

Seguiment de la biodiversitat marina als espais protegits de Catalunya: Parc Natural de Cap de Creus i Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter

Memòria 2022



UNIVERSITAT DE
BARCELONA



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



Parc Natural
de Cap de Creus



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 2022



UNIVERSITAT_{DE}
BARCELONA

Gestió i direcció del projecte:

Bernat HEREU¹

Cristina LINARES¹

Investigadors involucrats:

Eneko ASPILLAGA²

David CASALS¹

Toni García-Rubies

Nuria MARGARIT¹

Julia ORTEGA¹

Marta PÉREZ¹

Javier ROMERO¹

Graciela ROVIRA¹

Neus SANMARTÍ¹

Mikel Zabala

Yanis ZENTNER¹

1. Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, Universitat de Barcelona. Av. Diagonal 643, 08028 Barcelona
2. Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (IMEDEA, UIB-CSIC), C/ Miquel Marquès 21, 07190 Esporles, Illes Balears

Citar com:

Hereu, B., Ortega, J., Rovira, G., Aspillaga, E., Casals, D., García-Rubies, T., Pérez, M., Mascaró, O., Romero, J., Sanmartí, N., Margarit, N., Zabala, M., Zentner, Y., Linares, C. (2023). 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 2022. Generalitat de Catalunya. Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. 286 pp

Índex

Presentació	7
Introducció general.....	9
El Parc Natural de Cap de Creus.....	9
El Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter.....	10
El seguiment del patrimoni natural com a guia per a la seva conservació.....	11
Bibliografia	13
Seguiment de les poblacions de peixos vulnerables a l'activitat pesquera	15
Introducció	16
Material i mètodes.....	17
Estacions de mostreig.....	18
Metodologia d'estudi	19
Anàlisi de dades.....	23
Resultats.....	24
Parc Natural de Cap de Creus	25
Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter.....	55
Discussió	82
Parc Natural de Cap de Creus	83
Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter.....	86
Conclusions	88
Recomanacions	89
Bibliografia	90
Seguiment de les comunitats de peixos	93
Introducció	94
Material i mètodes.....	95
Disseny de mostreig	96
Anàlisi de les dades	99
Resultats.....	99

Parc Natural de Cap de Creus	99
Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter.....	115
Discussió	126
Bibliografia	129
Seguiment de les poblacions de grans decàpodes	133
Introducció	134
Material i mètodes.....	135
Estacions de mostreig.....	135
Metodologia d'estudi	138
Resultats	140
Parc Natural de Cap de Creus	140
Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter.....	142
Discussió	144
Parc Natural de Cap de Creus	144
Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter.....	145
Altres grans decàpodes	148
Conclusions	149
Parc Natural de Cap de Creus	149
Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter.....	149
Recomanacions per a la gestió.....	149
Bibliografia	150
Seguiment de les praderies de posidònia i de les poblacions de nacres.....	153
Introducció	154
Material i mètodes.....	157
Els herbeis de <i>Posidonia oceanica</i>	157
Estacions de mostreig.....	162
Descripció de campanyes tipus	166
Campanyes 2022.....	168
Anàlisi de dades.....	169
Resultats	170
PARC NATURAL DE CAP DE CREUS.....	170







<i>Avaluació qualitativa de les estacions</i>	170
<i>Avaluació quantitativa de les estacions</i>	188
<i>Les poblacions de nacres</i>	192
PARC NATURAL DEL MONTGRÍ, LES ILLES MEDES I EL BAIX TER.....	193
<i>Avaluació qualitativa de les estacions</i>	193
<i>Avaluació quantitativa de les estacions</i>	199
<i>Les poblacions de nacres</i>	203
Discussió	203
Aspectes metodològics	203
Valoració de l'estat actual de les praderies.....	205
El fondeig i altres pressions	221
Conclusions	223
Les praderies del Parc Natural de Cap de Creus.....	223
Les praderies del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter	224
Recomanacions	225
Aspectes generals	225
Praderies del Parc Natural de Cap de Creus	225
Gestió del fondeig.....	226
Les nacres	226
Bibliografia	227
Annex.....	231
Seguiment de comunitats i espècies sensibles al canvi climàtic.....	237
Introducció	238
Material i mètodes.....	240
Disseny de mostreig	240
Metodologia	243
Resultats	244
Parc Natural de Cap de Creus	245
Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter.....	255
Discussió	264
Bibliografia	267

Prospeccions del fons marí als Parcs Naturals del Cap de Creus i del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter.....	271
Introducció	272
Material i mètodes.....	273
Resultats	277
Discussió	282
Conclusions	284
Bibliografia	284

Presentació

Aquesta memòria recull els resultats del grup de treball del Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals de la Universitat de Barcelona relatiu al seguiment del medi marí al Parc Natural de Cap de Creus i al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter de l'any 2022, tal i com consta al plec de prescripcions amb expedient PTOP-2017-130 en compliment de la llei 19/1990 de 10 de desembre del Parlament de Catalunya, i amb les millores proposades a l'oferta tècnica homònima.

Els resultats dels treballs de camp tenen com a objectiu central l'avaluació de l'estat de les poblacions i dels hàbitats marins en relació tant amb les activitats humanes que es duen a terme als espais naturals estudiats com amb els factors ambientals. Així mateix s'analitza la seva evolució en el temps dels descriptors i s'intenta avaluar l'efecte de la protecció. El darrer objectiu és de detectar altres situacions de risc pel patrimoni natural com podrien ser l'arribada d'espècies alienes o invasores o bé els possibles efectes del canvi climàtic.

	Peixos vulnerables a l'activitat pesquera
	Comunitats de peixos
	Poblacions de grans decàpodes
	Praderies de Posidònia i poblacions de naces
	Comunitats sensibles al canvi climàtic
	Prospeccions del fons marí



Introducció general

Les àrees marines protegides són una eina de gestió fonamental arreu del món per fer front a la degradació creixent dels ecosistemes litorals. Tanmateix, es tracta d'experiències relativament recents (sobretot si es té en compte la dinàmica de les espècies més longeves que poden arribar a tenir centenars d'anys) per saber realment quin grau de recuperació dels ecosistemes marins protegits es pot assolir i quina és la millor forma de regular-ne els usos. A Catalunya, els espais naturals protegits són una peça clau del patrimoni natural del país i tenen un paper preeminent cara a la conservació dels espais marins litorals, on la seva gestió es coordina seguint les figures de protecció establertes a la Llei 12/1985. Els espais marins protegits a Catalunya es basen en una gestió adaptativa, que implica l'avaluació periòdica del patrimoni natural cara a determinar l'efecte de les mesures endegades en la seva evolució i, per tant, es basa en el projecte de seguiment del medi marí al Parc Natural de Cap de Creus i al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter que ha d'aportar tota la informació rellevant per guiar correctament la gestió de les espècies i hàbitats que es troben dins aquests Parcs.

Els Parcs Naturals del Cap de Creus i del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter i, concretament, les corresponents AMP, representen dues de les reserves marines més importants del litoral mediterrani. Salvant la singularitat, la comparació entre les illes Medes i la major part dels fons marins del cap de Creus amb qualsevol altre espai protegit és complexa, ateses les característiques especials d'aquests dos espais. La relació entre les mides de les àrees protegides, la quantitat del patrimoni natural present i la intensitat de les visites (sobretot en el cas de les illes Medes) determinen els trets característics de cadascun d'aquests espais. L'augment de la intensitat d'utilització per part de les diferents activitats humanes que es donen en aquests espais, i un coneixement, en molts casos, encara imprecís sobre el comportament dels ecosistemes marins, representen el principal perill de degradació del patrimoni natural d'aquests espais.

El Parc Natural de Cap de Creus

Des d'un punt de vista geomorfològic, el cap de Creus està format per granits i esquists, una estructura força diferent d'aquella que caracteritza la costa del Montgrí, típicament calcària. A nivell climàtic, l'exposició a la tramuntana determina un clima relativament fred (hi trobem les aigües superficials més fredes de tota la Mediterrània Occidental) i corrents molt fortes. Mitjançant el Decret 328/1992 l'espai natural de Cap de Creus va ser inclòs dins del Pla d'Espais d'Interès Natural (PEIN) segons disposava la Llei 12/1985 de 3 de juny. La protecció del Parc Natural de Cap de Creus arribà amb la Llei 4/1998 del 12 de març. L'àrea protegida s'estén des de la punta del Bol Nou, a cala Tamariua (Port de la Selva) fins a punta Falconera (Roses) amb l'exclusió de la badia de Cadaqués. Es tracta d'una zona marina protegida que conté tres zones, amb una amplitud que va des de les 0,2 fins les 1,3 milles mar endins, separades per extenses àrees amb menor protecció: Els Farallons (entre el Brescó i la punta dels tres Frares), el cap de Creus (entre l'illa del

Culleró i cala Jugadora) i el cap Norfeu. Finalment es creà una reserva natural integral marina al nord de l'illa de s'Encalladora.

Al Parc Natural de Cap de Creus, podem trobar diferents espais amb diferents nivells de protecció (Figura 1a): el Parc Natural (PN) on la pesca, inclosa la pesca submarina, està permesa amb poques limitacions; la Reserva Natural Parcial (RNP) on està permesa la pesca, tant professional com esportiva, però està prohibida la pesca submarina; i la Reserva Natural Integral (RNI) on es prohibeix qualsevol activitat, tant extractiva com no, incloent l'accés d'embarcacions i la immersió, a excepció de la immersió amb motius científics, i que requereix permís previ de l'Administració del Parc.

El Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter

El Montgrí és un massís calcari situat entre la badia de Pals i el Golf de Roses. Les illes Medes sorgeixen com a prolongació sud del massís i, tot i tenir una extensió força reduïda, són les illes més grans de tot el litoral català. La natura calcària del massís afavoreix la presència de coves submergides que augmenten la complexitat d'un espai ja per si mateix variegat. Les mesures de protecció a les Illes van entrar en vigor el 1983, amb una Ordre de la Generalitat de Catalunya que establia la Reserva Marina de les Illes Medes i que comportava restringir l'activitat. El 1985 una resolució establia normes de compliment obligatori a la zona vedada i el 1990 i la Llei 19/1990 va convertir-se en el marc jurídic de la protecció i conservació de la flora i fauna del fons marí de les illes Medes i del tros de costa del Montgrí, entre la roca del Molinet i la Punta Salines.

Finalment, El Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter es va crear per la Llei 15/2010, de 21 de maig de 2010, amb l'objectiu principal d'unificar la normativa de protecció dels tres espais que conformen el Parc Natural (massís del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter). En aquest espai protegit podem trobar diferents zones amb diferents nivells de protecció (Figura 1b): 1) la zona de Parc Natural (PN) a la costa del Montgrí entre la punta del Milà i la punta Salines, on la pesca, inclosa la pesca submarina és permesa; 2) la Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) que correspon al tram de costa entre punta Milà i punta del Molinet, on la pesca submarina és prohibida; i 3) la Reserva Natural Parcial (RNP), que comprèn les illes Medes, on no es permet cap tipus d'activitat pesquera. La normativa específica dels usos i activitats de la zona estan regulats pel Pla Rector d'Usos i Gestió recollit aprovat el 2008 (en el Decret 222/2008, d'11 de novembre, pel qual s'aprova el Pla rector d'ús i gestió de l'Àrea Protegida de les illes Medes), i que recentment ha estat modificat en els seus annexes 1 i 6 (ORDRE AAM/112/2015, de 30 d'abril). En aquesta nova normativa s'ha determinat la zona de l'illot del Medallot com a Zona de Control (ZC). D'aquesta manera, i per primer cop, es delimita una zona on s'hi anul·len els possibles efectes derivats de la pràctica del busseig i es regula el nombre de submarinistes segons el grau de fragilitat de les comunitats en les que s'hi desenvolupa aquesta activitat. Aquesta normativa preveu que aquest nombre pugui anar canviant al llarg del temps en funció de la informació que es vagi obtenint sobre l'estat de conservació es comunitats i l'impacte del submarinisme sobre els fons.

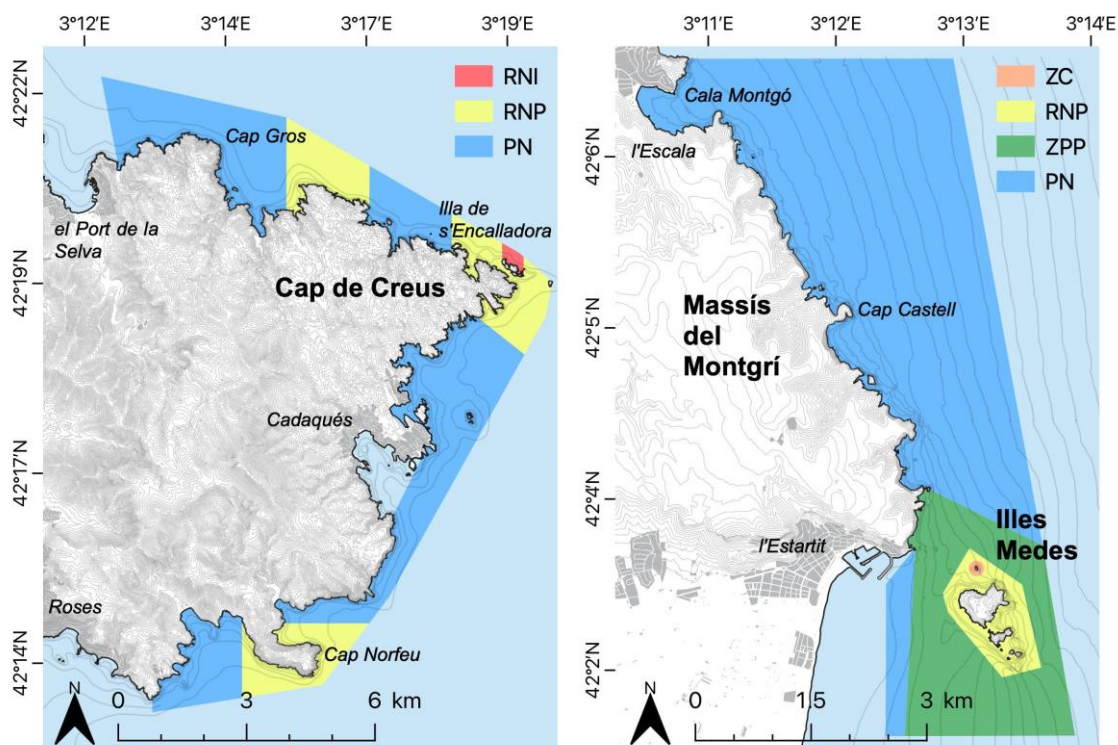


Figura 1. Localització i zonació de la part marina del Parc Natural de Cap de Creus i Parc Natural del Montgrí, Illes Medes i Baix Ter. Els colors indiquen els diferents graus de protecció. **PN:** zona de Parc Natural (blau), **RNP:** zona de Reserva Natural Parcial (groc), **ZPP:** Zona Perifèrica de Protecció (verd), **RNI:** zona de Reserva Natural Integral (vermell) i **ZC:** Zona de Control (taronja). Les coordenades estan referides al sistema Fus 31 del datum ETRS89.

El Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter i, en segon terme, el Parc del Cap de Creus han esdevingut uns atractius turístics de primer ordre en les darreres dècades. L'efecte del turisme que practica el busseig i, en menor grau, altres activitats recreatives, ha tingut cada cop un pes més important sobre l'economia dels municipis de les àrees en qüestió, fins al punt que, tot sovint, s'han prioritzat les necessitats econòmiques sobre la protecció del medi natural. En concret, la conservació del patrimoni natural de la Reserva de les Illes Medes, ha esdevingut un objectiu molt important no sols des d'una perspectiva conservacionista, sinó també des d'una perspectiva econòmica.

El seguiment del patrimoni natural com a guia per a la seva conservació

El primer pas necessari per la conservació d'un patrimoni natural és la seva catalogació. Aquest objectiu va ser parcialment assolit ja fa dues dècades amb l'edició del llibre *Els Sistemes Naturals de les Illes Medes*, publicat per l'Institut d'Estudis Catalans sota la iniciativa del nostre Departament (Ros *et al.* 1984). Però és important tenir en compte que aquest tipus de catàlegs no existeix per al Parc Natural de Cap de Creus. El segon pas és l'estudi de l'evolució d'aquest patrimoni per tal d'estimar si, al llarg del temps, hi ha una capitalització o bé una pèrdua de patrimoni. Per a aquest objectiu fa falta més informació detallada i una metodologia escaient per a la quantificació dels possibles canvis. Per aquesta raó el nostre grup de treball va desenvolupar metodologies

específiques per a la monitorització d'una sèrie de paràmetres que permetessin diagnosticar l'evolució del patrimoni natural.

Com és impossible a nivell logístic i econòmic plantejar un seguiment de totes les espècies i hàbitats marins litorals que trobem en aquests espais, els esforços s'han centrat des dels inicis en algunes espècies i hàbitats marins concrets. Molts d'aquests organismes són peces clau en el funcionament dels ecosistemes marins, per varies raons: són peces clau de la xarxa tròfica (per ex. són important preses o depredadors), han sigut o són l'objecte d'una pesca intensiva (per ex. les llagostes o corall vermell), constitueixen elements d'alt atractiu turístic (per ex. alguns grans peixos o les gorgònies), estan patint certa regressió per causes lligades al canvi climàtic (per ex. algunes espècies de cnidaris i d'algues), i, tot plegat, perquè són part del nostre patrimoni natural. Tots aquests valors tant ecològics, com econòmics, culturals, o estètics representen això que avui en dia s'anomenen serveis ecosistèmics. Els descriptors triats per a aquest seguiment intenten, justament, d'avaluar l'evolució patrimonial dels principals serveis ecosistèmics a les àrees protegides.

Des de l'any 1990, concretament, el seguiment es va centrar en una sèrie d'espècies seleccionades: el corall vermell, *Corallium rubrum*; la gorgònia vermella, *Paramuricea clavata*; la garota comuna, *Paracentrotus lividus*; la llagosta vermella, *Palinurus elephas*; el nero, *Epinephelus marginatus* i tres comunitats emblemàtiques: l'herbei de posidònia, coral-ligen i la ictiofauna, que varen servir de línia de base, o situació zero, per estudiar llur evolució posterior. Aquests estudis s'han anat ampliant amb altres descriptors, com els briozous o les comunitats algals, i el 2003 es van estendre al Parc Natural de Cap de Creus. Podem afirmar que la sèrie de dades acumulada des de 1990 és la més llarga obtinguda mai en un espai protegit submarí mediterrani, i ha estat presa com a model per altres espais protegits, òrgans gestors i associacions internacionals com MEDPAN.

La gran quantitat d'informació obtinguda sobre l'evolució de les espècies i comunitats indicadores han permès descriure les dinàmiques de les seves poblacions al llarg de tot aquest temps, pràcticament, d'any en any. Aquesta informació té un valor incalculable, d'una banda permet detectar canvis en les trajectòries poblacionals i estudiar-ne les possibles causes, i d'altra ens ajuda a conèixer com els diferents nivells de protecció influencien la dinàmica de les poblacions de nombroses espècies d'interès. A banda de les aplicacions òbvies cara a la gestió dels espais naturals com ara i per primera vegada a la Mediterrània, l'estudi de l'efecte d'erosió involuntària per part dels visitants subaquàtics de la fauna invertebrada fixada al fons (Sala *et al.* 1997; Garrabou *et al.* 1998; Coma *et al.* 2004; Linares *et al.* 2012) o l'aportació de criteris quantitius, tant per a la selecció dels llocs més idonis, com per a la delimitació de les intensitats d'ús que aquestes comunitats poden suportar, les recerques paral·leles estimulades pels seguiments han permès entendre millor la biologia i ecologia de les espècies i comunitats estudiades així com fer nombrosos descobriments de gran rellevància científica. A tall d'exemple, podem esmentar la descripció del cicle reproductor de la gorgònia *Paramuricea clavata* (Coma *et al.* 1995; Linares *et al.* 2008), el comportament reproductor i de la fresa del nero *Epinephelus marginatus* (Zabala *et al.* 1997a,b), el període i el microhàbitat d'assentament al fons de la llagosta *Palinurus elephas* (Díaz *et al.* 2001), o el desenvolupament de tècniques de restauració pel corall vermell *Corallium rubrum* (Montero-Serra *et al.* 2018). A més, el seguiment ha estimulat l'elaboració de tesis

doctorals, que entre d'altres temes, han abordat l'estudi dels factors que condicionen el desenvolupament de les poblacions de peixos (Garcia-Rubies, 1997), han permès desenvolupar un model de les interaccions entre algues, garotes i peixos (Sala, 1996; Hereu, 2004; Medrano 2020), el cicle biològic de les llagostes (Díaz, 2010) o descriure la dinàmica poblacional (Coma, 1994; Garrabou, 1997; Linares, 2006; Pages, 2020) i l'alimentació (Coma, 1994; Ribes, 1998) dels organismes dominants a les comunitats del coral·ligen. La informació resumida de tota la recerca realitzada aplicada a la gestió fruit del programa de seguiment va ser revisada el 2012 amb el llibre *El fons marí de les illes Medes i el Montgrí. Quatre dècades de recerca per a la conservació*, editat per la càtedra d'ecosistemes litorals Mediterranis, del Museu de la Mediterrània de Torroella de Montgrí (Hereu i Quintana, 2012).

A la present memòria es presenten els resultats del seguiment de 6 descriptors dels Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter i del Parc Natural de Cap de Creus. Aquests són: les poblacions de peixos vulnerables a la pesca, els grans decàpodes, les praderies de posidònia i les poblacions de nacres, les prospeccions del fons marí de la costa nord-est del Cap de Creus i les poblacions i comunitats sensibles al canvi climàtic. A més, enguany s'ha incorporat un nou descriptor, la comunitat de peixos, que inclou les espècies petites sense interès comercial, que pot aportar informació sobre els efectes de la pesca recreativa, els possibles canvis en aquesta comunitat degut al canvi climàtic, o a la detecció i seguiment d'espècies invasores al·lòctones. L'objectiu final d'aquest informe és avaluar l'estat actual d'aquestes poblacions i comunitats i en la mesura del possible incorporar aquestes dades a la sèrie temporal, per a conèixer la seva evolució, i així poder realitzar una correcta diagnosi de l'estat de conservació del patrimoni natural dins dels Parcs Naturals marins de Catalunya. Aquests resultats han de servir de guia per establir les mesures de gestió necessàries a realitzar dins del Parc Natural de Cap de Creus i el Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i Baix Ter per a realitzar una correcta gestió adaptativa en cadascun d'aquests espais protegits.

Bibliografia

- Coma, R. (1994). *Evaluación del balance energético de dos especies de cnidarios bentónicos*. Ph.D. Thesis, Universitat de Barcelona.
- 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., Zabala, M., Gili, JM. (1995b). Sexual reproductive effort in the Mediterranean gorgonian *Paramuricea clavata*. *Marine Ecology Progress Series*, 117: 185-192.
- Coma, R., Pola, E., Ribes, M., & Zabala, M. (2004). Long-term assessment of temperate octocoral mortality patterns, protected vs. Unprotected areas. *Ecological Applications*, 14(5), 1466-1478.
- Díaz, D. (2010). *Ecología i dinàmica de la fase juvenil de la langosta Palinurus elephas en el Mediterraneo noroccidental*. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona.

