona de la punta de la Móra, on hi ha presència de *Cymodocea nodosa*.
- La distribució de *C. nodosa* és a taques disperses de mida, forma i densitat molt variable.
- Les taques grans (≥ 10 m de diàmetre) són força denses i amb un límit net i abrupte.
- S'han trobat acumulacions de rizomes i feixos arrencats, molts d'ells encara vius.

- Alguns marges de les taques grans presenten esglaons de fins a 1 m d'alçada, on s'aprecia el descalçament dels feixos i rizomes, quedant exposats a l'hidrodinamisme.
- S'han observat d'alguns exemplars de sargs juvenils i un exemplar del làbrid *Symphodus tinca* associats a la praderia i a les acumulacions de restes de matèria orgànica.

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. Les espècies i els hàbitats responen de forma diferent a les pertorbacions, 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'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 (Sanmartí *et al.*, 2022; 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 (Sanmartí *et al.*, 2022) i avaluar possibles impactes tant naturals com antropogènics.

A la ZEC de les Costes de Tarragonès, disposem de poca informació sobre les praderies de *C. nodosa*, tot i que sabem que es troben força disperses i són poc denses (a excepció d'alguns punts), de manera similar a com es troben en altres zones amb costes rectilínies i obertes com les de la ZEC de les Costes del Garraf (Ballesteros i Fernández, 2004). La profunditat d'aquestes praderies pot variar entre aproximadament 8 i 17 m.

L'objectiu general d'aquest treball és recopilar informació sobre una zona amb praderia de *C. nodosa* de la ZEC de les Costes del Tarragonès i d'aquesta manera, tenir un major coneixement de la seva distribució i el seu estat general i poder detectar possibles afectacions i en cas necessari, establir noves estacions de mostreig.

Material i mètodes

Estacions de mostreig

S'ha realitzat una prospecció a la ZEC de les Costes del Tarragonès a prop de la punta de la Móra, en una zona on hi ha presència de *C. nodosa* (Figura 35). Aquesta zona ha estat seleccionada per ser d'interès més enllà de les zones mostrejades en praderies de posidònia (vegeu capítols 'Fanerògames i nacres' i 'Paisatge' d'aquest informe), i per afegir més informació sobre la distribució d'aquesta fanerògama de creixement ràpid. L'estació de la prospecció s'ha seleccionat a partir de la cartografia disponible a la web de la Generalitat (<https://agricultura.gencat.cat>) i establint el criteri de profunditat d'uns 12 m, profunditat establerta com a estàndard per al seguiment de les praderies de *C. nodosa* de costes obertes i al llarg de les ZEC de Catalunya (vegeu Linares *et al.*, 2023). Un equip de dos bussejadors i un barquer van realitzar la prospecció en un dia, concretament el 19 de juny. (Taula 17, Figura 35).

Taula 17. Estació de mostreig de la prospecció del fons marí a la ZEC de les Costes del Tarragonès.

ZEC	Estació	Data	Fondària (m)
Costes del Tarragonès	Móra	19/06/2023	10-12,6

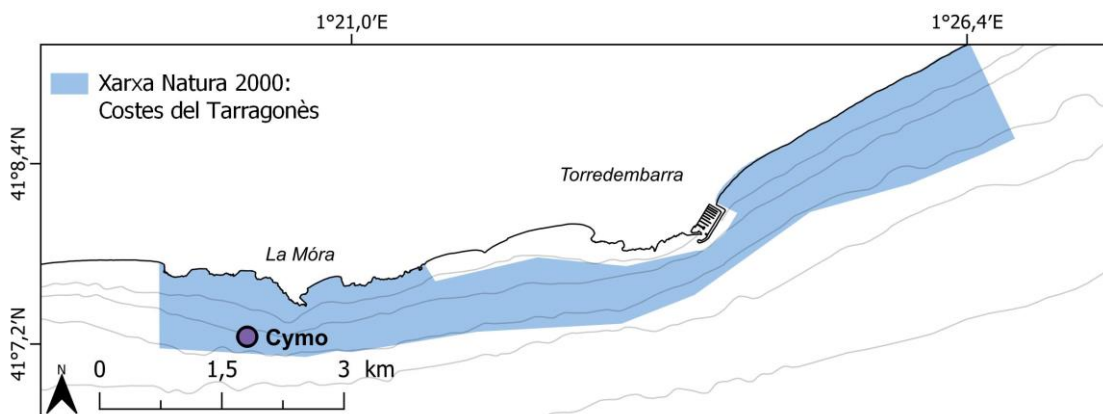


Figura 35. Mapa de l'estació de la prospecció de *Cymodocea nodosa* a la ZEC de les Costes del Tarragonès.

Metodologia de mostreig

La metodologia emprada per dur a terme la prospecció, va consistir en fer un recorregut amb propulsors mecànics des d'un punt inicial a 12 m de profunditat, cobrint la superfície del fons on hi havia presència de *C. nodosa*. Durant el recorregut es van anotar diferents aspectes sobretot relacionats amb l'estructura de la praderia (contínua o discontinua), la presència d'altres espècies com *Caulerpa prolifera* i altres macrofïts, i l'observació de possibles impactes (rizomes arrancats,

zones amb feixos morts...). Finalment, es va obtenir un registre fotogràfic i de vídeo de tot el recorregut.

Resultats

El recorregut s'inicia a 12,6 m de profunditat, a una distància d'uns 700 m de la punta de la Móra, i pren una direcció cap a la costa fins a arribar a un punt final a 10 m de profunditat.

En general, la zona explorada consisteix en taques disperses de *C. nodosa* de mida, forma i densitat molt variable, des de petites taques de menys d'1 m de diàmetre i poc denses, fins a taques mitjanes o grans (10 m de diàmetre) amb forma allargada o de mitja lluna, que s'estenen en direcció perpendicular a la costa i força denses (Figura 36b, c, d). Algunes de les taques grans són força denses i presenten un límit net (Figura 2a), on la transició entre la praderia i la sorra es dona d'una manera abrupta. En alguns casos, aquesta transició es presenta en forma d'esglaó, entre 0,5 i 1 m d'alçada aproximadament (Figura 36e, g), i va acompanyat d'una formació sorrenca en forma de cràter de 3-5 m de diàmetre on s'acumula gran quantitat de feixos i rizomes arrancats vius i morts (Figura 36f, h).

Pel que fa a la presència d'espècies associades a la praderia (altres macròfits o equinoderms), no se n'han trobat. No obstant això, s'ha observat la presència d'alguns exemplars de sargs juvenils i un exemplar del làbrid *Symphodus tinca* associats a la praderia i a les acumulacions de restes de matèria orgànica, principalment rizomes.

Discussió

La prospecció realitzada a la zona amb presència de *C. nodosa*, a prop de la punta de la Móra, ens ha proporcionat un millor coneixement sobre la seva distribució, estructura de l'hàbitat, i dels diferents impactes a la que pot estar sotmesa aquesta espècie.

Els resultats obtinguts mostren que, en la zona d'estudi, *C. nodosa*, presenta una distribució a taques de diferents mides i densitat, envoltades d'una matriu de sorra. Aquesta distribució i estructura és comú en praderies que es troben a profunditats entre 10 i 14 m o superiors, i en costes obertes i exposades, en comparació amb praderies més somes, de naturalesa més contínua i densa. En realitat, *C. nodosa* presenta tal dinamisme que, a aquestes profunditats, la seva distribució i extensió pot ser molt variable al llarg del temps. Això dificulta el seu diagnòstic i seguiment a mitjà-llarg termini.

A banda d'això, també s'han de considerar les pressions a les quals poden estar sotmeses aquestes praderies. En aquest sentit, tant la disponibilitat de llum com la mobilització del sediment poden influenciar la distribució i estructura d'aquesta planta. La disponibilitat de llum és un factor determinant per al creixement de les fanerògames marines, i aquesta es pot veure modificada per diverses causes tant l'origen antropogènic com natural. La construcció o modificació costanera, la contaminació de les aigües o la construcció o manteniment d'estructures submarines, són alguns exemples causats per l'home, que poden augmentar la terbolesa de l'aigua, reduint la llum disponible per a la fotosíntesis.