- Díaz D., Mari M., Abelló P., Demestre M. (2001) Settlement and juvenile habitat of the European spiny lobster *Palinurus elephas* (Crustacea : Decapoda : Palinuridae) in the western Mediterranean Sea. *Scientia Marina*, 65: 347–356
- Garcia-Rubies, A. (1997). Estudi ecològic de les poblacions de peixos litorals sobre substrat rocós a la Mediterrània Occidental: efectes de la fondària, el substrat, l'estacionalitat i la protecció. Tesi Doctoral. Universitat de Barcelona.
- Garrabou, J. (1997). Structure and dynamics of North-Western Mediterranean rocky benthic communities along a depth gradient: a Geographical Information System (GIS) approach. PhD Thesis, Barcelona, Spain.
- Garrabou, J., Sala, E., Arcas, A., Zabala, M. (1998). The impact of diving on rocky sublittoral communities: a case study of a bryozoan population. *Conservation Biology*, 12(2), 302-312.
- Hereu, B. (2004). The role of trophic interactions between fishes, sea urchins and algae in the northwest Mediterranean rocky infralittoral. PhD Thesis. Universitat de Barcelona.
- Hereu, B., Quintana, X. (2012). El fons marí de les illes Medes i el Montgrí: quatre dècades de recerca per a la conservació. Càtedra d'ecosistemes litorals mediterranis. Museu de la Mediterrània. ISBN: 2013-5939.
- Montero-Serra, I., Garrabou, J., Doak, D., Hereu, B., Ledoux, J.B., Linares, C. (2018). Accounting for life-history strategies and timescales in marine restoration. *Conservation letters*, 11(1), 1–9
- Linares, C. (2006). Population ecology and conservation of a long-lived marine species: the red gorgonian *Paramuricea clavata*. PhD. Departament d'Ecologia. Universitat de Barcelona.
- Linares, C., Coma, R., Mariani, S., Diaz, D., Hereu, B., Zabala, M. (2008). Early life history of the Mediterranean gorgonian *Paramuricea clavata*: implications for population dynamics. *Invertebrate Biology*, 127: 1-11
- Linares, C., Garrabou, J., Hereu, B., Diaz, D., Marschal, C., Sala, E., Zabala, M. (2012). Assessing the effectiveness of marine reserves on unsustainably harvested long-lived sessile invertebrates. *Conservation Biology*, 26(1), 88-96.
- Ribes, M. (1998). Feeding activity and diet of benthic suspension feeders related to metabolic requirements and seston composition. PhD thesis. Universitat de Barcelona.
- Ros, J.D., Olivella, I., Gili, J.M. (1984). Els sistemes naturals de les illes Medes. Institut d'Estudis Catalans, Arxius de la Secció de Ciències, LXXIII. Barcelona. 828.
- Sala, E. (1996). The role of fishes in the organization of a Mediterranean sublittoral community. Université d'Aix-Marseille 2.
- Sala, E., Garrabou, J., & Zabala, M. (1996). Effects of diver frequentation on Mediterranean sublittoral populations of the bryozoan *Pentapora fascialis*. *Marine Biology*, 126(3), 451-459.
- Zabala, M., Garcia-Rubies, A., Louisy, P., Sala E. (1997a). Spawning behavior 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) Sociobehavioral context of the reproduction in the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Scientia Marina*, 61: 79–98.

Seguiment de les poblacions de peixos vulnerables a l'activitat pesquera

Bernat Hereu, Graciela Rovira, Eneko Aspillaga, David Casals, Julia Ortega

- Les figures de protecció espacial són efectives només per a les espècies sedentàries, com el mero, corball, déntol, sarg imperial o càntera.
- Les espècies mòbils, com llobarros orades o espets no mostren signes de recuperació dins els Parcs Naturals degut a la seva mobilitat i pesca fora de les àrees de protecció

Parc Natural de Cap de Creus

- Les zones de RNP mostren una recuperació de l'abundància i biomassa de les espècies vulnerables sedentàries, especialment a la Massa d'Or, mentre que la resta d'estacions mostra densitats relativament baixes.
- La RNI mostra també una recuperació de les espècies vulnerables i sedentàries, assolint valors màxims de meros.
- Les zones de Parc Natural segueixen sense mostrar signes de recuperació, amb densitats i biomasses molt per sota de les zones més protegides.

Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter

- Els valors de densitat i biomassa de les espècies més sedentàries es mantenen dins el rang de valors dels anys anteriors, mostrant una certa estabilitat dins les zones protegides.
- La zona de ZPP del Montgrí segueix sense mostrar cap tipus de recuperació, segurament degut a la petita extensió d'habitats apropiats que cobreix aquesta zona i la seva connectivitat amb les zones de PN.
- Les zones de Parc Natural no mostren capacitat de recuperació, amb densitats i biomasses molt per sota de les zones protegides.

Aquest capítol ha de ser citat com:

Hereu, B., Rovira, G., Aspillaga, Casals, D., Ortega, J. (2023). Seguiment de les poblacions de peixos vulnerables a l'activitat pesquera. *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 2022*. Generalitat de Catalunya. Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. pp. 15-92.

Introducció

L'activitat pesquera és una de les principals fonts d'impactes sobre els ecosistemes marins (Halpern *et al.* 2004). Les poblacions de peixos, en especial les litorals, es troben sota una forta pressió d'explotació; moltes presenten els símptomes clàssics de la sobrepesca i algunes poden donar-se pràcticament com a desaparegudes (Dayton 1998; Jacksón *et al.* 2001). Aquesta situació és el resultat de milers d'anys d'explotació dels recursos, però s'ha vist agreujada durant l'últim segle pels avenços de la industrialització i la revolució tecnològica, que han permès la optimització dels mètodes de captura, no només de les pesqueries comercials, sinó també de les recreatives.

La pesca recreativa és una de les principals activitats d'oci que es practiquen en les àrees marines de la Mediterrània (Font i Lloret 2014), que està incrementant el nombre de practicants com a conseqüència de l'augment del turisme de costa i la popularització de la nàutica esportiva (Arlinghaus *et al.* 2015). Estudis recents demostren que la pesca esportiva pot explotar els recursos pesquers a nivells molt més elevats del que es pensava (Lloret *et al.* 2008, Font i Lloret 2014) i que pot arribar a generar efectes ecològics semblants als de la pesca comercial (Lewin *et al.* 2006). Entre les diferents modalitats dins la pesca recreativa, cal destacar la pesca submarina, possiblement la més selectiva de totes, que ha tingut una influència molt notable en l'enrarament d'algunes espècies concretes (Coll *et al.* 2004; Lloret *et al.* 2008).

Les espècies més afectades per l'activitat pesquera són les espècies dels nivells tròfics més alts (piscívors), que presenten talles grans, un creixement lent i un caràcter marcadament sedentari. Aquestes característiques fan que aquestes espècies siguin altament vulnerables, ja que redueixen la capacitat de recuperació de les seves poblacions en períodes de temps curts (Myers i Worm 2005). A més, altres peculiaritats biològiques també poden tenir un efecte negatiu, com per exemple el caràcter hermafrodita proterògina d'algunes espècies com el nero (*Epinephelus marginatus*). Les modalitats de pesca altament selectives, com la pesca submarina, estan dirigides a la captura dels individus més grossos, és a dir, els mascles. La desaparició dels grans mascles compromet seriosament la capacitat reproductiva de les poblacions, no només per la pèrdua directa d'efectius altament fèrtils, sinó també per la reducció de la talla a la qual ocorre el canvi de sexe, la qual cosa limita la talla màxima que poden assolir les femelles (Provost i Jensen 2015).

Per altre banda, la desaparició de certes espècies clau, com les espècies piscívores i carnívores de nivell tròfics superiors, pot generar efectes en cascada que poden alterar tot l'ecosistema (Estes *et al.* 2011). Un exemple clar a la Mediterrània és la formació de blancalls, paisatges empobrits i menys productius, generats per la sobrepastura per part d'herbívors (principalment garotes), derivada de la desaparició dels seus principals depredadors, els peixos (Sala *et al.* 1998).

Les reserves marines constitueixen la principal eina de gestió per afrontar l'efecte de la sobrepesca sobre les poblacions de peixos litorals. En l'actualitat, l'efectivitat d'aquestes figures de protecció per a recuperar les densitats i biomasses de les espècies explotades es pot considerar plenament demostrada (Guidetti i Sala 2007; Roberts *et al.* 2018). En molts casos, l'existència de reserves marines ha permès la recuperació de poblacions funcionals i plenament reproductores, com és el cas del nero a les illes Medes (Zabala *et al.* 1997a, 1997b). No obstant, no totes les reserves que s'han establert han estat igual d'efectives (Sala *et al.* 2012). Hi ha diversos factors que condicionen l'efectivitat de les reserves marines, sent els principals la mida (en relació al moviment de les

espècies objectiu), la presència d'hàbitats essencials per a les espècies, l'aïllament respecte a les zones a on es pesca i el grau de vigilància implementat (Edgar *et al.* 2014).

Els seguiments temporals de les poblacions protegides és primordial per tal d'avaluar l'eficàcia de les mesures de gestió i assegurar que compleixen els objectius desitjats d'una manera complementària i sostenible. Així, els seguiments temporals a llarg termini són una referència de primer ordre, ja que permeten controlar els possibles canvis en les poblacions causats per agents externs, ja siguin d'origen humà (e.g. episodis de furtivisme, aparició d'espècies invasores, canvi climàtic) o natural (e.g. temporals, malalties). A més, aquests estudis realitzats a llarg termini permeten establir les capacitats de càrrega dels ecosistemes i conèixer el potencial de cada zona per a generar biomassa de peixos en funció de les seves característiques ambientals (Coll *et al.* 2013; García-Rubies *et al.* 2013).

La Costa Brava, i especialment el Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix i el Parc Natural de Cap de Creus, presenten un fons d'una morfologia molt variada que ofereix una gran riquesa d'hàbitats i una elevada biodiversitat. L'explotació continuada d'aquests indrets, tant des del punt de vista pesquer com del turístic, ha deixat una empremta important sobre els peixos, i moltes poblacions es troben actualment sobreexplotades. Malgrat tot, la recuperació d'algunes espècies de peixos tan emblemàtiques com el nero a les zones més protegides, evidencia que la recuperació d'aquestes poblacions és possible mitjançant la posada en pràctica de mesures de protecció.

L'objectiu d'aquest seguiment és la caracterització demogràfica, en termes de densitats i biomassa, de les poblacions de peixos considerats com a vulnerables al Parc Natural de Cap de Creus i al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Aquests objectius, així com la metodologia emprada, romanen iguals des de l'inici del seguiment de la Reserva Marina de les Illes Medes ara fa més de 27 anys. Les dades que aquí es presenten són un bon punt de referència, tant per a veure l'evolució natural d'aquestes espècies en les zones d'estudi, com de cara a documentar efectes no desitjats de les activitats humanes, com possibles episodis de furtivisme.

Material i mètodes

El seguiment de peixos vulnerables a l'activitat pesquera es realitza mitjançant censos visuals amb escafandre autònom (Harmelin-Vivien *et al.* 1985), seguint la mateixa metodologia que s'ha fet servir des de l'inici del seguiment de les Reserva Marines de les Illes Medes i el Cap de Creus (García-Rubies *et al.* 1991-2008; Hereu *et al.* 2014, 2016). El seguiment es centra en les espècies de peixos considerades com altament vulnerables (Figura 1) i moderadament vulnerables (Figura 2) a l'activitat pesquera, així com en altres espècies d'interès, principalment grans piscívors, que poden aparèixer esporàdicament a l'àrea d'estudi.

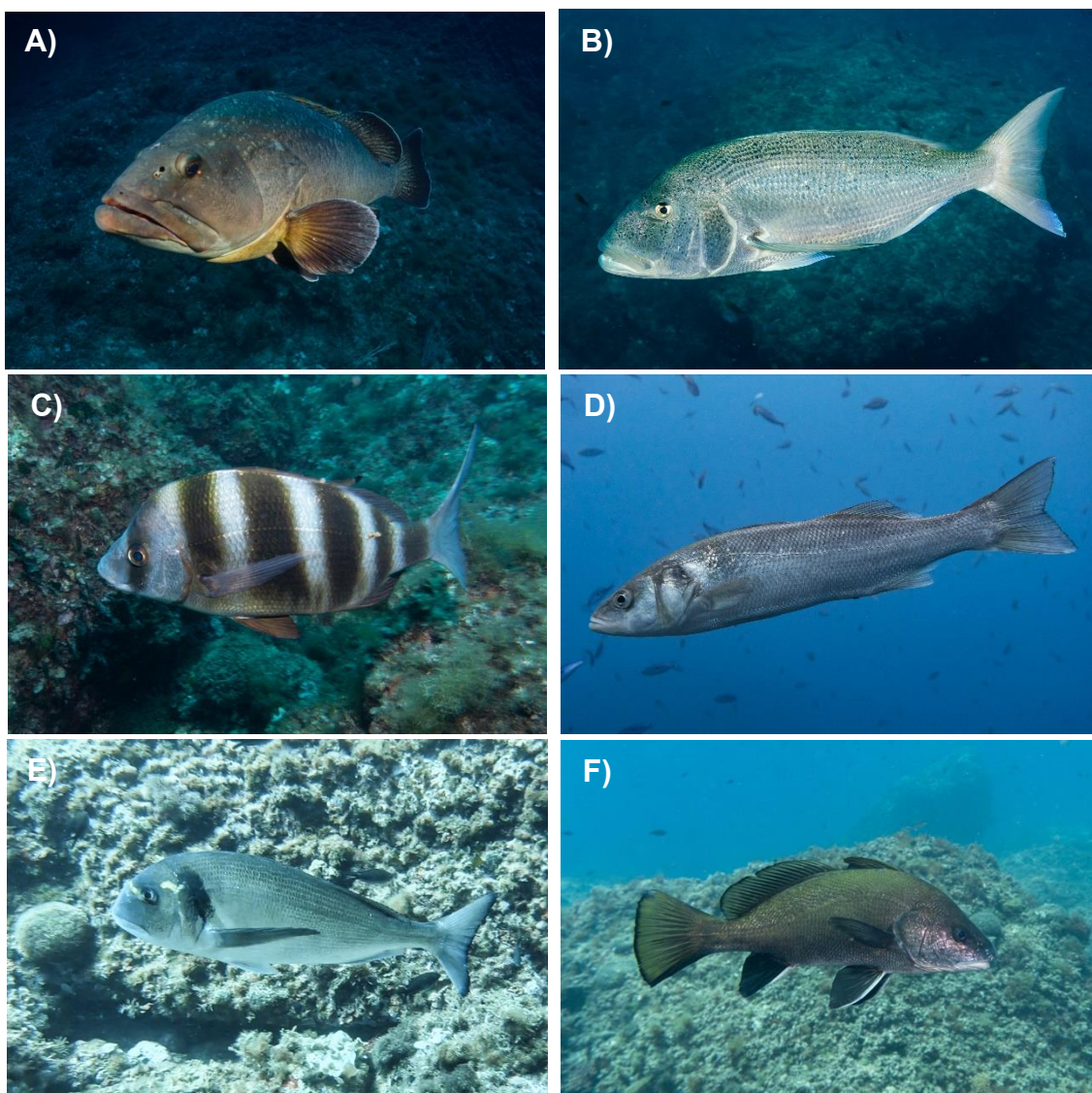


Figura 1. Principals espècies altament vulnerables a la pesca objecte d'aquest estudi. **A)** Nero (*Epinephelus marginatus*); **B)** dentol (*Dentex dentex*); **C)** sarg imperial (*Diplodus cervinus*); **D)** llobarro (*Dicentrarchus labrax*), **E)** orada (*Sparus aurata*); **F)** corball, (*Sciaeaena umbra*).

Estacions de mostreig

Al Parc Natural de Cap de Creus es varen monitoritzar un total de 8 estacions, 1 a la Reserva Natural Integral (RNI), 4 dins de les Reserves Naturals Parcials (RNP) i 3 estacions a la zona de Parc Natural (PN) (Taula 1, Figura 3). Al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter es varen monitoritzar 14 estacions, 1 a la Zona de Control (ZC) del Medallot, 6 a la RNP, 2 a la Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i 5 a la zona de PN (Taula 1, Figura 4).

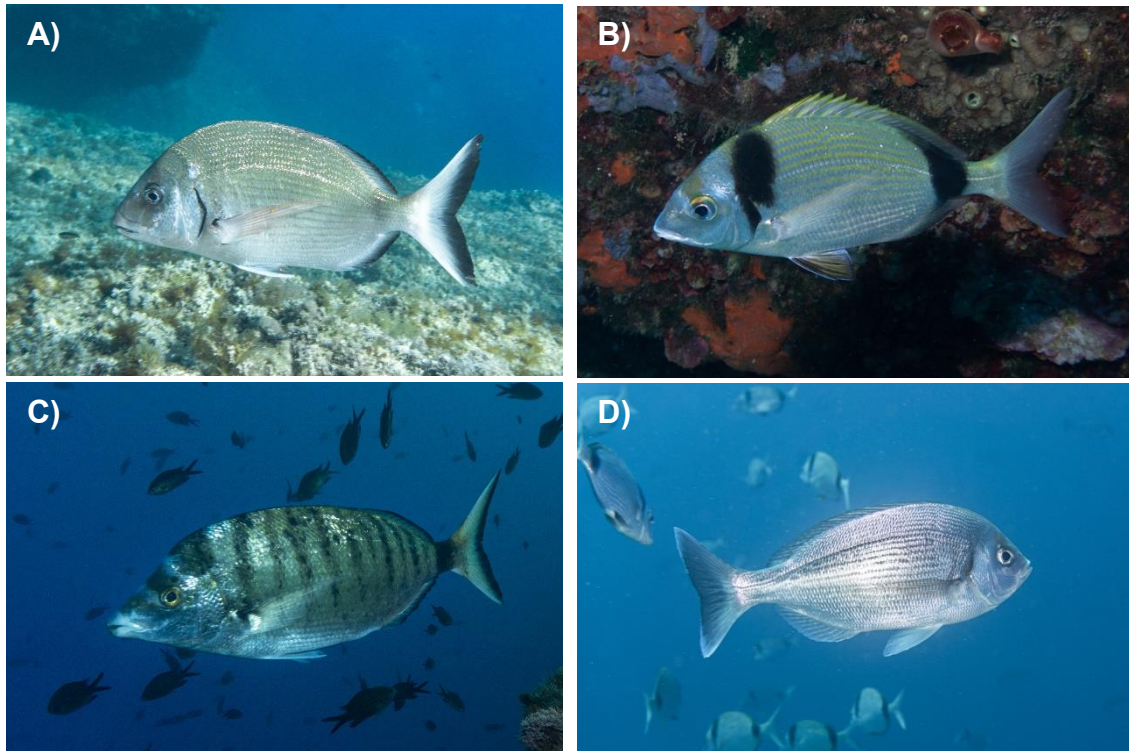


Figura 2. Espècies mitjanament vulnerables a la pesca considerades en aquest estudi. **A)** sarg comú (*Diplodus sargus*); **B)** variada (*Diplodus vulgaris*); **C)** morruda (*Diplodus puntazzo*); **D)** càntara (*Spondyliosoma cantharus*).

Metodologia d'estudi

El censos es realitzen sobre transectes llargs, entre 450 i 700 m de llargada, paral·lels a la costa a una fondària de 15-20 m. Els transectes es divideixen en trams consecutius de 5 minuts, en els quals els bussejadors naden a una velocitat constant per a recórrer uns 50 m de longitud. Al llarg d'aquests trams, s'identifiquen i comptabilitzen tots els individus de les espècies objecte d'estudi (Taula 1) que es troben dins d'una amplada de 10 m (5 m a cada banda del recorregut del submarinista), aconseguint així rèpliques corresponents a una superfície mostrejada de 500 m². Aquesta metodologia ens permet explorar un espai prou extens com per a poder observar, de manera significativa, les espècies més vulnerables, que poden ser difícils d'observar en àrees no protegides. La talla aproximada de tots els individus comptabilitzats s'estima de manera visual, en classes de talla de 2 cm per als individus més petits (< 40 cm) i classes de 5 cm per a les espècies que assolixen talles més grans (> 40 cm).

Durant cada tram de 5 minuts, també s'apunten les principals variables ambientals que poden influir en l'abundància dels peixos objectes d'estudi: la fondària mitja, el tipus de substrat, la rugositat i el pendent. El tipus de substrat consisteix en la proporció aproximada de les tipologies principals de substrat: grans blocs (diàmetres superiors a 2 m), blocs mitjans (1–2 m de diàmetre), blocs petits (< 1 m de diàmetre), roca base, sorra i praderia de *Posidonia oceanica*. La rugositat del fons (*sensu* Lukhurst i Lukhurst 1978) s'estima de manera visual establint-se una escala de 4 graus; 1: fons plans sense esclatxes i anfractuositats aparents; 2: fons amb variacions verticals poc importants (menors de 2 m), amb poques esclatxes i anfractuositats; 3: fons amb esclatxes i

anfractuositats de certa entitat, ocupant almenys un 25% de la longitud total del transecte; 4: fons altament rugosos, amb esclerxes i anfractuositats importants, més grans que la mida d'un submarinista. Finalment, la pendent de cada tram del transecte també s'estima en base a una escala de l'1 al 4; 1: pendents entre 0° i 30°; 2: de 30° a 60°; 3: de 60° a 90°; 4: > 90° (superfícies extraplomades).

Taula 1. Estacions de mostreig de peixos vulnerables a la pesca de l'any 2022. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP); Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN).

Parc	Prot	Estació	Codi estació	Rang fondària (m)	N trams	N rèpliques	Llargada approx. (m)	Data
Cap de Creus	RNI	Encalladora	ENCALL	12 - 18	8	2	570	2022-07-21
		Tres Frares	TFRAR	10 - 16	8	2	623	2022-07-21
	RNP	Culip	CULIP	8 - 16	8	2	481	2022-07-21
		Massa d'Or	MASSA	8 - 18	10	2	770	2022-07-22
		Cap Norfeu	CNORF	14 - 22	9	2	564	2022-07-20
		Portaló	PORTA	11 - 18	8	2	470	2022-07-21
	PN	Illa Messina	MESSI	6 - 20	9	2	782	2022-07-22
		Pta. Figuera	PFIG	12 - 21	8	2	638	2022-07-20
	Medes i Montgrí	ZC	Medallot	MED	10 - 26	6	2	345
		Carall Bernat	TPCB	6 - 17	9	2	538	2022-07-28
		Ferranelles	FETG	8 - 20	9	2	594	2022-07-28
RNP		Meda Petita	MP	8 - 18	10	2	621	2022-07-29
		Meda Petita Sud	MPS	8 - 18	10	1	621	2022-07-12
		Meda Gran 1	ICV	10 - 24	11	2	527	2022-07-28
		Meda Gran 2	SCV	11 - 18	10	2	674	2022-07-25
ZPP		Molinet	ARQMOL	10 - 21	9	2	574	2022-07-14
		Arquets	PSALARQ	12 - 22	8	2	471	2022-07-14
		Dui	FALDUI	9 - 18	8	2	570	2022-07-14
PN		Falaguer	ROSFAL	12 - 26	10	2	664	2022-07-14
		Cala Ferriol	FERRI	12 - 19	8	2	523	2022-07-28
		Pta. del Milà	MILA	11 - 17	8	2	503	2022-07-25
	Morisca	PAMO	13.19	8	2	596	2022-07-28	

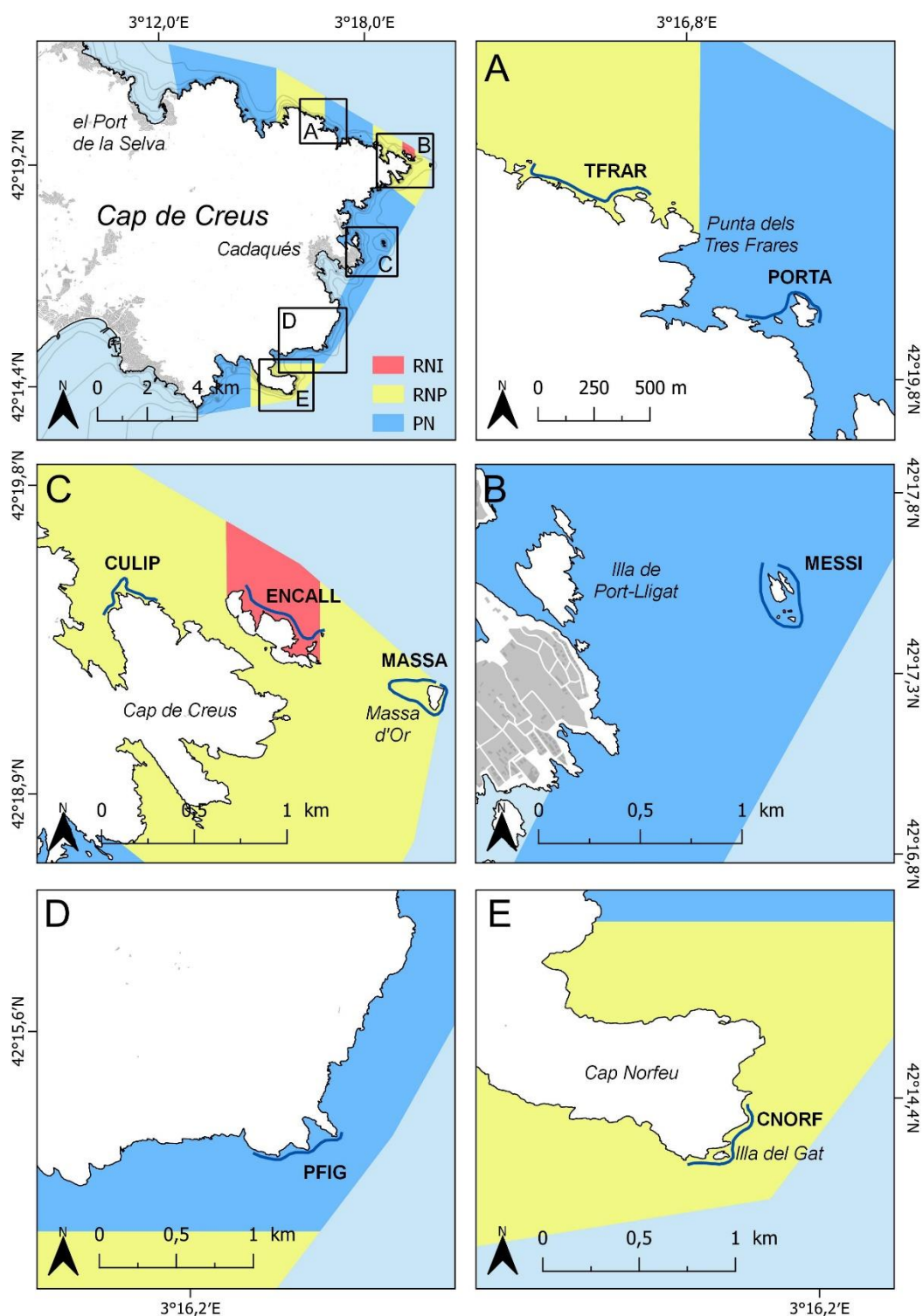


Figura 3. Estacions de mostreig (transsectes) de peixos vulnerables a l'activat pesquera al Parc Natural de Cap de Creus de l'any 2022. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

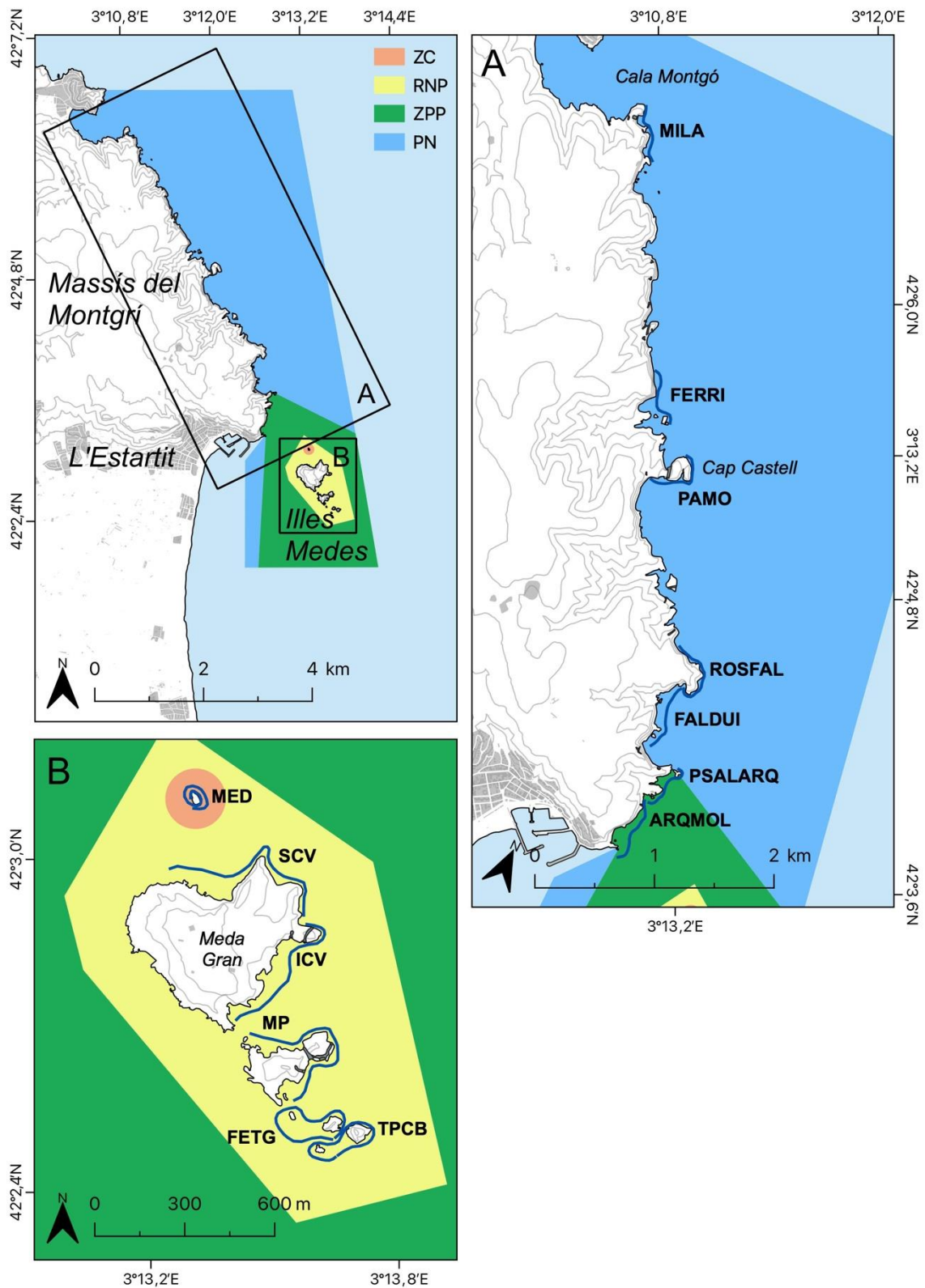


Figura 4. Estacions de mostreig (transsectes) de peixos vulnerables a l'activat pesquera al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter de l'any 2022. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN).

Amb la finalitat de reduir la possible variabilitat que pugui haver degut a les condicions ambientals trobades cada dia de mostreig, els transectes més representatius de cada zona han estat replicats en dies diferents (Taula 1). Tot i no estar determinat al plec de prescripcions tècniques, és important comparar i integrar en els anàlisis de dades els censos de dies diferents per a obtenir resultats consistents.

Tots els transectes han estat filmats amb una càmera submarina GoPro4© pels 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.

Anàlisi de 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 les densitats i biomasses mitjanes de cada espècie per a cada estació i nivell de protecció. Les diferències entre estacions i nivells de protecció es varen testar utilitzant un model lineal generalitzat (GLM), assumint una distribució de "quasipoisson" i un posterior test de Tukey.

Per a analitzar si hi havia diferències qualitatives importants entre els graus de protecció es va fer un anàlisi multivariant de coordenades principals (PCoA) i de similituds (ANOSIM), utilitzant l'abundància de totes les espècies censades a cada tram dins dels transectes. Posteriorment, per tal de veure quines espècies eren les responsables principals de les diferències observades, es va fer un anàlisi de percentatge de similituds (SIMPER). Finalment, també es va realitzar un anàlisi de redundància basat en distàncies (RDA) per a testar l'efecte del substrat sobre la composició de la comunitat de peixos a cada estació, utilitzant com a variables la fondària, pendent, rugositat i el percentatge de cada tipologia d'habitat.

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

Aquest any s'han observat 19 espècies al Parc Natural de Cap de Creus i 26 al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter (Taula 2). Aquestes espècies corresponen a les espècies altament i moderadament vulnerables a l'activitat pesquera, així com a altres espècies de grans piscívors o d'interès particular.

Taula 2. Llista d'espècies, ordenades alfabèticament, que han estat observades durant els censos de l'any 2022 a les dues àrees d'estudi, el Parc Natural de Cap de Creus i el Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. La columna "Vulnerabilitat" indica les espècies que han estat considerades als posteriors anàlisi com alta i moderadament vulnerables a la pesca, i l'asterisc assenyalava les espècies considerades com a grans piscívors.

Espècie	Vulnerabilitat	Cap de Creus	Medes i Montgrí
<i>Chelon labrosus</i>		-	+
<i>Dasyatis pastinaca</i>		+	+
<i>Dentex dentex*</i>	Alta	+	+
<i>Dicentrarchus labrax*</i>	Alta	+	-
<i>Diplodus annularis</i>		-	+
<i>Diplodus cervinus</i>	Alta	+	+
<i>Diplodus puntazzo</i>	Moderada	+	+
<i>Diplodus sargus</i>	Moderada	+	+
<i>Diplodus vulgaris</i>	Moderada	+	+
<i>Epinephelus costae</i>		-	-
<i>Epinephelus marginatus*</i>	Alta	+	+
<i>Labrus merula</i>		+	+
<i>Labrus mixtus</i>		-	+
<i>Labrus viridis</i>		+	+
<i>Muraena helena</i>		+	+
<i>Mycteroperca rubra*</i>	Alta	+	+
<i>Myliobatis aquila</i>		+	+
<i>Pagrus erythrinus</i>		-	+
<i>Pagrus pagrus</i>		+	+
<i>Phycis phycis</i>		-	+
<i>Raja undulata</i>		-	+
<i>Sarpa salpa</i>		+	+
<i>Sciaena umbra</i>	Alta	+	+
<i>Scorpaena porcus</i>		-	-
<i>Seriola dumerilii*</i>		-	+
<i>Sparus aurata</i>	Alta	+	+
<i>Sphyrna viridensis*</i>	Moderada	+	+
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	Moderada	+	+
TOTAL		19	26

Parc Natural de Cap de Creus

Patró general

El nombre d'espècies trobades varia poc entre les estacions mostrejades al Parc Natural de Cap de Creus. Destaquen, però, dues estacions: d'una banda Massa d'Or (RNP), amb el major nombre d'espècies trobades (6 espècies/500 m²), i Messina (PN), amb el menor (aproximadament 3 espècies/500 m²). Culip, Cap Norfeu, Punta Figuera i Encalladora presenten uns valors similars, al voltant de 5 espècies/500 m². L'anàlisi per grau de protecció mostra que no hi ha diferències significatives amb el nombre d'espècies entre les dues zones amb major grau de protecció (RNI i RNP), però sí que n'hi ha amb la zona de Parc Natural (Figura 5).

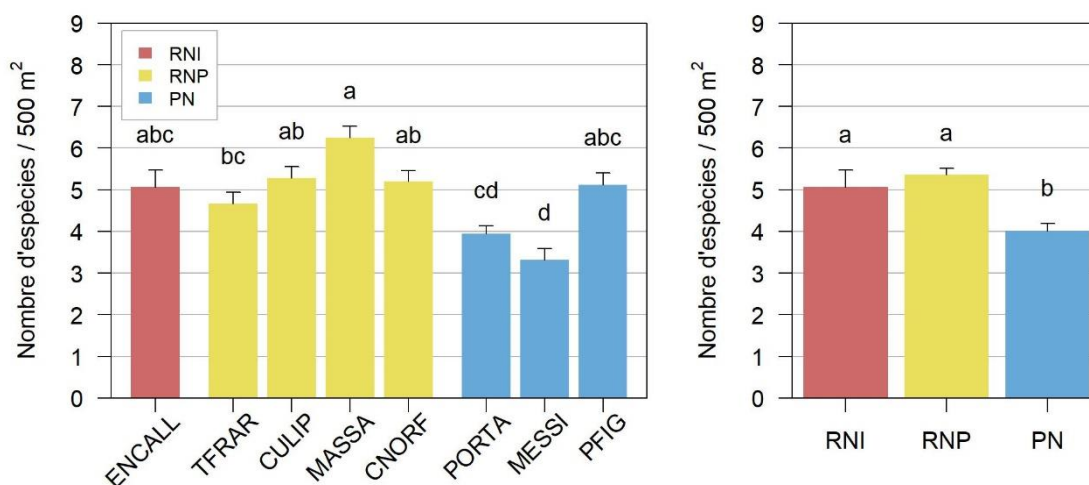


Figura 5. Nombre d'espècies observades (mitjana ± error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p -valor < 0,01) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

La biomassa total d'espècies altament vulnerables presenta diferències significatives entre les estacions mostrejades. Destaquen les estacions de Massa d'Or (RNP) i Encalladora (RNI), amb una major biomassa d'aquest grup d'espècies degut, principalment, a la forta presència de meros (*E. marginatus*) en aquestes dues localitats. La resta d'estacions de la zona de RNP (Tres Frares, Culip i Cap Norfeu) queden molt per sota d'aquests valors, però les estacions de PN encara presenten valors més baixos. Això queda palès en l'anàlisi per grau de protecció, on les zones de RNI i RNP no mostren diferències significatives entre elles, però sí amb PN, on els valors de biomassa són pràcticament nuls (Figura 6).

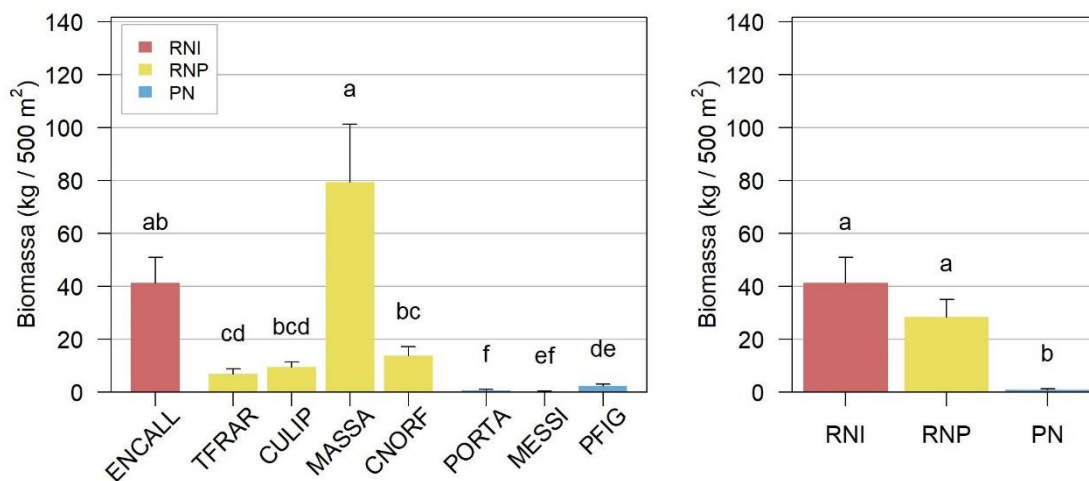


Figura 6. Biomassa total d'espècies altament vulnerables a la pesca (mitjana \pm error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p -valor $< 0,01$) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

Enguany s'han observat una recuperació molt significativa en la biomassa d'espècies altament vulnerables respecte el 2020 en els graus de protecció més elevats (RNI i RNP), però no en la zona de PN. Destaca especialment la zona de RNI (Encalladora), ja que en el mostreig anterior els valors estaven al voltant de 5 kg/500 m² i enguany el valor mig és superior a 40 kg/500 m², assolint els valors màxims històrics. A la zona de RNP s'observa un augment respecte el 2020, en que es varen enregistrar valors especialment baixos (uns 10 kg/500 m²), assolint valors als anys previs (2014 a 2018), al voltant dels 30 kg/500 m²). La zona de PN presenta uns valors al voltant de 0, mostrant així una molt baixa abundància d'espècies altament vulnerables a la pesca (Figura 7).

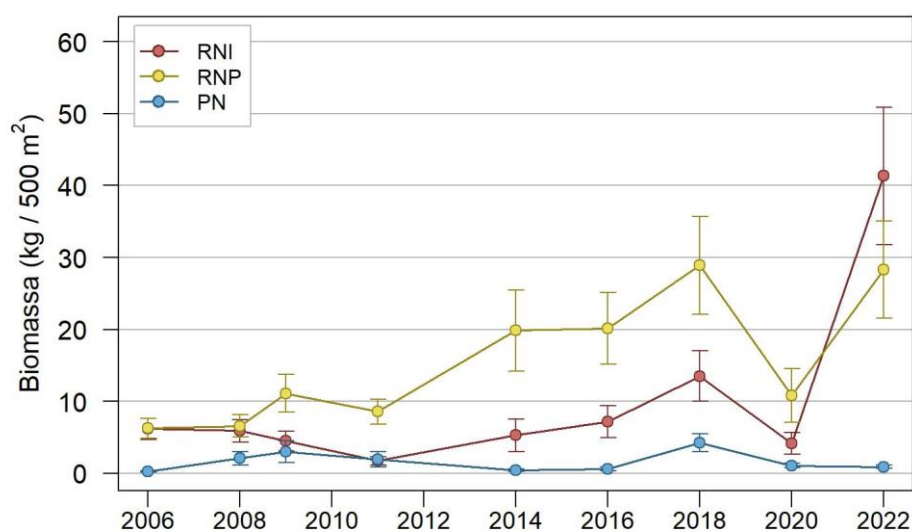


Figura 7. Evolució temporal de la biomassa total d'espècies altament vulnerables a la pesca (mitjana \pm error estàndard) per grau de protecció al llarg dels anys de seguiment del Parc Natural de Cap de Creus. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

Fixant-nos únicament en les espècies piscívores (Taula 2), el patró és molt similar a totes les espècies altament vulnerables, on destaca especialment la Massa d'Or, seguidament de l'Encalladora. Aquestes dues estacions enguany han presentat valors molt elevats de meros (*E. marginatus*), tot i que a la Massa d'Or també en destaca la presència d'espets (*S. viridensis*), que fa que la biomassa de piscívors augmenti encara més. Dins de PN, la Messina presenta valors més elevats respecte les altres estacions de PN, degut també a la presència d'espets. Pel que fa a l'anàlisi per grau de protecció, les zones de RNI i RNP no presenten diferències significatives entre elles, però sí amb la zona de PN, que presenta una biomassa més baixa d'espècies piscívores (Figura 8).

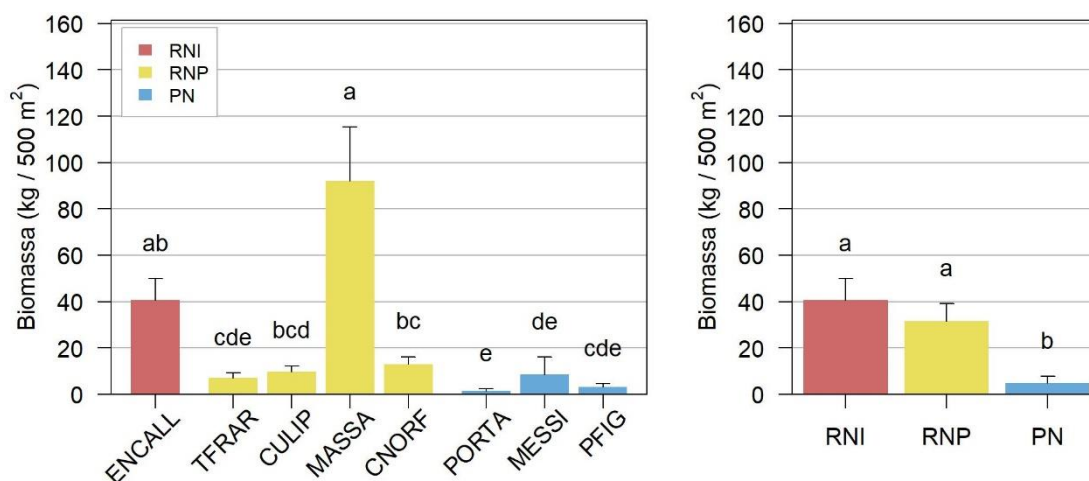


Figura 8. Biomassa total d'espècies piscívores (mitjana \pm error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p -valor $< 0,01$) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

L'evolució temporal d'espècies piscívores mostra variabilitat entre els graus de protecció. D'una banda, a la zona de RNI s'observa un augment mai vist anteriorment: el 2018 mostrava un valor d'uns 25 kg/500 m², el més alt en tots els anys de mostreig, però aquest va caure a uns 5 kg/500 m² el 2020; enguany, però, se supera la biomassa de fa 4 anys, arribant a 40 kg/500 m². Això és degut, com ja s'ha dit abans, a la quantitat de meros observats. D'altra banda, la zona de RNP presenta valors més elevats que el 2020, any en el que va arribar a valors molt baixos en comparació al pic del 2016. Aquest 2022 trobem un valor d'uns 30 kg/500 m² en aquesta zona, el doble que el mostreig anterior; això també és degut a l'elevada presència de meros i espets, sobretot a l'estació de la Massa d'Or. Pel que fa a la zona de PN s'observa una disminució d'espècies piscívores des del 2018, amb valors per sota 10 kg/500 m² (Figura 9).