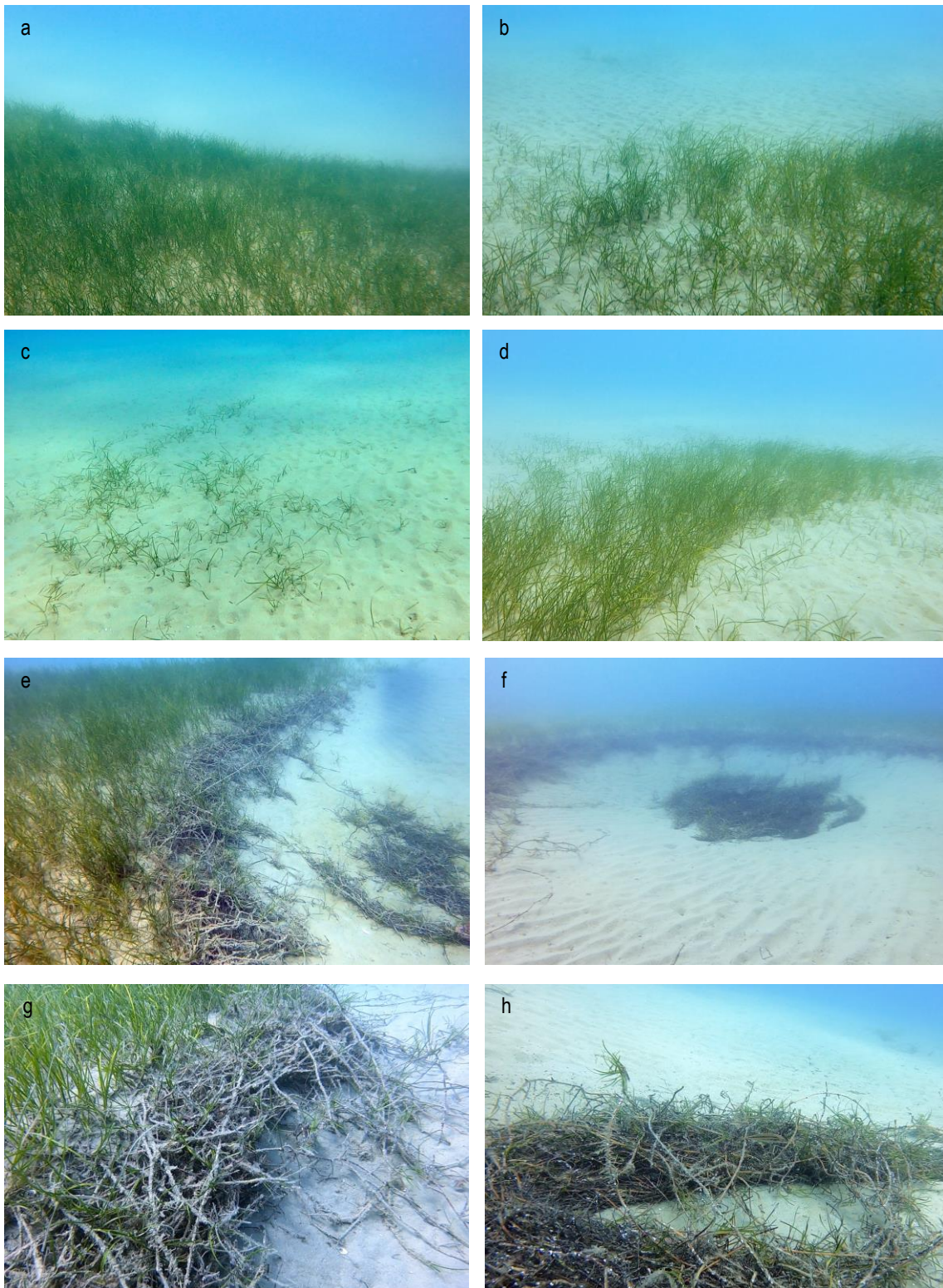


Figura 36. Imatges de la prospecció realitzada a *Cymodocea nodosa* a la ZEC de les Costes del Tarragonès. a-b) límits de taques grans de *C. nodosa*, c) taca poc densa de *C. nodosa*, d) taca mitjana i allargada de *C. nodosa*, e) esglaó amb els rizomes desenterrats, f) vista general de la formació en 'cràter' amb restes de rizomes arrancats al mig, g) detall dels rizomes desenterrats del límit d'una taca i h) acumulació de matèria orgànica, rizomes i feixos arrencats.

En aquest sentit, cal mencionar la presència d'un emissari submarí a prop de la zona explorada, davant la platja de la Móra (l'emissari d'emergència Punta de la Móra), que presenta un punt de ruptura a uns 13 m de profunditat. En aquest escenari, a banda de l'impacte directe de les aigües de l'emissari sobre *C. nodosa*, les possibles obres de reparació o substitució de l'emissari podrien significar un augment considerable de la terbolesa de l'aigua durant un període de temps prolongat, provocant així un efecte negatiu sobre aquesta espècie. Val a dir que no s'ha observat actualment cap símptoma d'afectació relacionat amb la terbolesa de l'aigua en la zona de *C. nodosa* visitada en aquest estudi. En canvi, el que sí s'ha observat és un impacte físic en els marges de les taques grans (> 10 m de diàmetre) en forma d'esglaó i descalçament dels rizomes, presumiblement causat per una intensa mobilització de sediment.

La mobilització del sediment sovint és resultat de la força hidrodinàmica causada per temporals moderats o extrems. El seu efecte sobre les fanerògames marines es pot veure a través de dos mecanismes, l'enterrament i el descalçament dels feixos (Marco-Méndez *et al.*, 2023). Les nostres observacions corroboren l'existència del segon mecanisme als marges de les taques de *C. nodosa* de la zona visitada, zones de transició entre la planta i la sorra on l'exposició és major i, per tant, és més vulnerable. Ara bé, el descalçament en si no és letal per a la planta. Més aviat, el que fa és exposar els seus rizomes a l'acció de l'onatge, augmentant així la seva vulnerabilitat, la qual cosa pot provocar l'arrencament de la planta. Aquest fenomen també s'ha evidenciat en la prospecció d'aquest estudi, on s'han trobat acumulacions a la sorra de rizomes i feixos arrencats, molts d'ells encara vius.

No obstant això, cal tenir present que *C. nodosa* 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 que s'adapti a diferents alteracions ambientals (Pérez *et al.*, 1994; Sanmartí *et al.*, 2022).