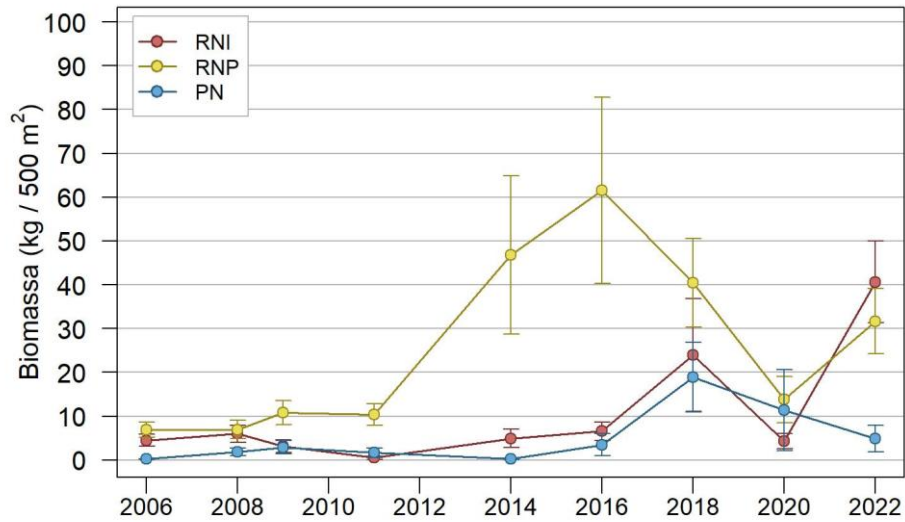


Figura 9. Evolució temporal de la biomassa total d'espècies piscívores (mitjana \pm error estàndard) per grau de protecció al llarg dels anys de seguiment del Parc Natural de Cap de Creus. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

Espècies altament vulnerables

Epinephelus marginatus

Com ja s'ha vist en informes d'anys anteriors, el nero és una espècie amb una distribució heterogènia que varia molt entre les diferents estacions mostrejades. La Massa d'Or (RNP), com cada any, és l'estació amb els valors de densitat i biomassa més elevats amb diferència. Malgrat que s'observa una elevada variabilitat, deguda a que aquesta espècie és molt territorial i es pot trobar agrupada en certs trams del recorregut, com ara a les barres entre aquesta illa i l'Encalladora, enguany se n'ha trobat en tots els trams del transecte. Una altra estació que aquest any ha destacat per l'elevada densitat de meros ha estat l'Encalladora. Tot el contrari passa a les estacions de la zona de PN, on s'han trobat valors molt baixos d'aquesta espècie, sent nuls a Portaló, o pràcticament nuls a Messina i Punta Figuera, on només s'hi ha observat un individu a cada estació. Aquestes diferències es mostren també en els anàlisis per grau de protecció, on hi ha una diferència clara entre les zones més protegides a la pesca (RNI i RNP), que no mostren diferències entre elles, i la zona de PN (Figura 10).

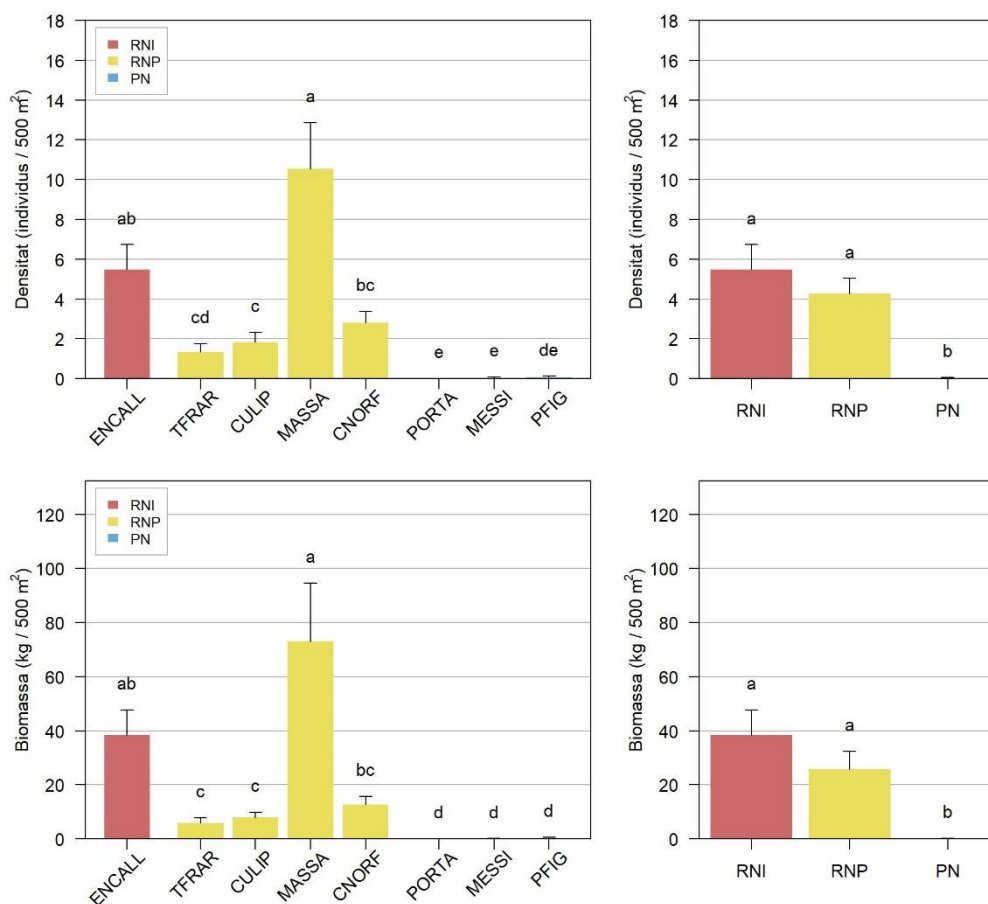


Figura 10. Densitat (dalt) i biomassa (baix) de nero (*Epinephelus marginatus*) (mitjana ± error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p -valor < 0,01) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

Les zones de RNI i RNP són les úniques amb les que es pot fer una estructura de talles degut a que són les que presenten un nombre d'individus suficientment gran. En aquestes dues zones es pot veure una estructura de talles unimodal amb la major proporció d'individus en les talles de 60 i 70 cm en el cas de la zona de RNI, i entre 50 i 60 cm a la de RNP. A més, la talla més gran que trobem a la zona de RNI és de 110 cm, mentre que a la de RNP és de 120 cm, tot i que ambdues en baixes proporcions. A la zona de RNI s'ha trobat un individu de 18 cm, el més petit de tot el mostreig, mentre que la talla més petita trobada a la zona de RNP és de 30 cm. Pel que fa a la zona de PN només s'han trobat dos individus de mero, un de 40 cm i l'altre de 60 cm (Figura 11).

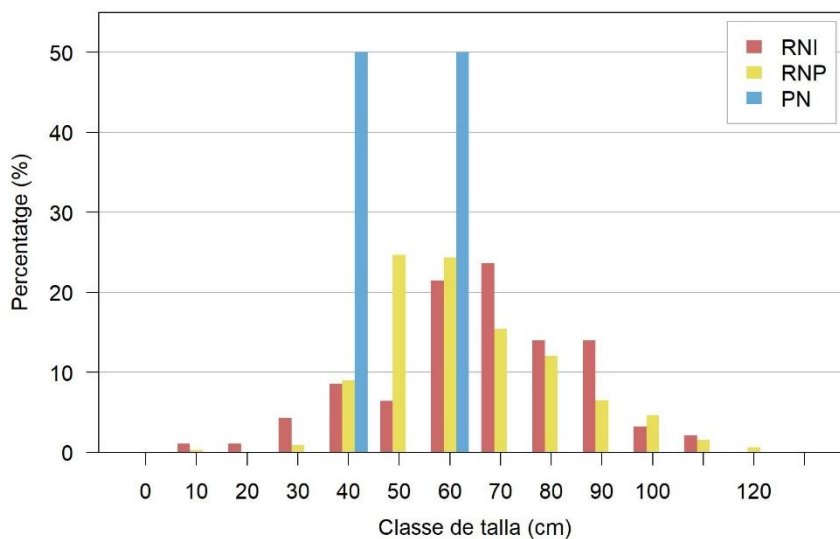


Figura 11. Estructures de talles de nero (*Epinephelus marginatus*) observades als diferents graus de protecció del Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022. La barra de la zona PN correspon a dos individus observats a l'estació de Punta Figuera. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI; n=93), Reserva Natural Parcial (RNP; n=324) i Parc Natural (PN; n=2).

A l'evolució temporal del nero s'observa com el 2020 hi va haver una caiguda tant de densitat com de biomassa a les zones de RNI i RNP que situava les poblacions d'aquesta espècie a valors anteriors al 2014. Malgrat aquesta disminució, enguany els valors de densitat i biomassa han augmentat de nou en aquestes dues zones. D'una banda, a la zona de RNI (Encalladora) s'observa un augment mai vist abans, amb una densitat mitja de 5 individus/500 m², sent el 2020 inferior a 1 individu/500 m². D'altra banda, la caiguda del 2020 a la zona de RNP s'ha restablert aquest any, recuperant els valors tant de densitat com de biomassa anteriors a aquell any, inclús per sobre (tot i que no significativament). La zona de PN continua presentant valors pràcticament nuls (Figura 12).

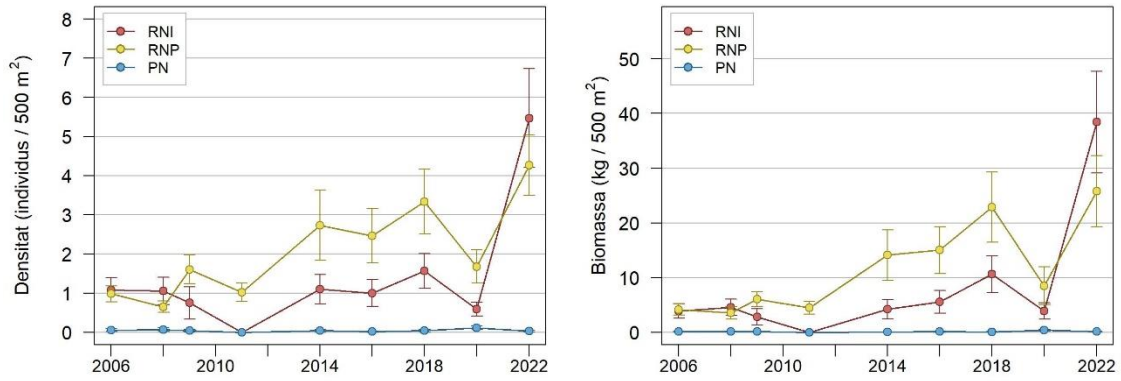


Figura 12. Evolució temporal de la densitat (esquerra) i biomassa (dreta) de nero (*Epinephelus marginatus*) (mitjana \pm error estàndard) per grau de protecció al llarg dels anys de seguiment del Parc Natural de Cap de Creus. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

Dentex dentex

Pel que fa a la densitat, el déntol no presenta diferències significatives entre les estacions. Si bé hi ha estacions amb una densitat mitjana més alta que altres, l'alta variabilitat dins de cada transecte fa que aquestes diferències no siguin significatives. A més, les densitats que es troben són força baixes, sent el valor mig més alt de poc més de 1 individu/500 m². Tot i això, la biomassa sí que presenta algunes diferències significatives entre estacions, sent la Massa d'Or la que presenta un valor més elevat i la Messina el menor valor. Tot i aquestes diferències, en el global dels anàlisis per grau de protecció no trobem diferències significatives ni en densitats ni en biomassa (Figura 13).

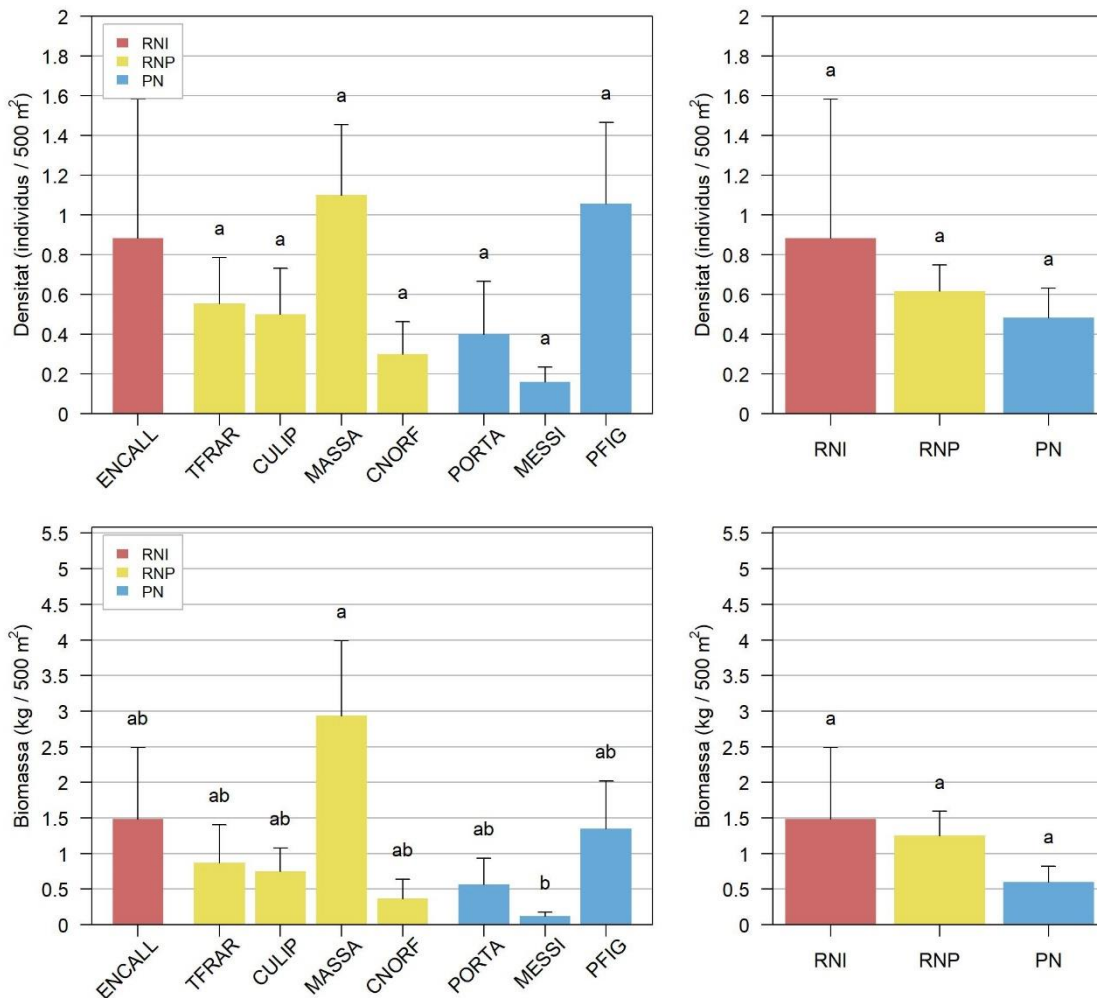


Figura 13. Densitat (dalt) i biomassa (baix) de déntol (*Dentex dentex*) (mitjana \pm error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p -valor $< 0,01$) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

L'estructura de talles del déntol és diferent en els tres graus de protecció. Mentre que a la zona de RNI i PN la major concentració d'individus els trobem als 40 cm, sent també la talla més petita observada en la zona de RNI, a la zona de RNP és als 60 cm. Els individus més grossos són de

70 cm, trobats en les dues zones més protegides (RNI i RNP); a la zona de PN és de 60 cm. L'individu més petit observat és de 20 cm a la zona de RNP (Figura 14).

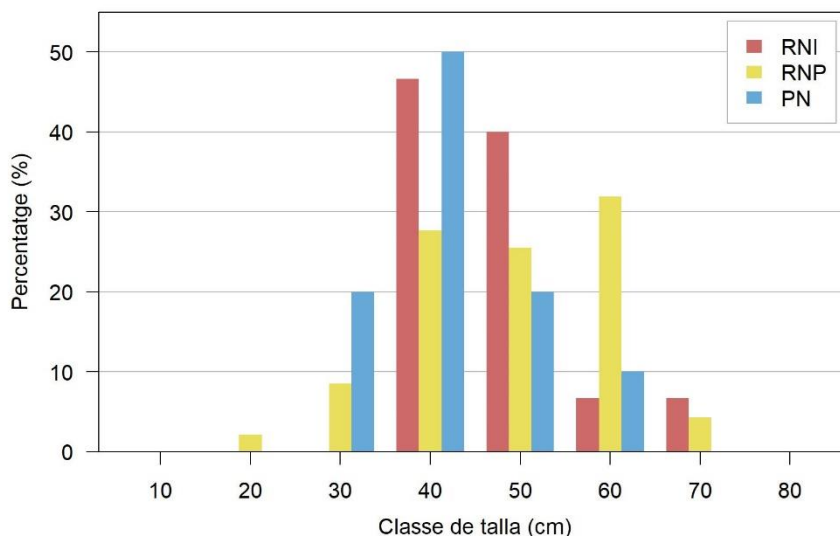


Figura 14. Estructures de talles de déntol (*Dentex dentex*) observades als diferents graus de protecció del Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI; n=15), Reserva Natural Parcial (RNP; n=47) i Parc Natural (PN; n=30).

A les zones de RNP i RI els valors de densitat i biomassa mostren valors similars als de l'any 2020, molt per sota dels valors enregistrats els anys 2016 i 2018. Pel que fa a la zona de RNI, els valors també s'han mantingut similars a l'any 2020, essent dels més baixos de la sèrie, que mostra una variabilitat més elevada que en les altres zones. En general, l'evolució temporal de la densitat de déntol mostra unes variacions molt importants entre anys, de forma que no es pot veure clares diferències entre els diferents graus de protecció (Figura 15).

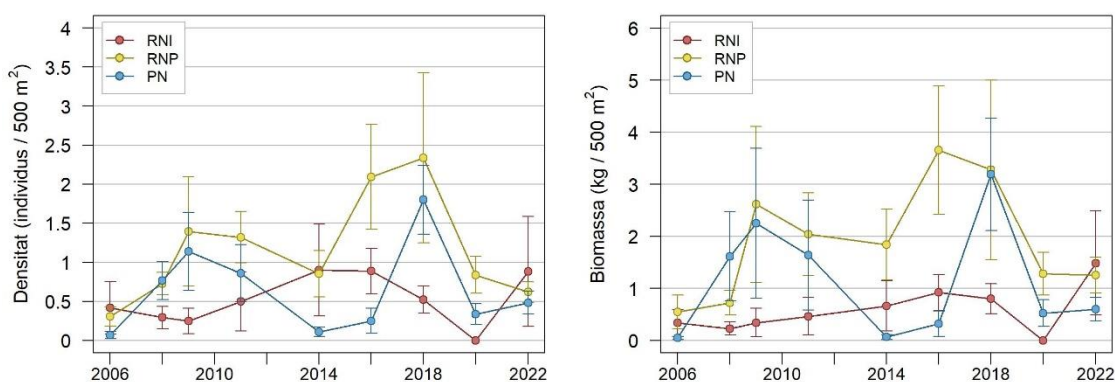


Figura 15. Evolució temporal de la densitat (esquerra) i biomassa (dreta) de déntol (*Dentex dentex*) (mitjana \pm error estàndard) per grau de protecció al llarg dels anys de seguiment del Parc Natural de Cap de Creus. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

Diplodus cervinus

El sarg imperial presenta certes entre estacions tant en la densitat com en la biomassa, especialment entre les zones de RNP i RI i les zones de PN. Destaca l'estació de la Massa d'Or uns amb valors més alts, seguida de Cap Norfeu i Encalladora. L'estació de Punta Figuera és la única on s'han observat sargs imperials dins la zona de PN. Pel que fa als anàlisis per grau de protecció, les zones de RNP i PN presenten diferències significatives, sent la primera la que té uns valors més elevats tant de densitat com de biomassa, mentre que la zona de RNI no presenta diferències ni amb RNP ni amb PN, amb valors entremetjats (Figura 16).

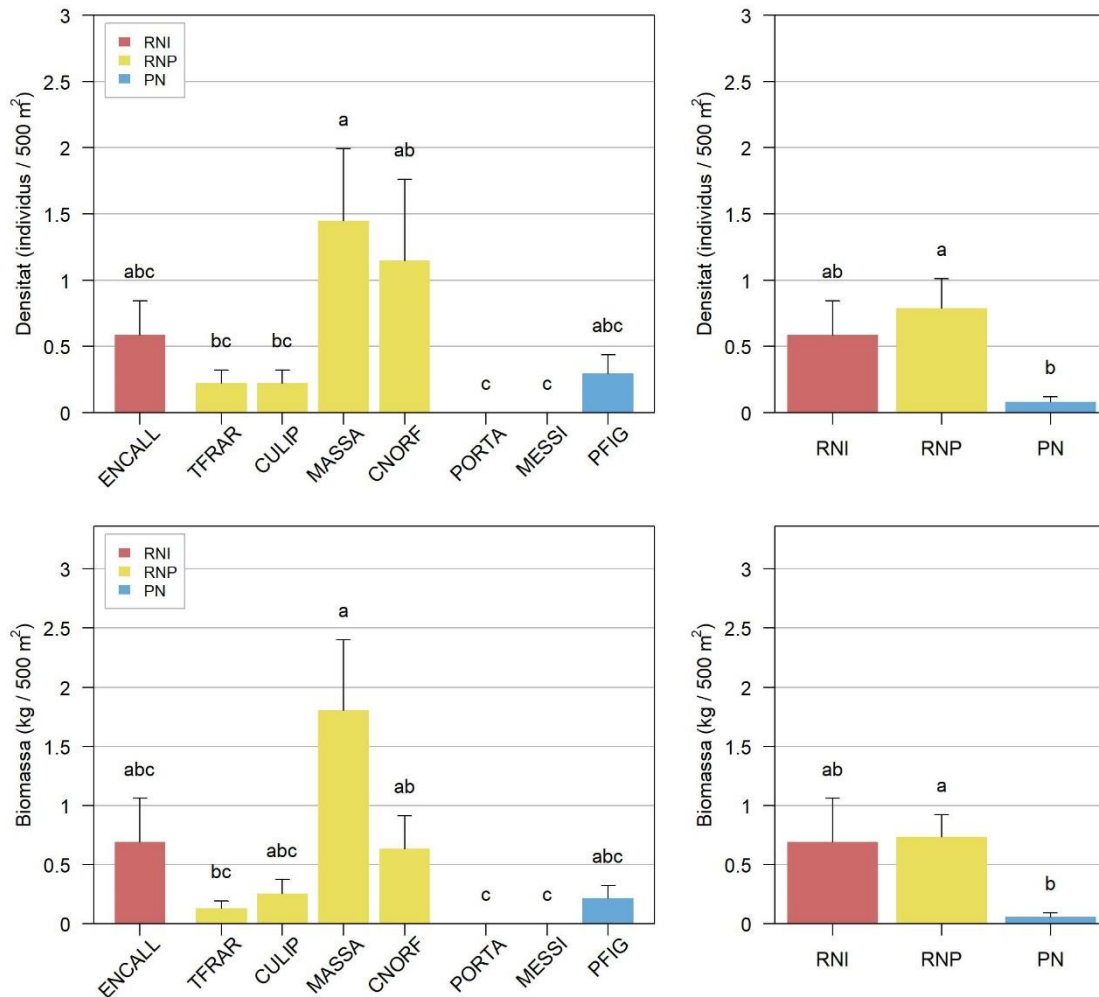


Figura 16. Densitat (dalt) i biomassa (baix) de sarg imperial (*Diplodus cervinus*) (mitjana \pm error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p -valor $< 0,01$) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

L'estructura de talles del sarg imperial no mostra una distribució clara en cap dels graus de protecció degut a la seva baixa densitat a tot arreu. Malgrat això, es poden fer algunes observacions: la talla més gran que s'ha observat varia entre graus de protecció, sent de 50 cm a la zona de RNI, de 45 cm a la de RNP i de 40 a la de PN. Pel que fa a la talla més petita, a la zona

de RNP hi trobem el sarg imperial més petit observat, de 10 cm; a la zona de PN la mida més petita és de 20 cm mentre que a la zona de RNI és de 25 cm (Figura 17).

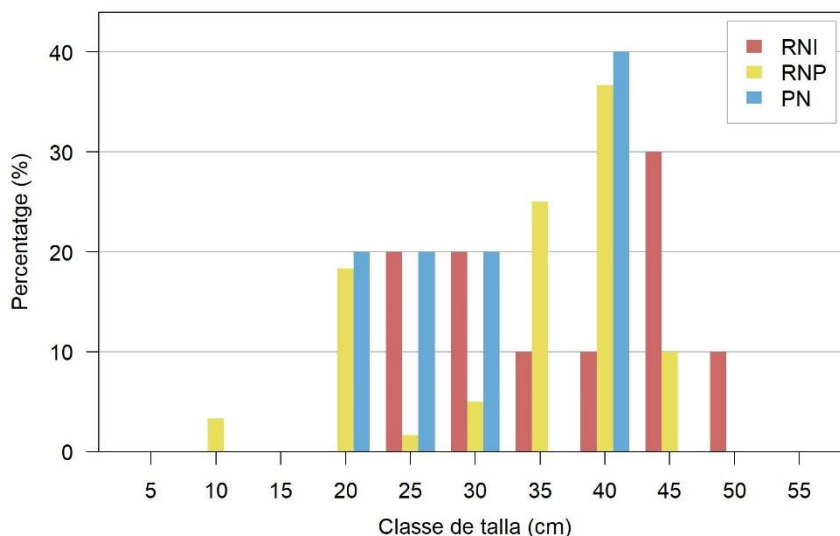


Figura 17. Estructures de talles de sarg imperial (*Diplodus cervinus*) observades als diferents graus de protecció del Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI; n=10), Reserva Natural Parcial (RNP; n=60) i Parc Natural (PN; n=5).

L'evolució temporal del sarg imperial és força irregular, amb pics d'augment i disminució depenent de l'any, tot i que en el global es manté força estable al llarg del temps. Aquest any, a la zona de RNI es veu un augment tant en densitat com en biomassa respecte el 2020 i a la zona de RNP també s'hi pot observar un augment en la densitat, tot i que no en la biomassa. La zona de PN presenta un dels valors més baixos tant de densitat com de biomassa des de l'inici dels mostrejos (Figura 18).

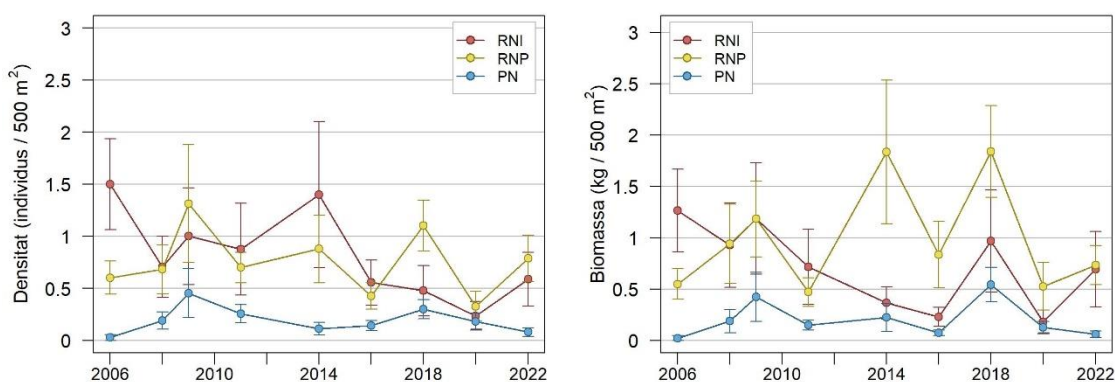


Figura 18. Evolució temporal de la densitat (esquerra) i biomassa (dreta) de sarg imperial (*Diplodus cervinus*) (mitjana \pm error estàndard) per grau de protecció al llarg dels anys de seguiment del Parc Natural de Cap de Creus. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

Dicentrarchus labrax

Aquest any només s'han trobat dos individus de llobarro al Parc Natural del Cap de Creus, un a Culip (RNP) i l'altre a Punta Figuera (PN) (Figura 19).

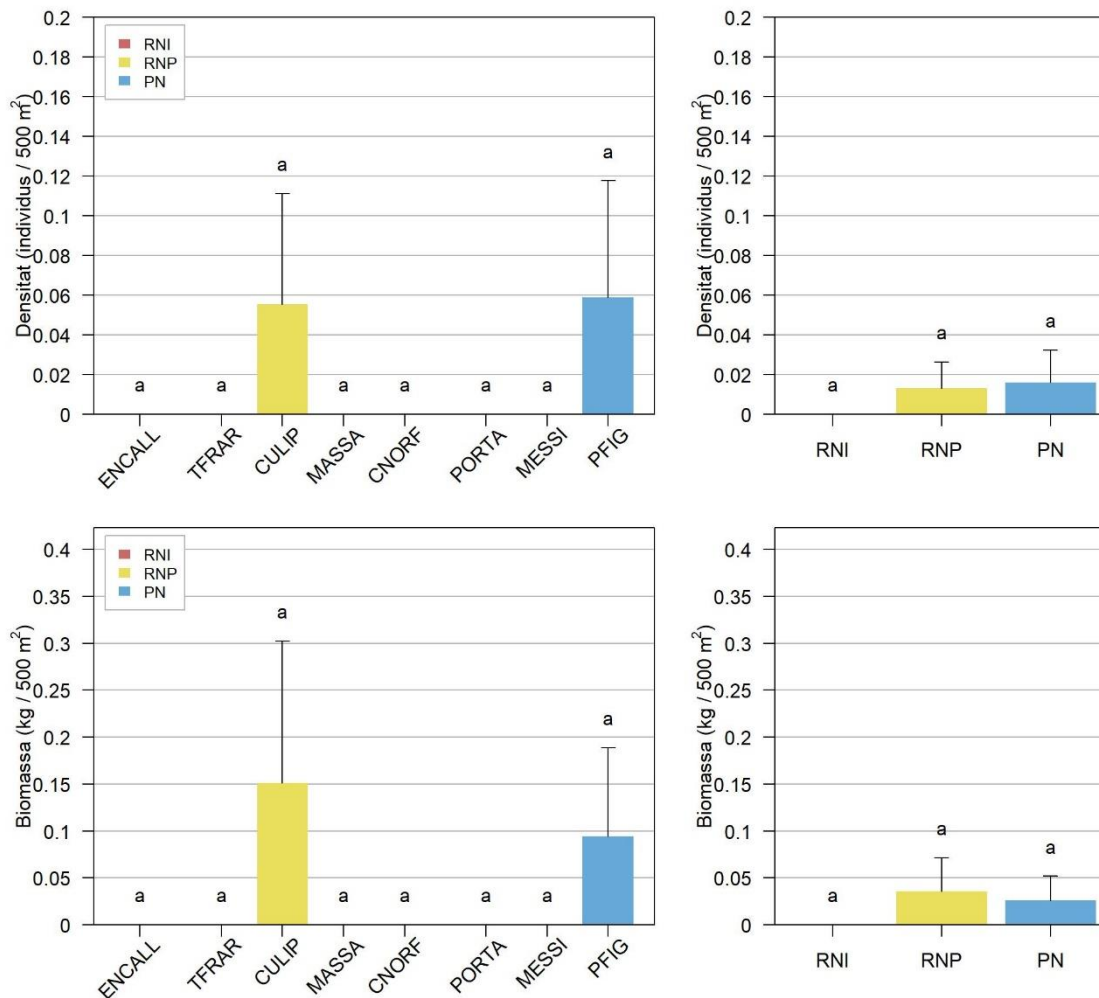


Figura 19. Densitat (dalt) i biomassa (baix) de llobarro (*Dicentrarchus labrax*) (mitjana \pm error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p -valor $< 0,01$) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

Aquests dos llobarros presenten talles diferents, sent el de la zona de RNP de 65 cm (classe de talla 60) i el de la zona de PN de 55 cm (classe de talla 50).

Aquesta espècie va mostrar un fort descens els anys 2006 a 2011 (ja amb abundàncies molt baixes), i no mostra cap signe de recuperació al llarg del temps en cap dels graus de protecció, mantenint-se en valors pràcticament nuls (Figura 20).

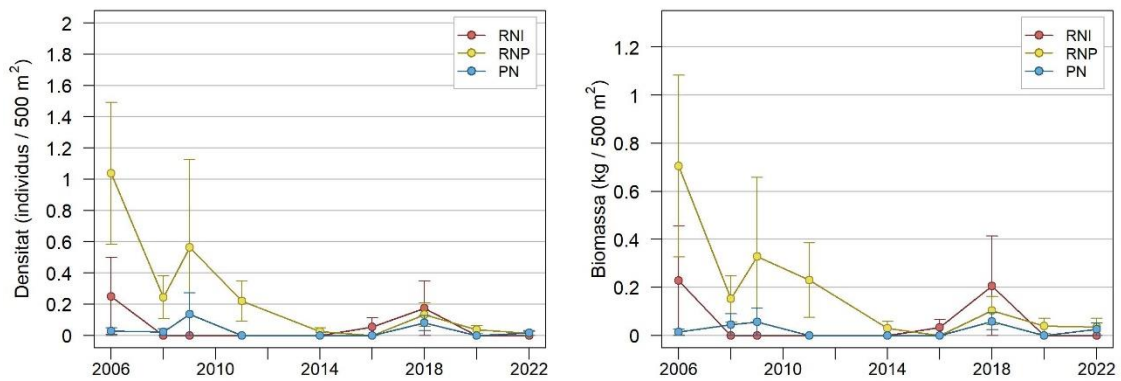


Figura 20. Evolució temporal de la densitat (esquerra) i biomassa (dreta) de llobarro (*Dicentrarchus labrax*) (mitjana \pm error estàndard) per grau de protecció al llarg dels anys de seguiment del Parc Natural de Cap de Creus. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

Sparus aurata

La densitat d'orades al Parc Natural de Cap de Creus no presenta diferències significatives entre les estacions mostrejades degut a la gran variabilitat entre transectes. Tot i això, l'estació de Culip és on se n'han trobat més, mentre que a Portaló no se n'ha observat cap. Pel que fa a la biomassa tampoc hi ha grans diferències ni entre estacions ni entre graus de protecció (Figura 21).

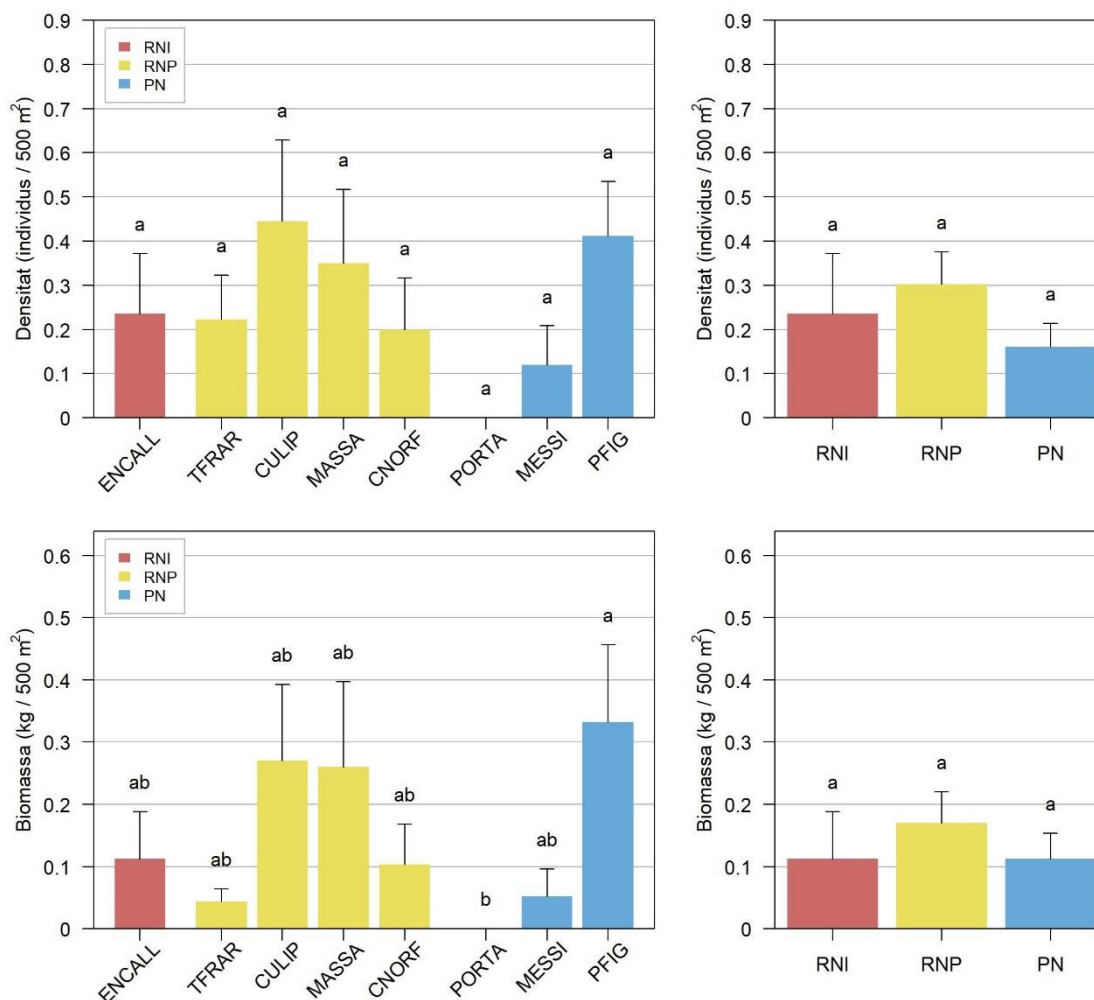


Figura 21. Densitat (dalt) i biomassa (baix) d'orada (*Sparus aurata*) (mitjana \pm error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p -valor $< 0,01$) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

L'estructura de talles d'aquesta espècie no mostra una distribució clara en cap dels graus de protecció, tot i que se'n poden fer algunes observacions. La talla més gran observada s'ha vist a la zona de PN i és d'uns 50 cm, mentre que a les zones de RNI i RNP la mida més gran és de 45 cm. La mida més petita es troba a la zona de RNI i és de 15 cm; a la zona de RNP és de 20 cm i a la de PN és de 25 cm (Figura 22).

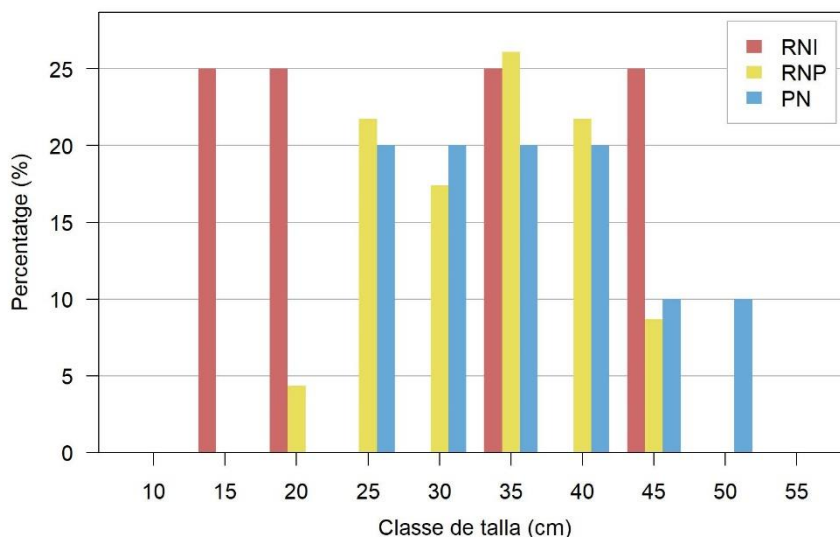


Figura 22. Estructures de talles d'orada (*Sparus aurata*) observades als diferents graus de protecció del Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI; n=4), Reserva Natural Parcial (RNP; n=23) i Parc Natural (PN; n=10).

L'evolució temporal de l'orada és variable al llarg dels anys, especialment a la zona de RNP, on el 2011 es pot veure un pic de densitat i el 2014 de biomassa, però enguany s'observen valors força baixos. A la zona de RNI la densitat es manté força estable des de la pujada del 2016 i la zona de PN es manté en valors baixos, similars als anteriors al pic del 2018. Les biomasses de tots tres graus de protecció presenten valors molt similars, molt baixos en tots els casos (figura 23).

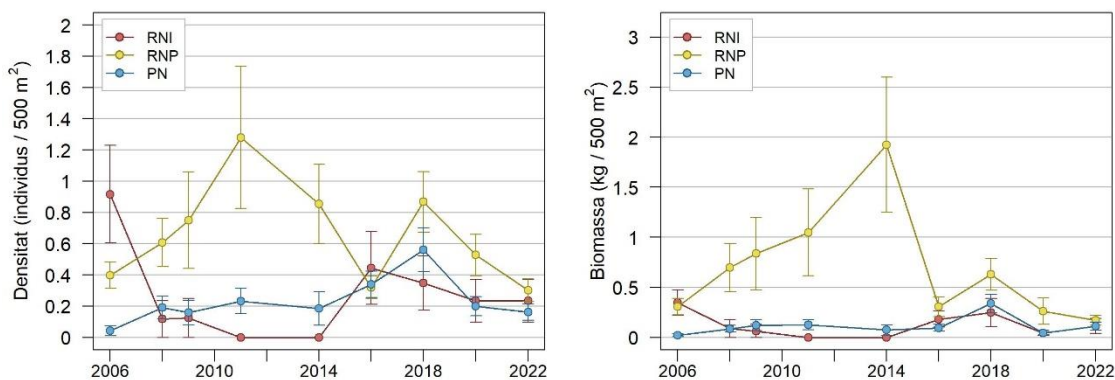


Figura 23. Evolució temporal de la densitat (esquerra) i biomassa (dreta) d'orada (*Sparus aurata*) (mitjana \pm error estàndard) per grau de protecció al llarg dels anys de seguiment del Parc Natural de Cap de Creus. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

Sciaena umbra

Enguany només s'han trobat corballs en 3 estacions: a Encalladora, a Massa d'Or i a Punta Figuera. Degut a la gran variabilitat que hi ha als transectes, no hi ha diferències significatives entre elles, tot i que la Massa d'Or presenta un major nombre d'individus respecte les altres localitats. Pel que fa a la biomassa sí que s'observen diferències entre Massa d'Or i Punta Figuera, sent la primera la que presenta un valor significativament més elevat (Figura 24).

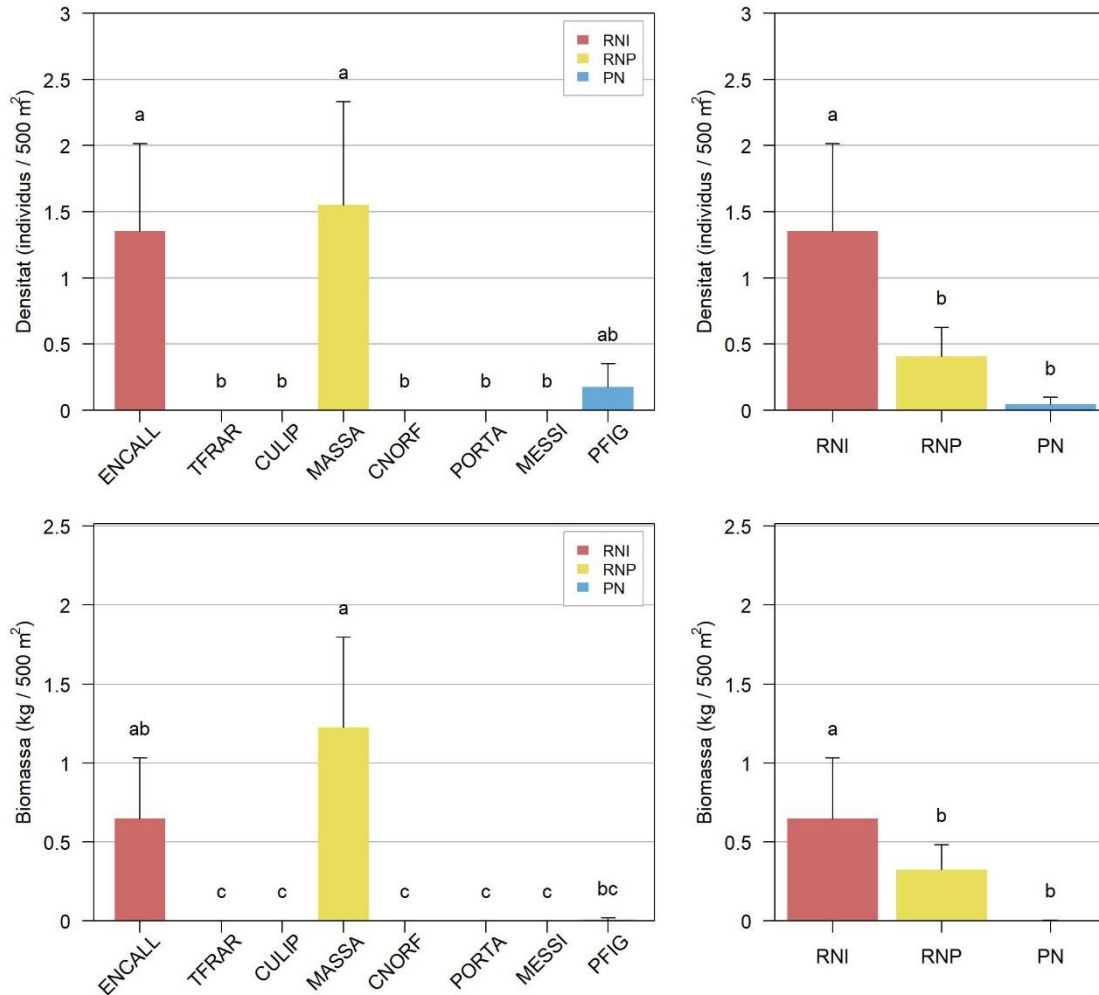


Figura 24. Densitat (dalt) i biomassa (baix) de corball (*Sciaena umbra*) (mitjana \pm error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p -valor $< 0,01$) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

L'estructura de talles no mostra un patró de distribució clar en les zones de RNI i PN degut al baix nombre d'individus, però sí que s'intueix una distribució unimodal a la zona de RNP, presentant una major proporció d'individus de talla 35 cm. La talla més gran observada la trobem a la zona de PN, sent de 50 cm, mentre que a les zones de RNI i RNP és de 45 cm; la talla més petita és de 15 cm i s'ha vist a la zona de RNI, mentre que a la zona de RNP la mida més petita és de 20 cm i a la zona de PN és de 35 cm (Figura 25).