Finalment, amb la prospecció realitzada s'ha pogut copsar la importància del creixement de *C. nodosa* enmig de grans extensions de sorra, encara que sigui de manera dispersa i a taques. La seva presència té un paper important per a altres espècies, en aquest cas de peixos, proporcionant-los una font d'alimentació i refugi. Això es posa de manifest amb l'observació de peixos juvenils en la taques de *C. nodosa* prospectada.

Conclusions

La prospecció de *Cymodocea nodosa* de la zona de la punta de la Móra, mostra que la seva distribució és a taques disperses de mida, forma i densitat variable.

Les taques grans (≥ 10 m de diàmetre) són força denses i amb un límit net i abrupta, mentre que les més petites són disperses i poc denses.

Alguns marges de les taques grans presenten esglaons entre 0,5 i 1 m l'alçada, on s'aprecia el descalçament dels rizomes, que queden exposats a l'hidrodinamisme.

S'han trobat acumulacions de rizomes i feixos arrencats, molts d'ells encara vius.

S'han observat d'alguns exemplars de sargs juvenils i un exemplar del làbrid *Symphodus tinca* associats a la praderia i a les acumulacions de restes de matèria orgànica.

Diagnosi general de la ZEC Costes del Tarragonès

Estat actual de les principals espècies i hàbitats en la ZEC

La ZEC de les Costes del Tarragonès presenta una considerable diversitat d'hàbitats, amb una representació significativa de sorres fines, gruixudes i graves, així com de praderies de fanerògames marines, sobretot *Posidonia oceanica*. També cal destacar la presència dels fons infralitorals rocosos, formant afloraments rocosos de naturalesa calcària disposats de manera paral·lela a la costa, i que sobresurten del fons sorrenc cobert o no per fanerògames marines. La seva extensió, però és petita en relació a l'extensió de tota la ZEC.

Els hàbitats presents es troben en un estat de conservació no satisfactori, destacant la praderia de *P. oceanica*, un dels hàbitats prioritari de la Xarxa Natura 2000 (concretament l'hàbitat 1120). Aquesta diagnosi es deu principalment al dèficit en densitat, si bé sembla molt probable que aquest estat sigui atribuïble a impactes del passat dels quals no s'ha recuperat encara completament. No obstant això, també cal destacar una tendència a l'increment tant de la densitat de feixos com de la cobertura des del 2003. Pel que fa als fons rocosos, l'altre hàbitat prioritari dins de la ZEC (concretament l'hàbitat 1170), trobem comunitats algals dominades per gesses, amb poca estructura i amb baixa densitat de garotes, tant *Paracentrotus lividus* com *Arbacia lixula*. L'hàbitat del mediolitoral està poc representat, ja que es restringeix a una zona molt petita de la costa. Malgrat això, destaca per presentar comunitats mediolitorals sanes, amb *Lithophyllum byssoides* i *Ericaria mediterranea*. En quant a la comunitat de coral·ligen trobada en una única estació dins dels límits actuals de la ZEC, es caracteritza per una baixa complexitat estructural, especialment per l'absència de gorgònies, i presenta un estat de qualitat moderat, proper a pobre. En relació amb la comunitat de peixos, presenta una biodiversitat força baixa, així com valors també baixos de densitat i biomassa.

Tant les condicions ambientals naturals com les pressions antròpiques probablement limiten el desenvolupament de boscos algals madurs i de comunitats de coral·ligen. Convé assenyalar la presència de l'alga invasora *Caulerpa cylindracea*, la qual pot tenir impactes negatius sobre les comunitats dels fons rocosos infralitorals. L'estat de conservació d'aquest hàbitat ve determinat segurament per la terbolesa de l'aigua i l'excés de sedimentació. Per últim, també s'ha observat un emissari submarí, així com diverses taques de mata morta de *P. oceanica* al seu voltant. És probable que siguin resultat d'impactes històrics relacionats amb l'estructura de l'emissari.

Recomanacions pel futur seguiment i gestió

Aquesta ZEC presenta una bona representativitat d'hàbitats, però en general, maquen dades històriques per la majoria dels indicadors realitzats en aquest estudi. Per tant, es recomana continuar el seguiment de les espècies i hàbitats en aquesta ZEC per a poder dur a terme una adequada gestió i conservació del patrimoni natural

A nivell del seguiment, es considera important continuar amb el mateix nombre d'estacions i descriptors de manera general. Tot i això, respecte al descriptor de Fanerògames, una estació de mostreig sembla insuficient per proporcionar una visió global de les praderies d'aquesta ZEC i es proposa incrementar el seu nombre, sobretot considerant que la praderia mostrejada es troba en un estat de conservació no satisfactori. Respecte al descriptor de paisatge, en el mostreig d'enguany, no queda representada la zona sud de la ZEC, on es troben dos hàbitats dominants, el de sorres fines o gruixudes infralitorals, i el de la fanerògama *C. nodosa*. En aquests casos, seria bo poder avaluar l'ús d'altres tècniques com AUVs o petits ROVs i

disposar d'una cartografia acurada que serveixi de base per l'estudi del paisatge, donada la gran extensió que cobreixen aquests hàbitats.