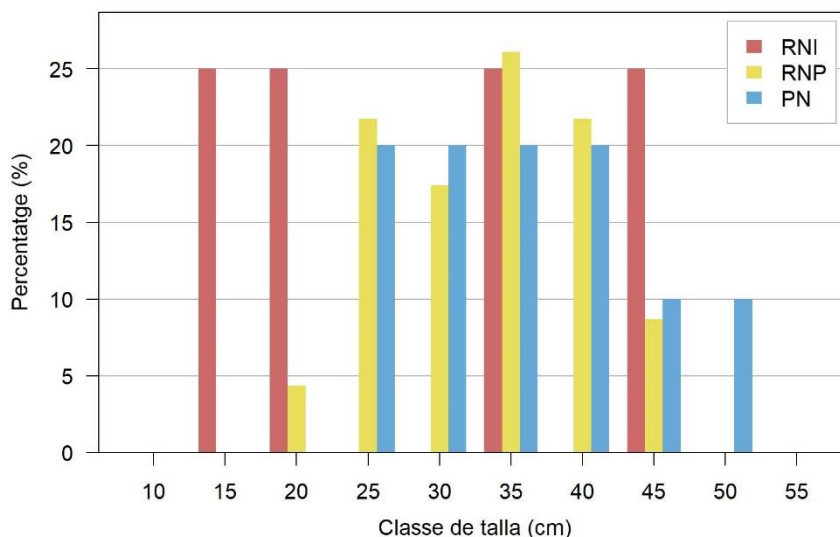


Figura 25. Estructures de talles de corball (*Sciaena umbra*) observades als diferents graus de protecció del Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI; n=23), Reserva Natural Parcial (RNP; n=31) i Parc Natural (PN; n=3).

La densitats i la biomassa a la zona de RNI és molt variable al llarg del temps, presentant forces pujades i baixades, encara que els valors són força baixos. A la zona de RNP, els paràmetres es mantenen més estables, sense grans variacions entre anys, i a la zona de PN els valors són pràcticament nuls, tant de densitats com de biomasses (Figura 26).

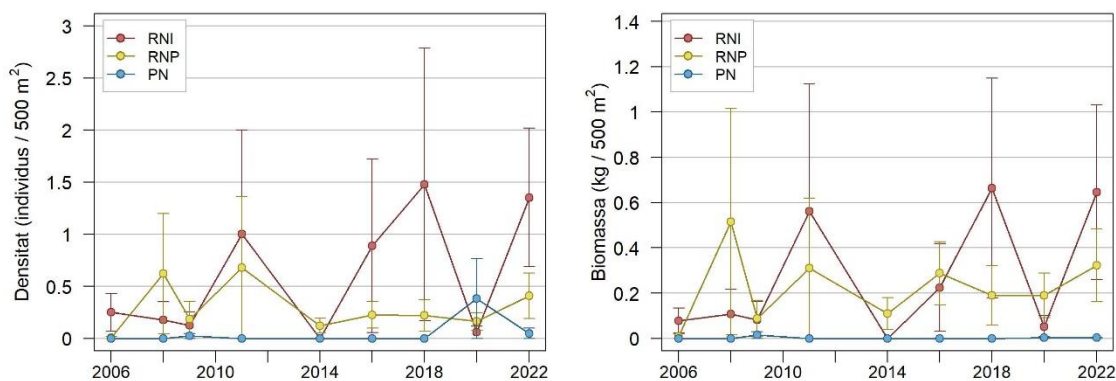


Figura 26. Evolució temporal de la densitat (esquerra) i biomassa (dreta) de corball (*Sciaena umbra*) (mitjana \pm error estàndard) per grau de protecció al llarg dels anys de seguiment del Parc Natural de Cap de Creus. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

Espècies moderadament vulnerables

Diplodus sargus

El sarg és una espècie que es troba en densitats força més elevades que la resta d'espècies, tal i com es pot observar en aquest gràfic, el qual presenta valors d'entre 9 i 16 individus/500 m², aproximadament. És, per tant, una espècie força comuna al llarg de la costa catalana. En el cas del Parc Natural de Cap de Creus, no es troben diferències significatives ni en densitat ni en biomassa entre les diferents estacions estudiades. Així doncs, tampoc es troben diferències significatives en termes de grau de protecció, ni en densitat ni en biomassa (Figura 27).

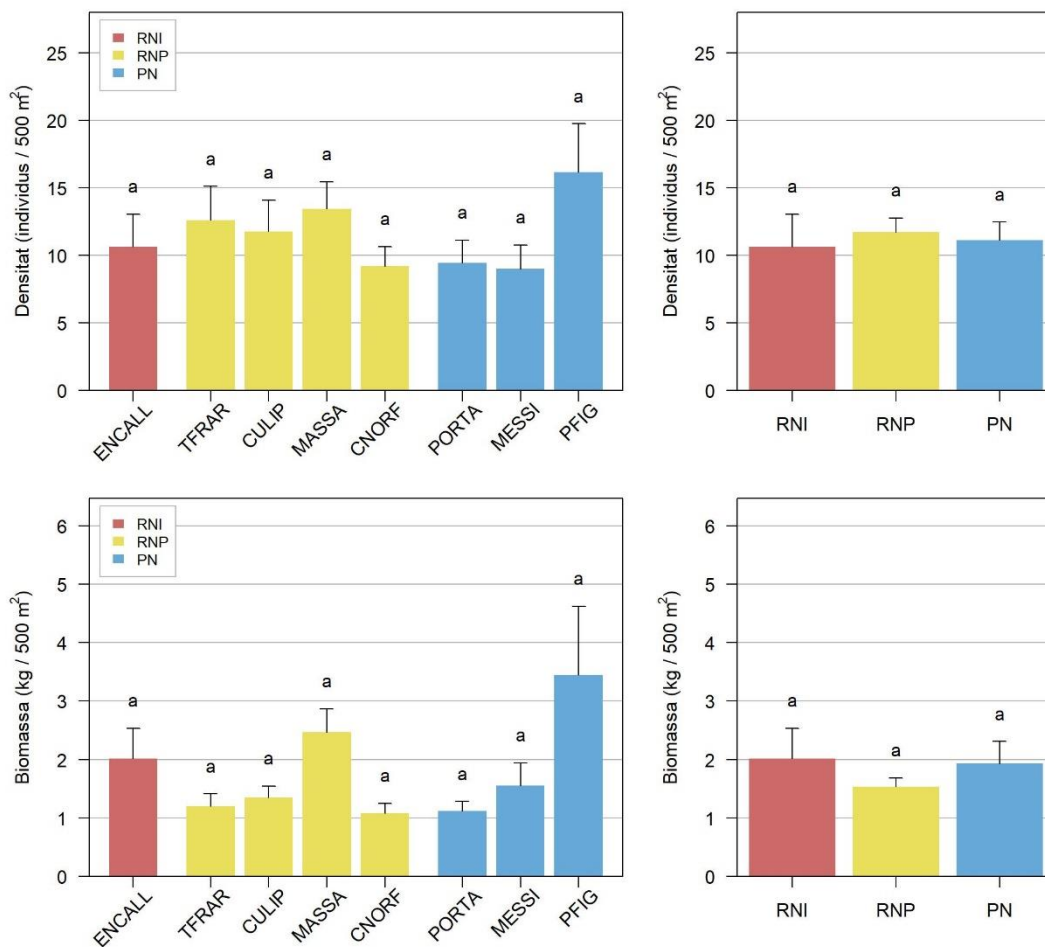


Figura 27. Densitat (dalt) i biomassa (baix) de sarg (*Diplodus sargus*) (mitjana \pm error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p -valor $< 0,01$) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

L'estructura de talles del sarg presenta una distribució unimodal en els tres graus de protecció, encara que hi trobem diferències entre elles. D'una banda, la zona de RNP presenta la màxima proporció d'individus a la talla 15 cm, mentre que a les zones de RNP i PN se situa als 20 cm. La talla més gran de la zona de RNI que s'ha vist es de 45 cm (un sol individu), mentre que de RNP és de 30 cm i la de PN és de 35 cm. Com a similitud entre els tres graus de protecció hi ha la talla més petita, que la trobem als 10 cm (Figura 28).

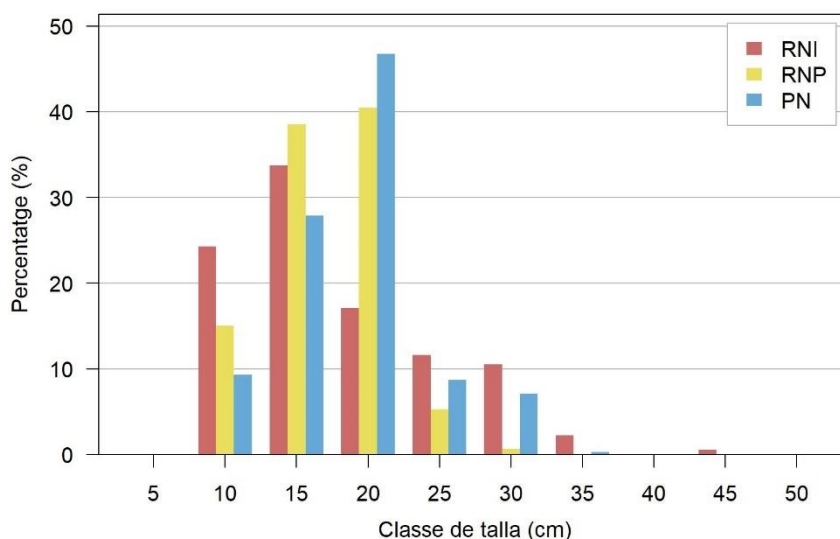


Figura 28. Estructures de talles de sarg (*Diplodus sargus*) observades als diferents graus de protecció del Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI; n=181), Reserva Natural Parcial (RNP; n=892) i Parc Natural (PN; n=689).

L'evolució temporal d'aquesta espècie mostra un patró força semblant en els tres graus de protecció. D'una banda, des de l'inici del seguiment el 2006, a les tres zones s'observa una disminució tant de la densitat com de la biomassa (tot i que a la zona de PN, la biomassa no varia tant respecte el 2006). En els últims anys, però, la densitat s'ha mantingut força estable, mentre que la biomassa ha presentat variacions més acusades. Enguany, respecte l'any anterior, no hi ha hagut grans variacions de densitat, encara que ha augmentat lleugerament a les zones de RNI i PN i ha disminuït a RNP (especialment des de 2018). Aquest patró respecte el 2020 es repeteix amb la biomassa (Figura 29).

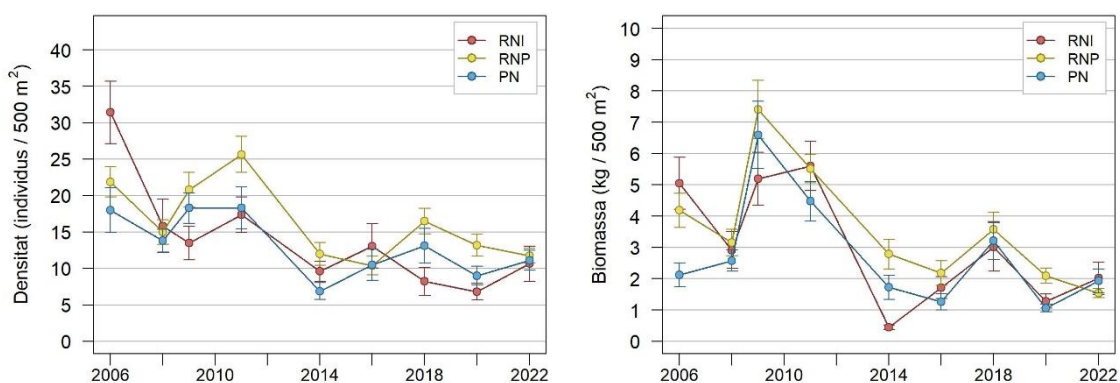


Figura 29. Evolució temporal de la densitat (esquerra) i biomassa (dreta) de sarg (*Diplodus sargus*) (mitjana \pm error estàndard) per grau de protecció al llarg dels anys de seguiment del Parc Natural de Cap de Creus. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

Diplodus vulgaris

La variada és l'espècie més abundant de les estudiades en aquest estudi, amb densitats superiors als 20 individus/500 m², podent arribar a superar els 70 individus/500 m², com és el cas de l'Encalladora, que és l'estació amb més densitat del mostreig. Aquesta espècie no presenta gairebé diferències significatives entre les estacions de mostreig ni entre els graus de protecció, tant en densitats com en biomassa. Tot i que hi ha densitats mitjanes molt diferents, la gran variabilitat entre els diferents trams del transecte (on en alguns poden aparèixer grans bancs de variades i en altres podem veure-les només ocasionalment) fa que finalment no es mostrin diferències estadísticament significatives (Figura 30).

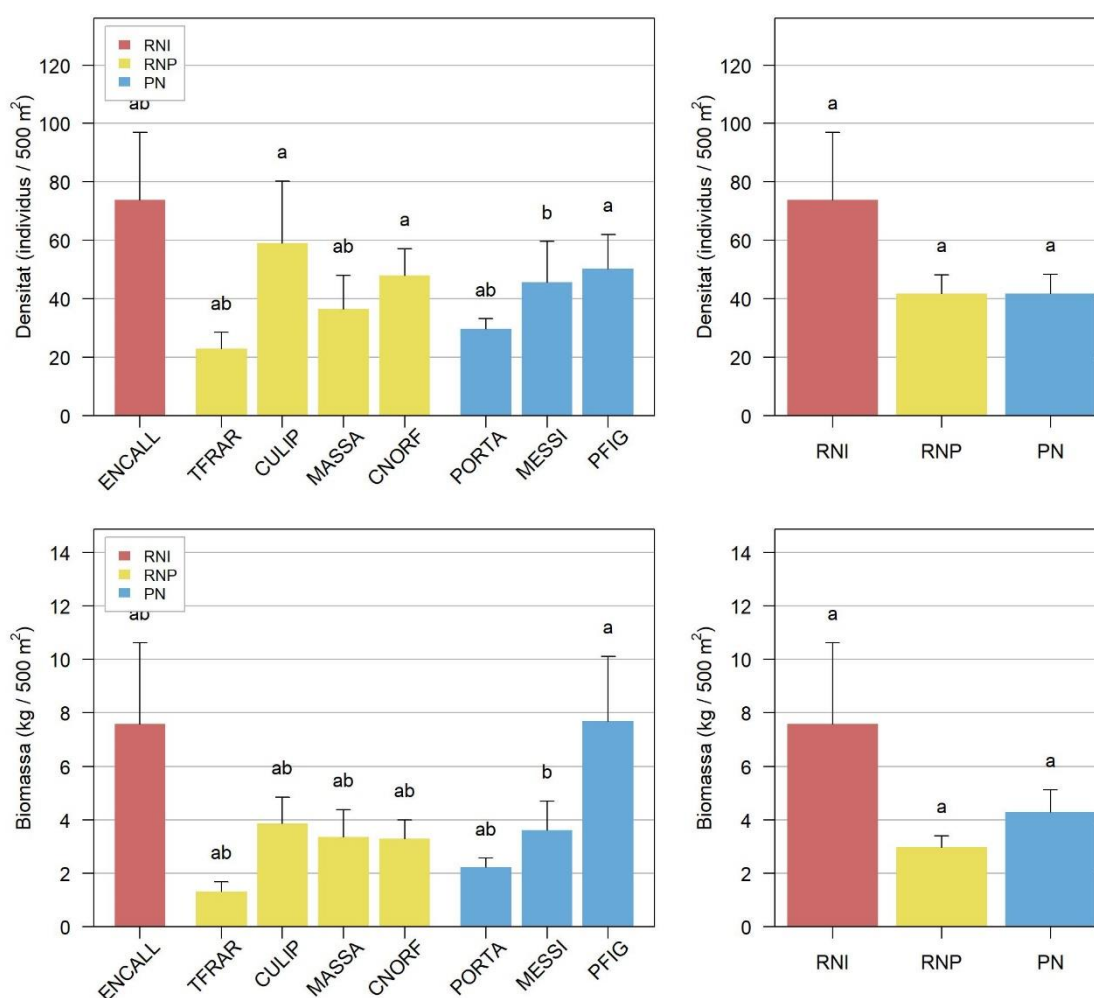


Figura 30. Densitat (dalt) i biomassa (baix) de variada (*Diplodus vulgaris*) (mitjana \pm error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p -valor $< 0,01$) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

L'estructura de talles de la variada mostra una distribució unimodal on la màxima proporció d'individus la trobem a la talla 15 cm en els tres graus de protecció. La talla mínima rau en 5 cm, també en els 3 graus de protecció (tot i que en baixíssimes proporcions), i pel que fa a la talla

màxima hi trobem diferències: a les zones de RNI i PN és de 30 cm, mentre que a la de RNP és de 20 cm (Figura 31).

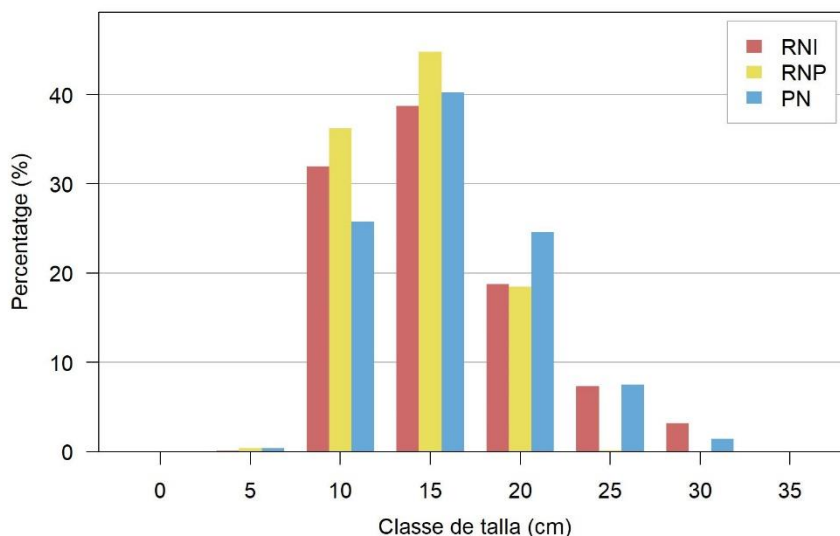


Figura 31. Estructures de talles de variada (*Diplodus vulgaris*) observades als diferents graus de protecció del Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI; n=1.256), Reserva Natural Parcial (RNP; n=3.170) i Parc Natural (PN; n=2.591).

L'evolució temporal de la densitat de la variada mostra valors força similars respecte l'inici del mostreig l'any 2006, especialment a la zona de RNI, o inclús mostren cert augment, com en les zones de RNP i PN, tot i que hi ha hagut variacions en alguns anys: el 2008 a la zona de RNI pateix una caiguda que recupera el 2011, o bé la caiguda que pateixen les poblacions de les zones de RNP i PN el 2020 respecte el 2018. Enguany s'ha mantingut força estable respecte l'anterior mostreig. En quant a la biomassa el patró és força similar al de la densitat, tot i que la població de la zona de RNI pateix molts pics i caigudes al llarg dels anys, es manté força respecte el 2006, igual que les poblacions de les zones de RNP i PN (Figura 32).

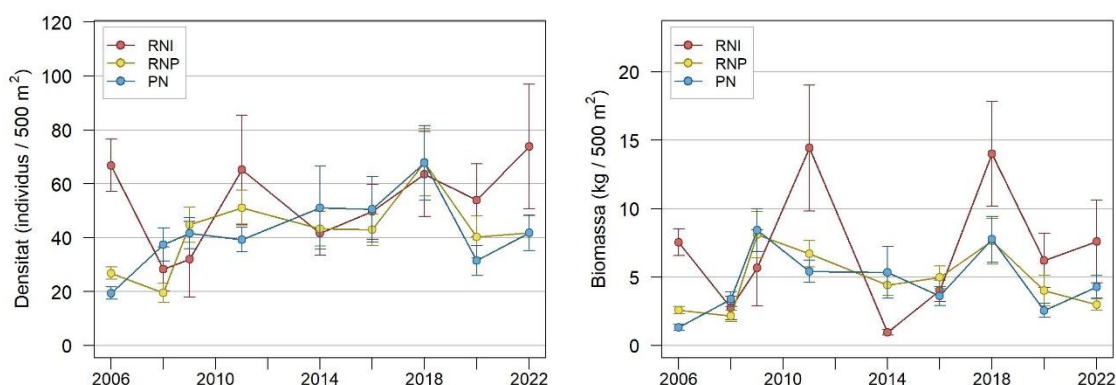


Figura 32. Evolució temporal de la densitat (esquerra) i biomassa (dreta) de variada (*Diplodus vulgaris*) (mitjana \pm error estàndard) per grau de protecció al llarg dels anys de seguiment del Parc Natural de Cap de Creus. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

Diplodus puntazzo

La distribució de la morruda al Parc Natural de Cap de Creus presenta poques diferències significatives entre les estacions mostrejades, tant en densitats com en biomassa. Sí que es poden veure diferències, però, entre les estacions de Culip i Messina, sent la primera la que presenta uns valors més elevats. Que no hi hagi diferències amb les altres estacions és degut a l'alta variabilitat que mostren. Pel que fa als anàlisis entre els graus de protecció, en termes de densitat trobem diferències significatives entre les zones de RNP i PN, però no amb la zona de RNI degut a l'elevada variabilitat. En la biomassa, però, no s'observen diferències entre cap dels graus de protecció (Figura 33).

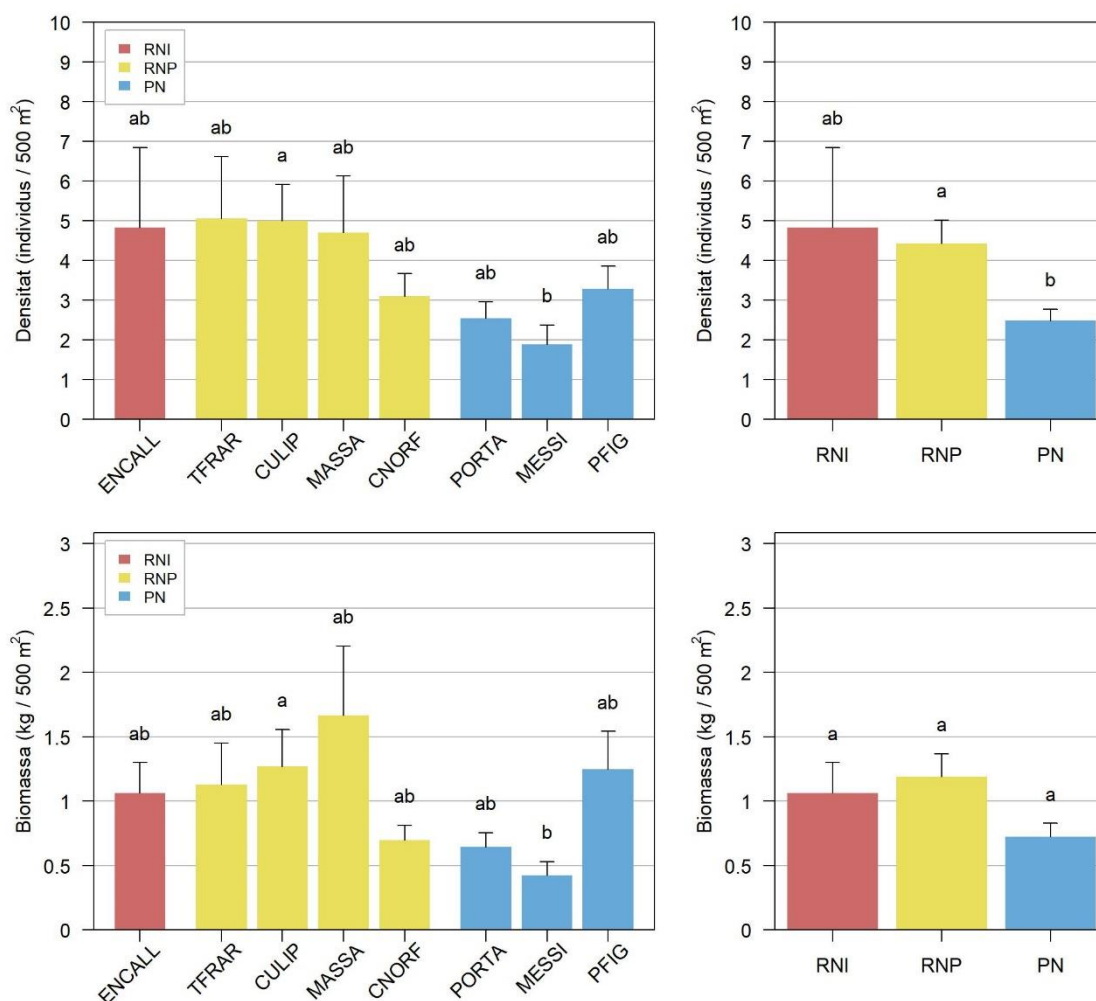


Figura 33. Densitat (dalt) i biomassa (baix) de morruda (*Diplodus puntazzo*) (mitjana \pm error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p -valor $< 0,01$) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

L'estructura de talles mostra una distribució unimodal en les zones de RNP i PN, on ambdues presenten la màxima proporció d'individus en la talla de 20 cm. La zona de RNI, però, presenta una major proporció d'individus en la talla de 10 cm., la més petita que s'ha observat. Pel que fa a la màxima mida observada, a la zona de RNI és de 50 cm (en una proporció molt baixa), a la zona de PN és de 40 cm i a la de RNP és de 30 cm (Figura 34).

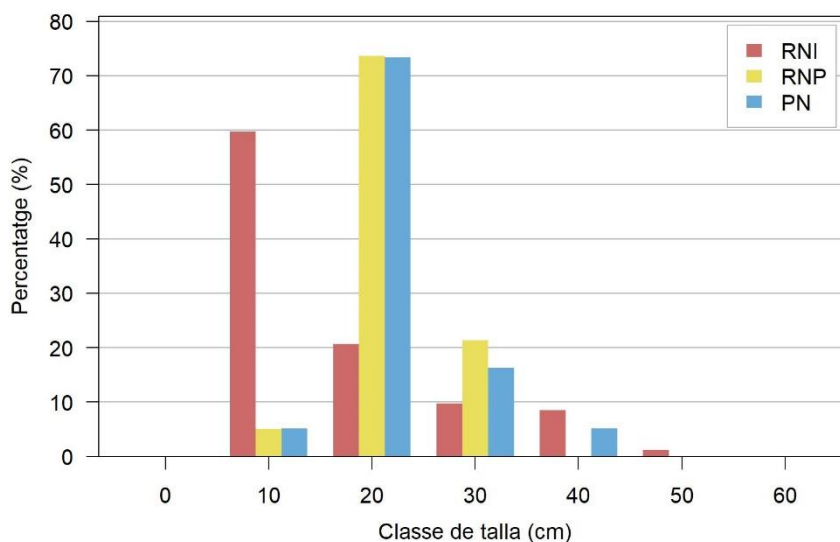


Figura 34. Estructures de talles de morruda (*Diplodus puntazzo*) observades als diferents graus de protecció del Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI; n=82), Reserva Natural Parcial (RNP; n=337) i Parc Natural (PN; n=154).

L'evolució temporal de la densitat de la morruda és força irregular en les zones de RNI i RNP, on presenta diferents pics i caigudes, però és més estable a la zona de PN, on s'observa un augment d'aquest paràmetre des de l'inici del seguiment. Respecte l'any passat, però, aquesta zona es manté estable, mentre que les zones de RNI i RNP han augmentat. En termes de biomassa el patró és força similar, més estable a la zona de PN i més irregular al llarg del temps a les zones de RNI i RNP (Figura 35).

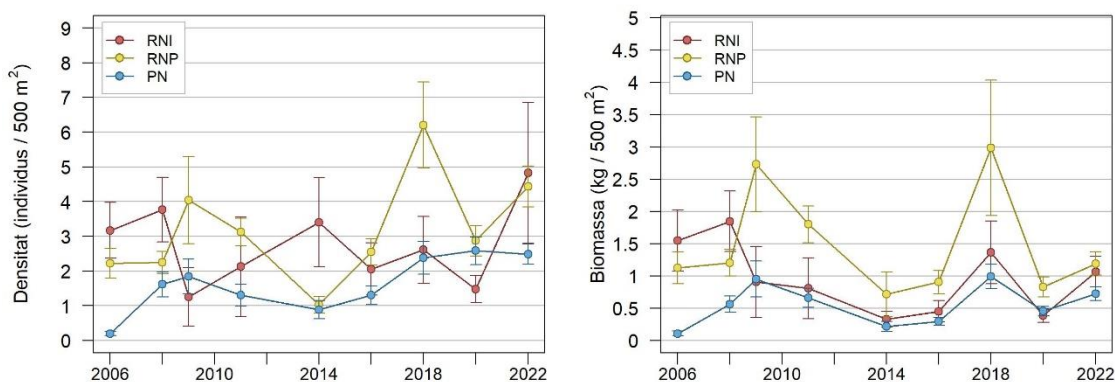


Figura 35. Evolució temporal de la densitat (esquerra) i biomassa (dreta) de morruda (*Diplodus puntazzo*) (mitjana \pm error estàndard) per grau de protecció al llarg dels anys de seguiment del Parc Natural de Cap de Creus. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

Spondyliosoma cantharus

La distribució de la densitat de canteres al Parc Natural de Cap de Creus no presenta diferències significatives entre les diferents estacions mostrejades. L'Encalladora, però, destaca per mostrar una densitat mitjana molt elevada, de més de 45 individus/500 m², però alhora presenta una gran variabilitat que probablement ve donada per trobar un gran banc de cànteres en algun dels trams, i que no s'ha observat en altres parts del transecte. En l'anàlisi del grau de protecció sí que es poden observar diferències significatives entre les zones de RNI i PN, mentre que la zona de RNP es troba amb valors entremitjos. En termes de biomassa, però, es poden observar més diferències, especialment a la Massa d'Ors, degut a la major talla dels individus observats. De nou, a l'Encalladora es veu una biomassa molt elevada, sense diferències significatives amb les altres estacions degut a la seva gran variabilitat. Pel que fa als graus de protecció, però, no trobem diferències significatives (Figura 36).

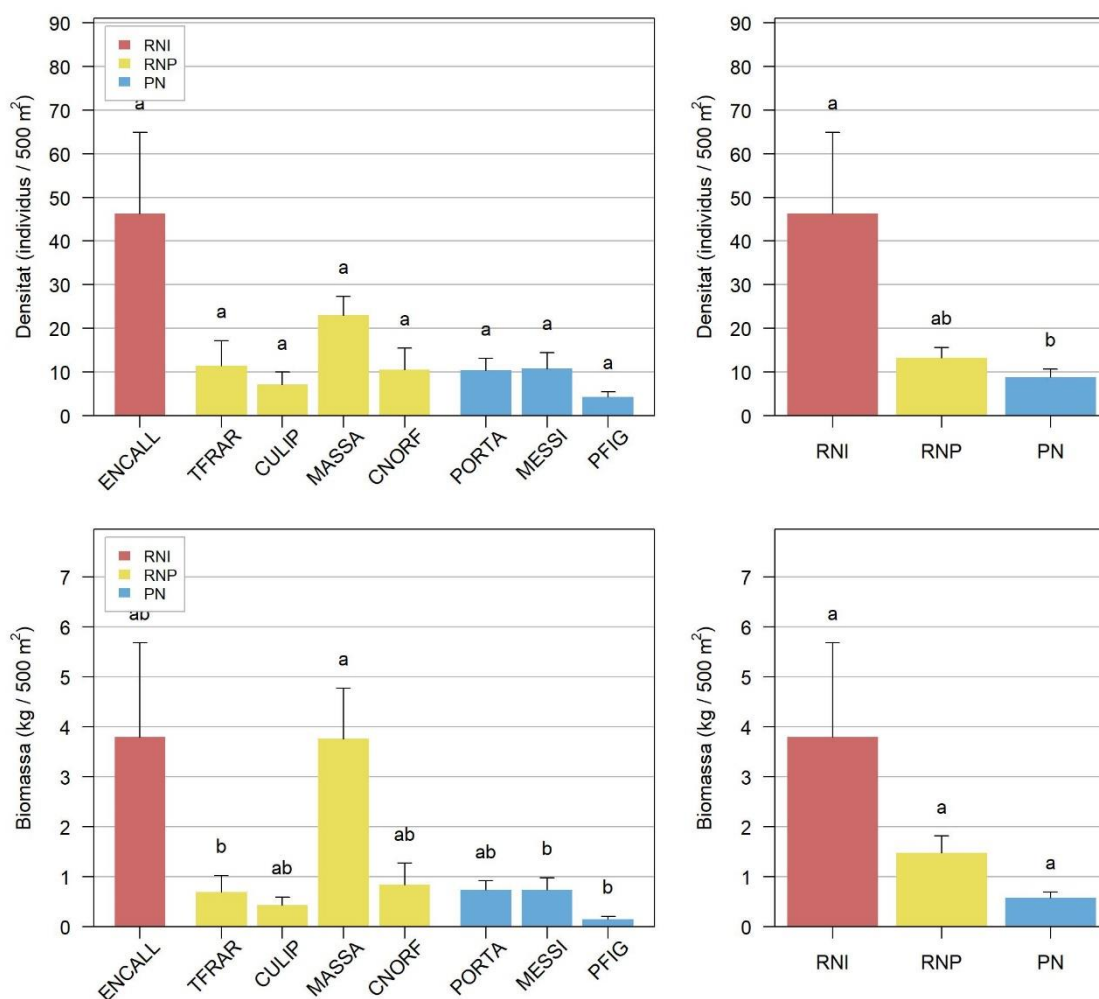


Figura 36. Densitat (dalt) i biomassa (baix) de cantera (*Spondyliosoma cantharus*) (mitjana \pm error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p -valor $< 0,01$) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

L'estructura de talles mostren un patró molt similar entre els tres graus de protecció, amb una distribució unimodal amb la màxima proporció d'individus a la classe de talla de 10 cm. La mida més petita que s'ha trobat és de 4 cm a la zona de PN, seguida de 6 cm a les zones de RNI i RNP. La mida més gran que s'ha trobat és un individu de 40 cm a la zona de RNI, i a les zones de RNP i PN la mida màxima observada és de 34 i 30 cm respectivament (Figura 37).

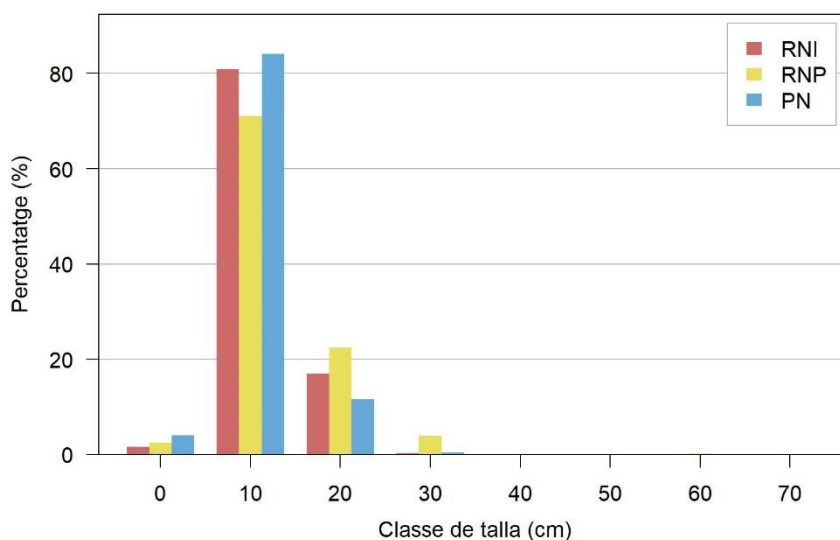


Figura 37. Estructures de talles de càntera (*Spondyliosoma cantharus*) observades als diferents graus de protecció del Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI; n=788), Reserva Natural Parcial (RNP; n=1005) i Parc Natural (PN; n=552).

L'evolució temporal de la densitat de les cànteres mostra un petit augment progressiu al llarg dels anys des de l'inici del seguiment el 2006 en tots els graus de protecció. Aquest any, però es veu un augment sobtat de la densitat a la zona de RNI, tot i que amb una gran variabilitat, donada probablement per un gran banc trobat en un dels trams del transecte. Pel que fa a la biomassa, l'augment progressiu es dona més aviat a la zona de RNP, mentre que les zones de RNI i PN són més irregulars, amb més pics i caigudes en anys concrets. Malgrat això, enguany respecte el 2020, l'única zona que ha mostrat un canvi fort ha estat la zona de RNI, que segueix el mateix patró que amb la densitat (Figura 38).

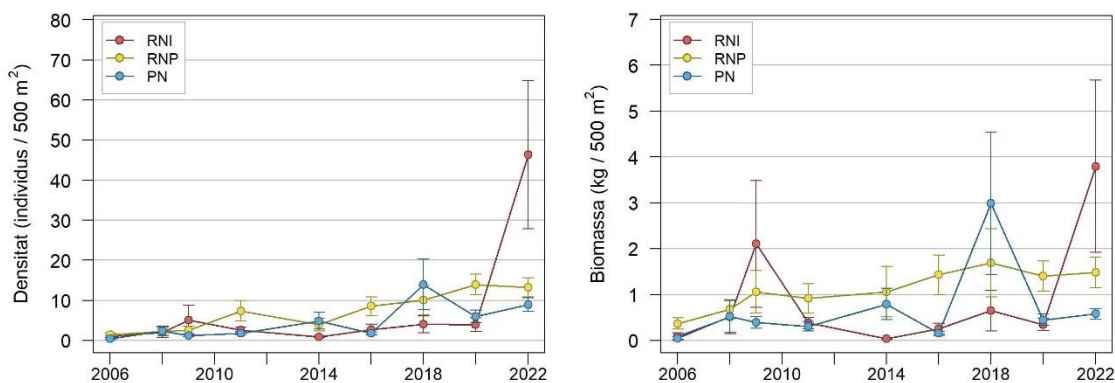


Figura 38. Evolució temporal de la densitat (esquerra) i biomassa (dreta) de càntera (*Spondyliosoma cantharus*) (mitjana \pm error estàndard) per grau de protecció al llarg dels anys de seguiment del Parc Natural de Cap de Creus. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

Sphyaena viridensis

A diferència de l'any anterior, enguany s'han observat espets, en major o menor mesura, en gairebé totes les estacions, excepte a Cap Norfeu. La Massa d'Or ha estat l'estació amb una major densitat i biomassa d'aquesta espècie, juntament amb la Messina, degut a grans bancs que s'hi ha trobat. A les altres estacions s'han observat individus més aïllats. Malgrat això, no s'han trobat diferències significatives ni en densitat ni en biomassa pel que fa als diferents graus de protecció (Figura 39).

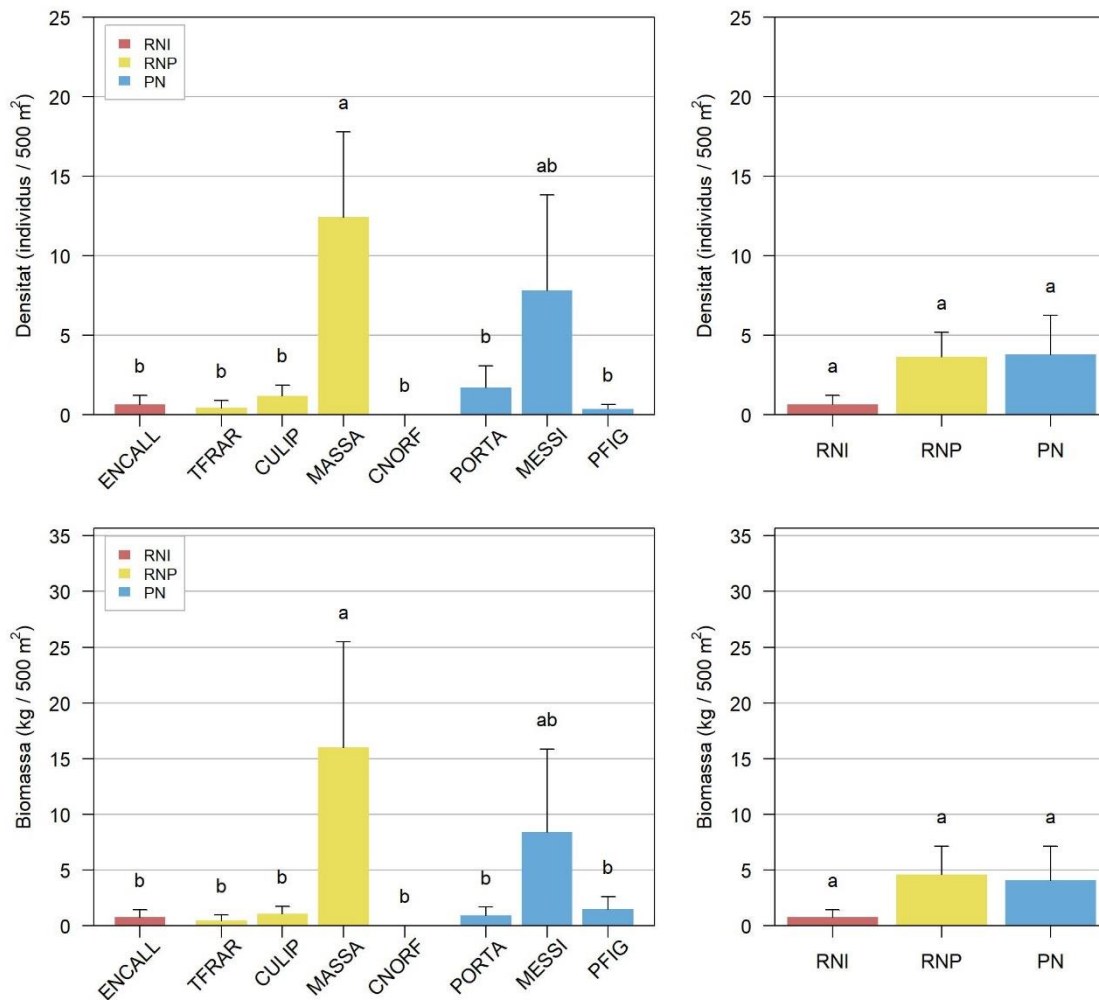


Figura 39. Densitat (dalt) i biomassa (baix) d'espets (*Sphyaena viridensis*) (mitjana \pm error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p -valor $< 0,01$) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

L'estructura de talles dels espets mostra una distribució unimodal en els graus de protecció de RNP i PN, ambdós amb la major proporció d'individus a la classe de talla de 60 cm. A la zona de RNI només trobem individus a les classes de talla de 60 i 70 cm, sent la més gran la que concentra una major proporció d'espets. La talla més gran la trobem en 100 cm en ambdues zones de protecció (RNP i PN), mentre que la més petita difereix entre aquestes: a la zona de RNP és de 30 cm mentre que a la de PN és de 40 cm (Figura 40).

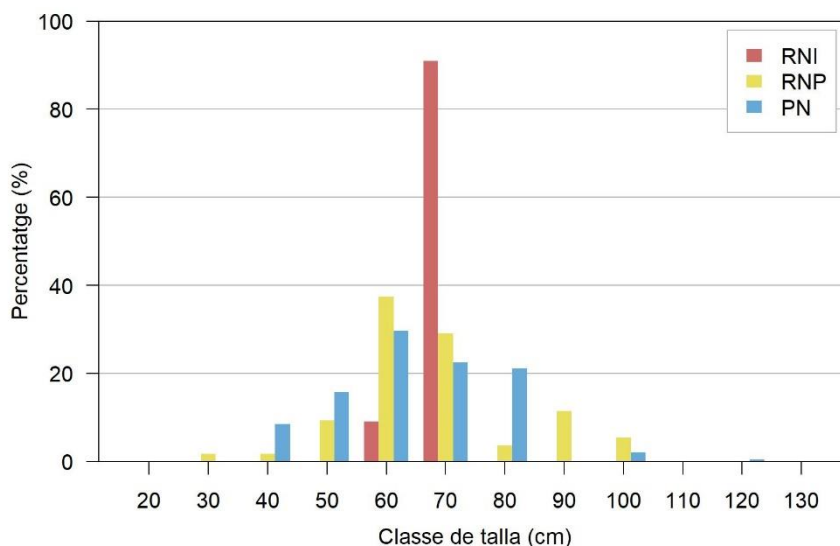


Figura 40. Estructures de talles d'espècie (*Sphyræna viridensis*) observades als diferents graus de protecció del Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI; n=11), Reserva Natural Parcial (RNP; n=278) i Parc Natural (PN; n=236).

L'evolució temporal de l'espècie és força variable al llarg del temps. El 2018 va presentar el seu màxim de densitats en tots els graus de protecció, probablement donats per grans bancs que es varen veure aquell any, mentre que en termes de biomassa el màxim es va donar el 2016 a la zona de RNP i el 2018 a les zones de RNI i PN. Enguany no ha arribat a aquests valors tant elevats, però s'han mantingut respecte el 2020 (Figura 41).