En general, es recomana reduir i regular les pressions locals que afecten aquesta ZEC, com ara l'eutrofització o la pesca. Això podria contribuir a millorar l'estat de conservació d'aquests hàbitats. posar especial atenció en els diferents estats ecològics i químics de les diferents masses d'aigua d'aquesta zona. Això permetrà detectar canvis relacionats no només amb la qualitat de l'aigua, sinó també amb l'augment de la temperatura.

Diverses fonts de informació indiquen que, l'hàbitat del coral·ligen amb presència de gorgònies es pot trobar a més fondària i fora dels límits actuals de la ZEC. Seria important fer algunes prospeccions fora dels límits de la ZEC per tal d'avaluar la possibilitat d'ampliar la ZEC per tal d'incloure un major nombre de localitats on es pugui trobar aquest hàbitat del coral·ligen tant vulnerable i amb un elevat valor ecològic pel gran nombre de espècies que pot albergar i el nombre de serveis ecosistèmics que proveeix.

Bibliografia general de la ZEC de les Costes del Tarragonès

- Agència Catalana de l'Aigua. (2018). Estat de les masses d'aigua a Catalunya. <https://aplicacions.aca.gencat.cat/WDMA>.
- Agnetta, D., Badalamenti, F., Ceccherelli, G., Di Trapani, F., Bonaviri, C., i Gianguzza, P. (2015). Role of two co-occurring Mediterranean sea urchins in the formation of barren from *Cystoseira canopy*. *Estuarine, coastal and shelf science*, 152, 73-77.
- Airoldi, L., Beck, M.W. (2007). Loss, status and trends for coastal marine habitats of Europe. In Gibson, R., Atkinson, R., i Gordon, J. (Eds.), *Oceanography and Marine Biology: an annual review* (pp. 345-405).
- Ballesteros, E. (1984). Els estatges supralitoral i mediolitoral de les illes Medes. In Ros, J., Olivella, I., Gili, J.M. (Eds.), *Els sistemes naturals de les illes Medes* (pp. 647-658). Institut d'Estudis Catalans, Barcelona.
- Ballesteros, E. (1988). Estructura y dinámica de la comunidad de *Cystoseira mediterranea* Sauvageau en Mediterraneo noroccidental. *Investigación Pesquera*, 52(3), 313-334.
- Ballesteros, E. (1992). *Els vegetals i la zonació litoral: espècies, comunitats i factors que influeixen la seva distribució* (Vol. 101). Institut d'estudis catalans.
- Ballesteros, E. (1993). Species composition and structure of a photophilic algal community dominated by *Halopteris scoparia* (L.) Sauvage from the North-Western Mediterranean. *Collectanea Botanica*, 22, 5-24.
- 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. (2006). Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 44, 123-195.
- Ballesteros, E., Torras, X., Pinedo, S. García, M., Mangialajo, L., i 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(1), 172-180. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.08.038>
- Ballesteros, E., Canals, M., i Estrada, M. (2013). Els ecosistemes marins als Països Catalans. In Bueno, D., Masalles, R., Ballesteros, E., i Martí, E. (Eds.), *Atles dels ecosistemes dels Països Catalans*. Enciclopedia Catalana.
- Ballesteros, E., Mariani, S., Cefalì, M^a E., Terradas, M., i Chappuis, E. (2014). Manual d'hàbitats litorals de Catalunya. Generalitat de Catalunya, Departament de Territori i Sostenibilitat.
- Bonaviri, C., Vega Fernández, T., Fanelli, G., Badalamenti, F., i Gianguzza, P. (2011). Leading role of the sea urchin *Arbacia lixula* in maintaining the barren state in southwestern Mediterranean. *Marine Biology*, 158, 2505-2513.

- Boström, C., Pittman, S. J., Simenstad, C., Kneib, R. T. (2011). Seascape ecology of coastal biogenic habitats: advances, gaps, and challenges. *Marine ecology progress series*, 427, 191-217.
- Boudouresque, C.F. (2004). Marine biodiversity in the Mediterranean: status of species, populations and communities. *Travaux scientifiques du Parc national de Port-Cros*, 20, 97-146.
- 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.
- Bulleri, F., Balata, D., Bertocci, I., Tamburello, L., i Benedetti-Cecchi, L. (2010). The seaweed *Caulerpa racemosa* on Mediterranean rocky reefs: from passenger to driver of ecological change. *Ecology*, 91(8), 2205-2212.
- 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 <https://doi.org/10.1016/J.ECSS.2008.04.021>.
- Casas, E., Teixidó, N., Garrabou, J., Cebrian, E. (2015). Structure and biodiversity of coralligenous assemblages over broad spatial and temporal scales. *Marine Biology*, 162, 901–912.
- 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.
- Ceccherelli, G., Piazzini, L., i Cinelli, F. (2000). Response of the non-indigenous *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh to the native seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile: effect of density of shoots and orientation of edges of meadows. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 243(2), 227-240.
- Cefalì, M. E., Cebrian, E., Chappuis, E., Pinedo, S., Terradas, M., Mariani, S., i Ballesteros, E. (2016). Life on the boundary: Environmental factors as drivers of habitat distribution in the littoral zone. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 172, 81-92. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.01.043>
- Chappuis, E., Terradas, M., Cefalì, M. E., Mariani, S., i 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, 113-122. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2014.05.031>
- Cheminée, A., Sala, E., Pastor, J., Bodilis, P., Thiriet, P., Mangialajo, L., ... i Francour, P. (2013). Nursery value of *Cystoseira* forests for Mediterranean rocky reef fishes. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 442, 70-79.

- Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Lasram, F.B.R., Aguzzi, J., ... i Voultziadou, E. (2010). The biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, patterns, and threats. *PLoS ONE*, 5(8), e11842.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., ... i Van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253–260.
- Crain, C., Kroeker, K., i Halpern, B. (2008). Interactive and cumulative effects of multiple human stressors in marine systems. *Ecology Letters*, 11(12), 1304–1315. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01253.x>
- 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. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2>.
- 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., Montefalcone, M., Pergent, G., Ruiz, J.M., Cabaço, S., Cook, K., Wilkes, R.J., Frithjof, E.M., Muñoz-Ramos, G., Seglar-Arañó, X., de-Jong, D.J., Fernández-Torquemada, Y., Auby, I., Vergara, J.J., Santos, R. (2019). Recent trend reversal for decline in European seagrass meadows. *Nature Communications*, 10, 3356.
- den Hartog, C. (1970). *The Seagrasses of the World*. North Holland Publishing Company, Amsterdam London.
- Di Camillo, C., Ponti, M., Pulido Mantas, T., i Roveta, C. (2023). Review of the indexes to assess the ecological quality of coralligenous reefs: Towards a unified approach. *Frontiers in Marine Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1252969>.
- ETC/BD, 2014. Article 17 Reporting –Assessments of conservation status at the EU biogeographical level-Public consultation. ETC/BD Technical paper3/2014, Paris.
- Felline, S., Caricato, R., Cutignano, A., Gorbi, S., Lionetto, M. G., Mollo, E., ... i Terlizzi, A. (2012). Subtle effects of biological invasions: cellular and physiological responses of fish eating the exotic pest *Caulerpa racemosa*. *PLoS One*, 7(6), e38763.
- Figuerola, F. L., Flores-Moya, A., Vergara, J. J., Korbee, N., i Hernández, I. (2014). Autochthonous seaweeds. *The Mediterranean Sea: its history and present challenges*, 123-135.
- Francour, P., Ganteaume, A., Poulain, M. (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., Teixido, N., Mirasole, A., Tamburello, L., Cebrian, E., Rilov, G., Ledoux, J., Souissi, J. B., Khamassi, F., Ghanem, R., ... Harmelin, J. (2022). Marine heatwaves drive recurrent mass mortalities in the Mediterranean Sea. *Global Change Biology*, 28(19), 5708–5725. <https://doi.org/10.1111/gcb.16301>.
- Garrabou, J., Linares, C., López-Sanz, A., López-Sendino, P., Ledoux, J. B., Montero-Serra, I. (2017). *El coral·ligen, un hàbitat d'interès pesquer*. Direcció General de Pesca i Afers Marítims, Generalitat de Catalunya. 20 pp. Qaudern divulgatiu 1.
- Generalitat de Catalunya (2009). Parcs Naturals de Catalunya. <http://parcsnaturals.gencat.cat/ca/inici>.
- 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-decatalunya/correspondencies_entre_habitats/
- Generalitat de Catalunya (2015). Aspectes socioeconòmics d'interès a les Costes del Tarragonès. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals. https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/senp_catalunya/espais_sistema/camp_de_tarragona/platja-de-torredembarra-i-creixell/aspectes-socioeconomicos-dinteres-00001/
- 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.
- Gera, A., Pagès, J. F., Arthur, R., Farina, S., Roca, G., Romero, J., Alcoverro, T. (2014). The effect of a centenary storm on the long-lived seagrass *Posidonia oceanica*. *Limnology and Oceanography*, 59(6), 1910–1918. <https://doi.org/10.4319/lo.2014.59.6.1910>.
- Giakoumi, S., Cebrian, E., Kokkoris, G. D., Ballesteros, E., i Sala, E. (2012). Relationships between fish, sea urchins and macroalgae: The structure of shallow rocky sublittoral communities in the Cyclades, Eastern Mediterranean. *Estuarine, coastal and shelf science*, 109, 1-10.
- Guidetti, P. (2004). Consumers of sea urchins, *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula*, in shallow Mediterranean rocky reefs. *Helgoland Marine Research*, 58(2), 110-116.
- Guidetti, P., i Mori, M. (2005). Morpho-functional defences of Mediterranean sea urchins, *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula*, against fish predators. *Marine Biology*, 147, 797-802.
- 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., Hughes, A. R., Hultgren, K. M., Miner, B. G., Sorte, C. J., Thornber, ... i Williams, S.L. (2006). The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecology Letters*, 9 (2), 228–241. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00871.x>
- Hereu, B., i Kersting, D.K. (2016). Diseases of coralline algae in the Mediterranean Sea. *Coral Reefs*, 35(2), 713-713. <https://doi.org/10.1007/s00338-016-1428-x>.
- Hereu, B., Aspillaga, E., Capdevila, C., Pagès, M., Rovira, G., Sánchez, S., i 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.
- https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-prottegidos/red-natura-2000/rn_presentacion.aspx
- Klein, J., i Verlaque, M. (2008). The *Caulerpa racemosa* invasion: a critical review. *Marine pollution bulletin*, 56(2), 205-225.
- Laborel, J. (1987). Marine biogenic constructions in the Mediterranean, a review. Scientific Reports Port-Cros National Park, 13:97-126. Dégradation récente des formations construites superficielles à *Lithophyllum lichenoides* Philippi dans la Réserve marine de Scandola. *Trav. sci. Parc nat. rég. Rés. nat. Corse*, 41, 19-23.
- Levin, S. A. (1992). The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology* 73: 1943–1967
- Linares, C., Coma, R., i Garrabou, J. (2012). El coral-ligen de les illes Medes: una comunitat fràgil amb un gran valor patrimonial.
- 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 Ambient i Medi Natural, 110.
- 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'Espacial Conservació. Memòria 2022. Generalitat de Catalunya. Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural, 222.
- Ling, S. D., Scheibling, R. E., Rassweiler, A., Johnson, C. R., Shears, N., Connell, S. D., ... i Johnson, L. E. (2015). Global regime shift dynamics of catastrophic sea urchin overgrazing. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1659), 20130269.
- Littler, M. M., i Murray, S. N. (1975). Impact of sewage on the distribution, abundance and community structure of rocky intertidal macro-organisms. *Marine Biology*, 30, 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.

- Marco-Méndez, C., Pagès, F.J., Seglar, X. i Muñoz-Ramos, G. (2023). Efectes dels temporals extrems als herbeis de *Posidonia oceanica* i a la consciència mediambiental col·lectiva. *L'Atzavara*, 33:87-98. DOI: 10.2436/20.1502.atz33.087.
- Medrano, A., Hereu, B., Cleminson, M., Pagès-Escolà, M., Rovira, G. L., Sola, J., i 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*, 28(3), 632-644.
- Medrano, A., Linares, C., Aspillaga, E., Capdevila, P., Montero-Serra, I., Pagès-Escolà, M., i 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., ... i 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.
- Mineur, F., Arenas, F., Assis, J., Davies, A. J., Engelen, A. H., Fernandes, F., ... i De Clerck, O. (2015). European seaweeds under pressure: Consequences for communities and ecosystem functioning. *Journal of sea research*, 98, 91-108.
- Monserrat, M., Comeau, S., Verdura, J., Alliouane, S., Spennato, G., Priouzeau, F., ... i Mangialajo, L. (2022). Climate change and species facilitation affect the recruitment of macroalgal marine forests. *Scientific Reports*, 12(1), 18103.
- Morhange C., Laborel-Deguen, F., Sartoretto, S., i Laborel, J. (1992). Recherches sur les bioconstructions à *Lithophyllum lichenoides* en Méditerranée occidentale. *Méditerranée*, 76(3), 67-71. <https://doi.org/10.3406/medit.1992.2769>
- Otero, M. D. M., Numa, C., Bo, M., Orejas, C., Garrabou, J., Cerrano, C., ... i Cattaneo-Vietti, R. (2017). *Overview of the conservation status of Mediterranean anthozoans*. International Union for Conservation of Nature and Natural and Natural Resources (IUCN).
- Paoli, C., Morten, A., Bianchi, C. N., Morri, C., Fabiano, M., i Vassallo, P. (2016). Capturing ecological complexity: OCI, a novel combination of ecological indices as applied to benthic marine habitats. *Ecological Indicators*, 66, 86-102. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.029>.
- 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., Boudouresque, C.F. (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.
- Polo, L., i Rodriguez, C. (1989). Comunitats d'algues bentòniques al litoral català. *Revista de Girona*, 37-40.
- Privitera, D., Chiantore, M., Mangialajo, L., Glavic, N., Kozul, W., i Cattaneo-Vietti, R. (2008). Inter- and intra-specific competition between *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula* in resource-limited barren areas. *Journal of Sea Research*, 60(3), 184-192.
- 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 i Romero, J. (1996). Xarxa de vigilància de la qualitat biològica dels herbassars de fanerògames marines: Experiència pilot i projecte prototipus. Informe de resultats. Exercici 1996. Direcció General de Pesca i Afers Marítims, Generalitat de Catalunya.
- Ricart, A. M., Sanmarti, N., Perez, M., Romero, J. (2018). Multilevel assessments reveal spatially scaled landscape patterns driving coastal fish assemblages. *Marine environmental research*, 140, 210-220.
- Roberts, C.M., Ormond, R.F.G. (1987) Habitat complexity and coral reef fish diversity and abundance on Red Sea fringing reefs. *Mar Ecol Prog Ser*, 41, 1–8.
- 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.
- Rodriguez-Prieto, C., Ballesteros, E., Boisset, F., i Alfonso-Carrillo, J. (2013). *Guia de las macroalgas y fanerogamas marinas del Mediterraneo Occidental*. Ed. Omega.
- 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., 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., (2011). 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., 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. Agència Catalana de l'Aigua, Generalitat de Catalunya.
- Sala, E., Ballesteros, E., Dendrinis, P., Di Franco, A., Ferretti, F., Foley, D., ... i 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., Ribes, M., Hereu, B., Zabala, M., Alvà, V., Coma, R., i Garrabou, J. (1998). Temporal variability in abundance of the sea urchins *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula* in the northwestern Mediterranean: comparison between a marine reserve and an unprotected area. *Marine Ecology Progress Series*, 168, 135-145.
- 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., Romero J., Pérez M., Ortega, J., Casals, D., Rovira G. (2023). Seguiment de les praderies de posidònia i de les poblacions de nacs del Parc Natural de Cap de Creus i del 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. Pp 153-236 .
- Sartoretto, S., Schohn, T., Bianchi, C. N., Morri, C., Garrabou, J., Ballesteros, E., Ruitton, S., Verlaque, M., Daniel, B., Charbonnel, E., Blouet, S., David, R., Féral, J.-P., & Gatti, G. (2017). An integrated method to evaluate and monitor the conservation state of coralligenous habitats: The INDEX-COR approach. *Marine Pollution Bulletin*, 120(1), 222-231. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.05.020>.
- Schneider, D.C. (2001). The Rise of the concept of scale in ecology. *Bioscience* 51 (7): 545-554.
- Strain, E. M. A., Van Belzen, J., Van Dalen, J., Bouma, T. J., i Airolidi, L. (2015). Management of local stressors can improve the resilience of marine canopy algae to global stressors. *PLoS ONE*, 10(3), e0120837. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120837>
- Submon, Divulgació, estudi i conservació del medi marí (2011). Xarxa de vigilància de la qualitat dels herbassars de fanerògames marines: memòria 2008-2010. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural.
- Submon, Divulgació, estudi i conservació del medi marí (2013). Xarxa de vigilància de la qualitat dels herbassars de fanerògames marines: memòria 2013. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural.
- Thibaut, T., Bottin, L., Aurelle, D., Boudouresque, C. F., Blanfuné, A., Verlaque, M., ... i Millet, B. (2016). Connectivity of populations of the seaweed *Cystoseira amentacea* within the Bay of Marseille (Mediterranean Sea): genetic structure and hydrodynamic



connections. *Cryptogamie*, *Algologie*, 37(4), 233-255.
<https://doi.org/10.7872/crya/v37.iss4.2016.233>

- Thibaut, T., Pinedo, S., Torras, X., i Ballesteros, E. (2005). Long-term decline of the populations of Fucales (*Cystoseira spp.* and *Sargassum spp.*) in the Albères coast (France, North-western Mediterranean). *Marine pollution bulletin*, 50(12), 1472-1489.
- 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).
- 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.
- Verdura, J., Santamaría, J., Ballesteros, E., Smale, D. A., Cefali, M. E., Golo, R., ... i Cebrian, E. (2021). Local-scale climatic refugia offer sanctuary for a habitat-forming species during a marine heatwave. *Journal of Ecology*, 109(4), 1758-1773.
- Verlaque, M. (2010). Field methods to analyse the condition of Mediterranean *Lithophyllum byssoides* (Lamarck) Foslíe rims. *Scientific Reports of Port-Cros National Park*, 24, 185-196.
- Wangensteen, O. S., Dupont, S., Casties, I., Turon, X., i Palacín, C. (2013). Some like it hot: temperature and pH modulate larval development and settlement of the sea urchin *Arbacia lixula*. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 449, 304-311.
- Waycott, M., Duarte. C.M., Carruthers. T.J.B., Orth. R.J., Dennison. W.C., Olyarnik, S., ... i 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(30), 12377-12381.
- Wernberg, T., Bennett, S., Babcock, R. C., De Bettignies, T., Cure, K., Depczynski, M., ... i Wilson, S. (2016). Climate-driven regime shift of a temperate marine ecosystem. *Science*, 353(6295), 169-172.
- Yeager, L.A., Layman, C.A., Allgeier, J.E. (2011). Effects of habitat heterogeneity at multiple spatial scales on fish community assembly. *Oecologia* 167:157–68.
- 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.