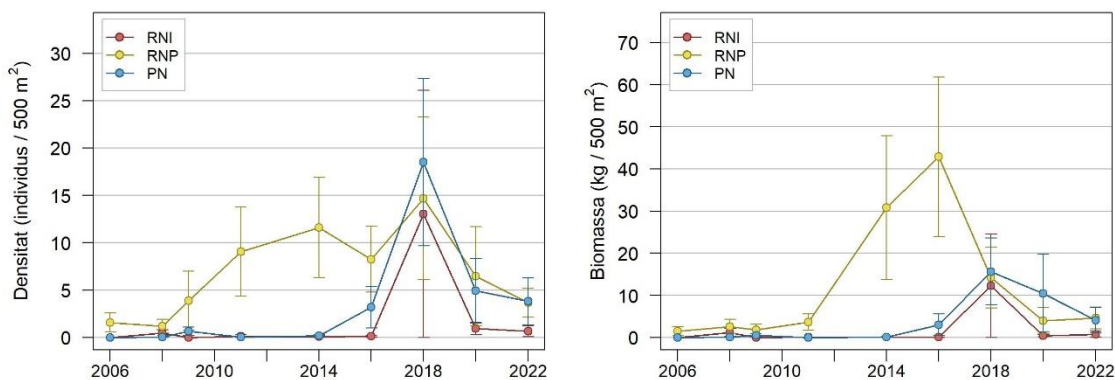


Figura 41. Evolució temporal de la densitat (esquerra) i biomassa (dreta) d'espècie (*Sphyræna viridensis*) (mitjana \pm error estàndard) per grau de protecció al llarg dels anys de seguiment del Parc Natural de Cap de Creus. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

Altres espècies i observacions

Aquest 2022 s'han observat fins a 6 exemplars de *Myctioperca rubra*, tots a l'estació de la Massa d'Or. Aquesta espècie se sol trobar en latituds més meridionals, encara que no és la primera

vegada que se'n veuen. El 2020, però, únicament se'n va veure una, però se'n van albirar també els anys 2011, 2016 i 2018, tots de forma ocasional.

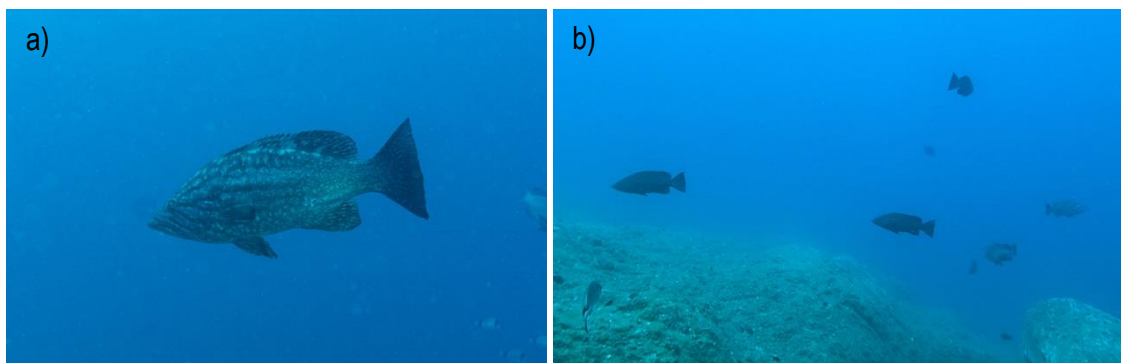


Figura 42. Exemplars de nero bord (*Mycteroperca rubra*) observats a l'estació de la Massa d'Or l'any 2022. a) Individu sol i b) 3 individus observats junts.

A més, s'ha pogut observar algun exemplar de nero amb hams enganxats a la boca a la zona de Cap Norfeu.



Figura 43. Exemplar de nero (*E. marginatus*) nedant amb un ham enganxat a la boca. S'ha observat a la zona de Cap Norfeu durant els mostrejos de l'any 2022.

Anàlisi global

L'anàlisi de coordenades principals (PCoA) s'ha dut a terme amb les dades de biomassa de totes les espècies comptabilitzades en els transectes realitzats l'any 2022. El resultat ens mostra la separació clara entre dos grups, que coincideixen amb els graus de protecció: per una banda les zones de RNI i RNP, amb una major biomassa amb una major densitat de les espècies més grans, com el nero (*E. marginatus*), l'orada (*S. aurata*) o el déntol (*D. dentex*). Per altra banda, trobem els transectes que formen part de la zona de PN, amb una menor biomassa degut a que els valors de densitat d'aquestes espècies són més baixos i les mides més petites (Figura 44).

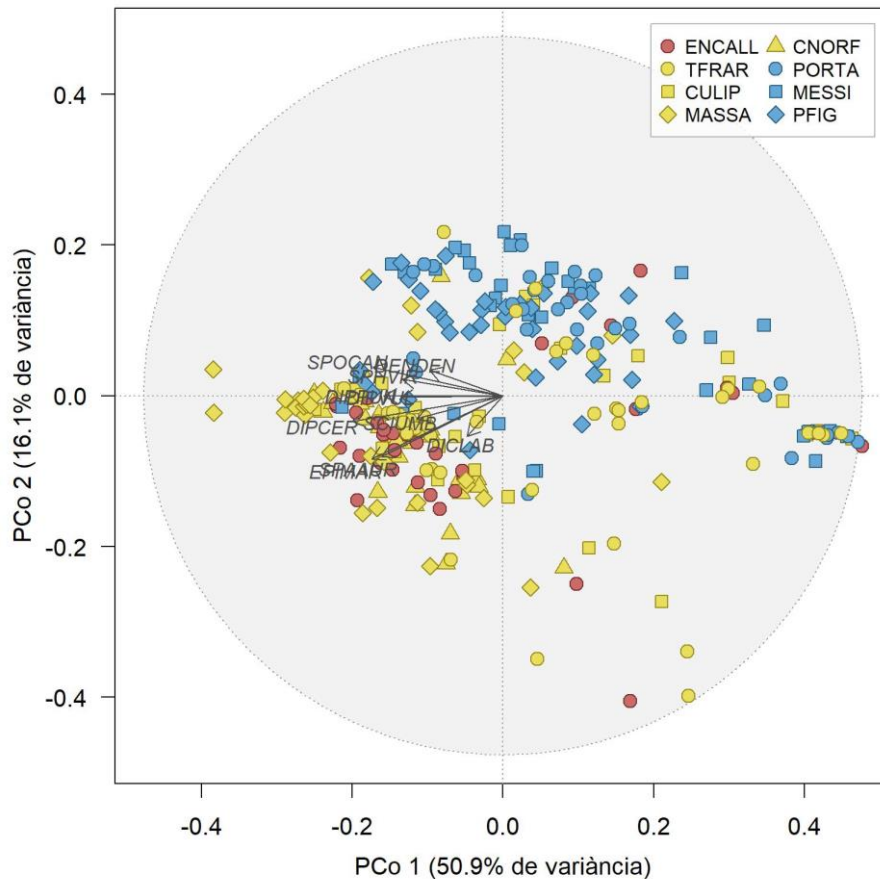


Figura 44. Anàlisi de coordenades principals (PCoA) dels diferents trams dels transectes realitzats al Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022, tenint en compte la biomassa de totes les espècies censades com a variables. Els dos primer eixos acumulen el 67% de la variància observada a les dades. Els colors dels símbols representen els diferents graus de protecció: Reserva Natural Integral (RNI, vermell), Reserva Natural Parcial (RNP, groc) i Parc Natural (PN, blau).

Per a poder determinar la rellevància de les variables ambientals (com el pendent, el tipus de fons o la rugositat) en la composició de les comunitats s'ha dut a terme un anàlisi de redundància (RDA). El primer eix ens explica el 67,1 % de la variància i mostra una clara separació entre zones: les més protegides envers la pesca (RNI i RNP) mostren una major biomassa de peixos, associada a una major complexitat espacial, amb major proporció de grans blocs i blocs mitjans, mentre que la zona menys protegida (PN) presenta menor biomassa acompanyada d'una menor complexitat, amb major proporció de fons de sorra, blocs petits o roca base (Figura 45).

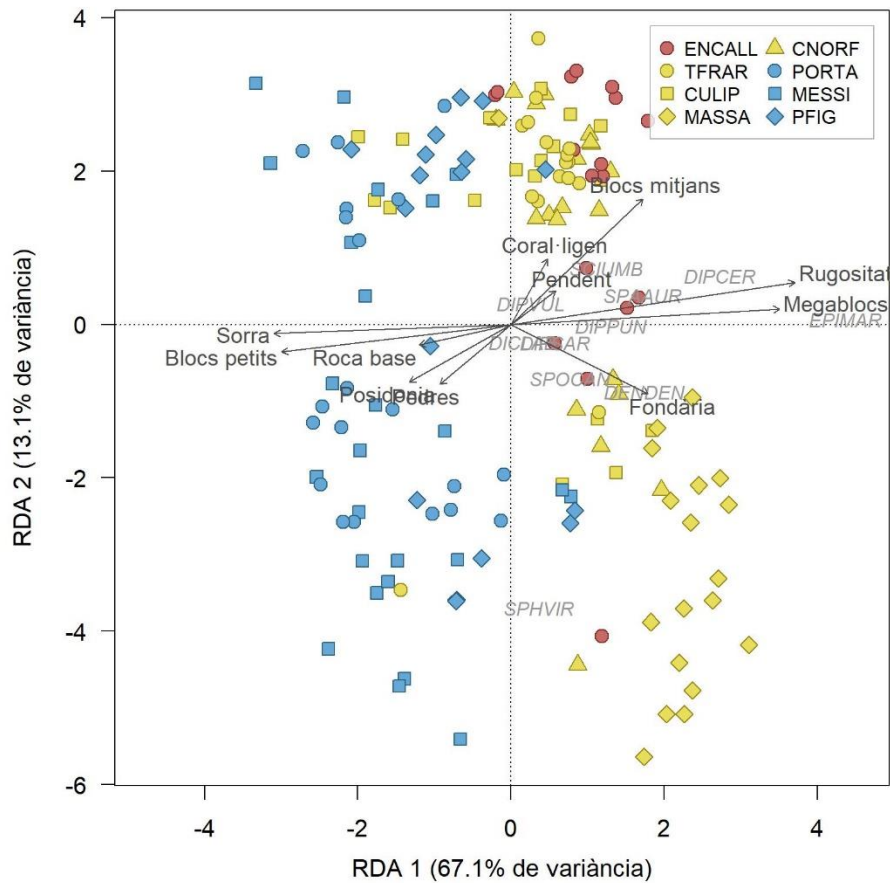


Figura 45. Anàlisi canònic de redundància (RDA) dels diferents trams dels transectes realitzats al Parc Natural de Cap de Creus l'any 2022, tenint en compte la biomassa de totes les espècies censades i considerant com a covariables les variables ambientals mesurades (fondària, pendent, rugositat i les diverses tipologies de fons). Els dos primer eixos acumulen un 80,2 % de la variància observada a les dades. Els colors dels símbols representen els diferents graus de protecció: Reserva Natural Integral (RNI, vermell), Reserva Natural Parcial (RNP, groc) i Parc Natural (PN, blau).

Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter

Patró general

El nombre d'espècies de peixos al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter varia entre les diferents estacions mostrejades, i especialment entre els diferents graus de protecció. Les estacions en les que s'han observat major nombre d'espècies han estat Freuetó-La Vaca (ICV) i Ferranelles-Tascó Gros (FETG), seguides de La Vaca-Salpatxot (SCV) i Medallot (MED), totes situades dins la zona de màxima protecció de la pesca, mentre que les estacions de la zona de PN tenen menor nombre d'espècies observades (Figura 46). Pel que fa al grau de protecció es pot observar diferències estadísticament significatives entre les zones de protecció, amb uns valors més elevats, i les que és permesa la pesca (Figura 46).

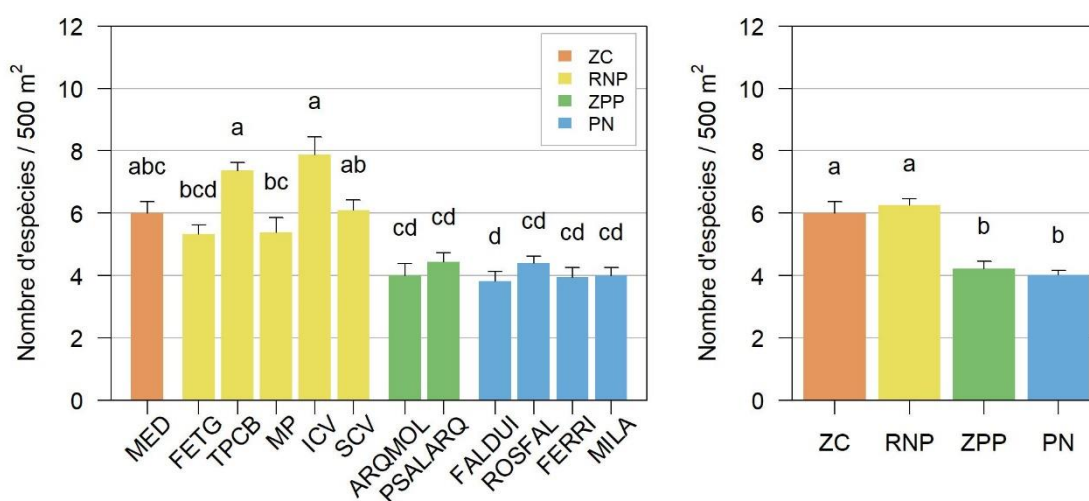


Figura 46. Nombre d'espècies observades (mitjana ± error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p -valor < 0,01) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN).

La biomassa d'espècies altament vulnerables a la pesca també presenta diferències entre les diferents estacions i especialment entre els diferents graus de protecció. Les estacions que presenten una major biomassa són les que pertanyen als graus de protecció de RNP i ZC, amb excepció de Ferranelles-Tascó Gros (FETG). Les estacions amb menor biomassa són Falaguerdui (FALDUI), Ferriola (FERRI) i Punta del Milà (MILA), totes dins la zona de PN. La comparació entre el grau de protecció mostra diferències entre les diferents zones: les zones més protegides de la pesca (ZC i RNP) no mostren diferències entre elles, però sí amb les zones on és permesa la pesca, que mostren valors molt més baixos, especialment la zona de PN, que també mostra diferències significatives amb la zona de ZPP (Figura 47).

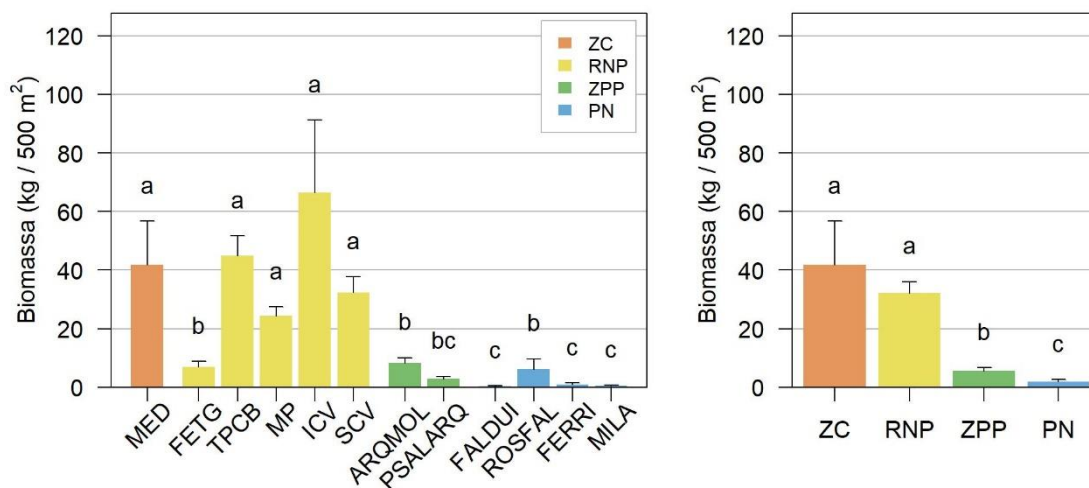


Figura 47. Biomassa total d'espècies altament vulnerables a la pesca (mitjana \pm error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadística significativa (p -valor $< 0,01$) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN).

L'evolució temporal de les espècies vulnerables a la pesca presenta diferències clares entre els graus de protecció, concretament entre les dues zones protegides de la pesca (ZC i RNP) i les zones on és permesa (ZPP i PN). A més, respecte el 2020 s'ha vist un augment de la biomassa en tots els graus de protecció excepte en la zona de PN, que segueix en valors mínims al llarg de pràcticament tot el seguiment (Figura 48).

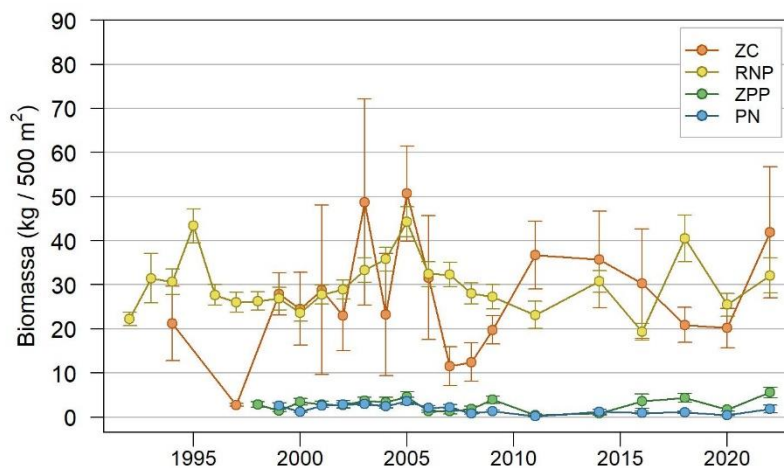


Figura 48. Evolució temporal de la biomassa total d'espècies altament vulnerables a la pesca (mitjana \pm error estàndard) per grau de protecció al llarg dels anys de seguiment del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN). S'ha de destacar que el grau de protecció ZC correspon únicament a la estació del Medallot, designada com a tal a partir de l'any 2016.

Pel que fa a les espècies piscívores, que inclouen espècies que no es troben en els anàlisis anteriors, com ara els espets (*Sphyræna viridensis*) o les sèrvies (*Seriola dumerilii*), els anàlisis mostren el mateix patró. Les zones de RNP, tot i els valors relativament baixos (com Ferranelles-

Tacó Gros (FETG)), juntament amb la zona de ZC, presenta valors de biomassa significativament més alts que les zones de ZPP i PN. A més, la zona de ZPP també mostra diferències amb la zona de PN, amb valors molt baixos (Figura 49).

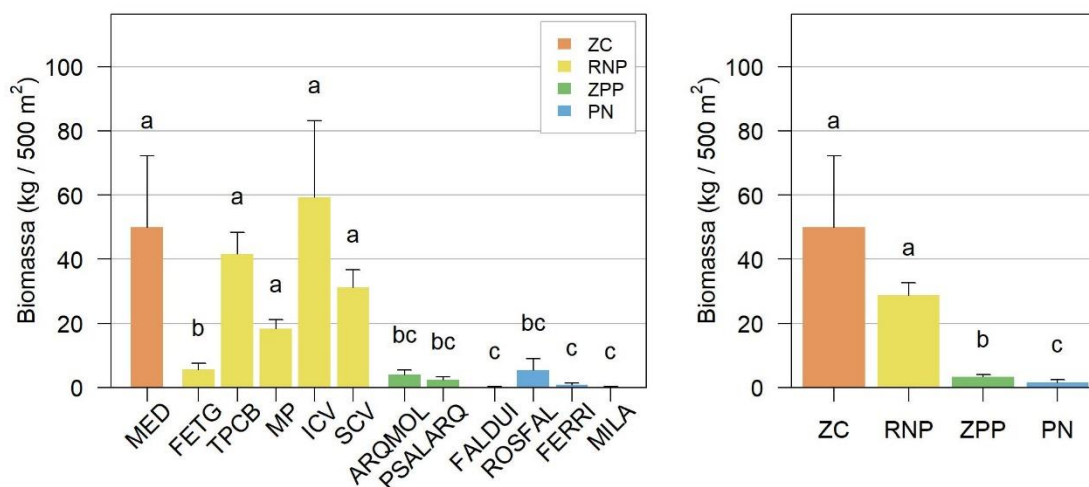


Figura 49. Biomassa total d'espècies piscívores (mitjana ± error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p -valor < 0,01) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN).

L'evolució temporal de les espècies piscívores és també molt semblant al de les espècies vulnerables a la pesca, on les zones més protegides (ZC i RNP) presenten una biomassa significativament major que les zones menys protegides a la pesca (ZPP i PN). Respecte l'any anterior (2020), les biomasses s'han mantingut força estables, amb petits augments, excepte a la zona de ZC que sí que s'hi pot observar un augment, tot i que amb una alta variabilitat (Figura 50).

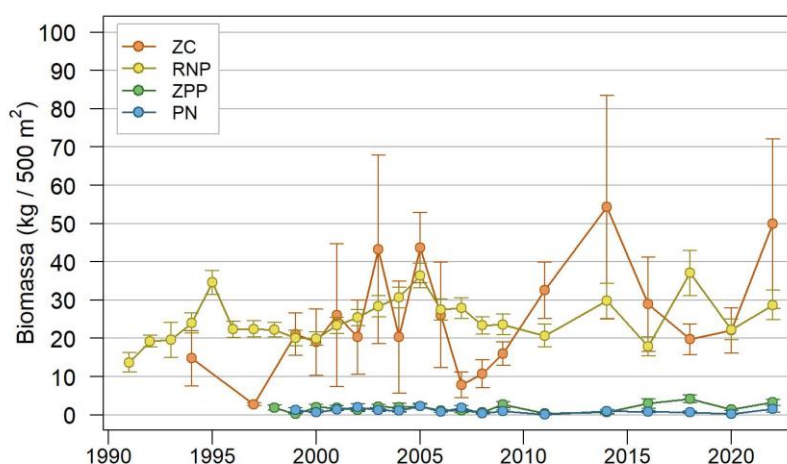


Figura 50. Evolució temporal de la biomassa total d'espècies piscívores (mitjana ± error estàndard) per grau de protecció al llarg dels anys de seguiment del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN). S'ha de destacar que el grau de protecció ZC correspon únicament a la estació del Medallot, designada com a tal a partir de l'any 2016.

Espècies altament vulnerables

Epinephelus marginatus

Les densitats de nero al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter presenten valors molt diferents entre els graus de protecció, amb valors relativament homogenis dins de cada categoria. Dins de les zones de ZC i RNP no hi ha grans diferències significatives entre els llocs mostrejats, excepte Ferranelles-Tascó Gros (FETG). Pel contrari, les estacions dins de ZPP presenten densitats similars entre elles. Finalment, les estacions de PN presenten valors molt baixos de densitats de mero, inclús nuls en el cas de Rossinyol-Falaguer (ROSFAL) i Punta del Milà (MILA). Un patró molt similar es repeteix pel que fa a la biomassa, on les estacions dins de ZC i RNP presenten valors molt més elevats que les que les troben dins de ZPP i PN (Figura 51).

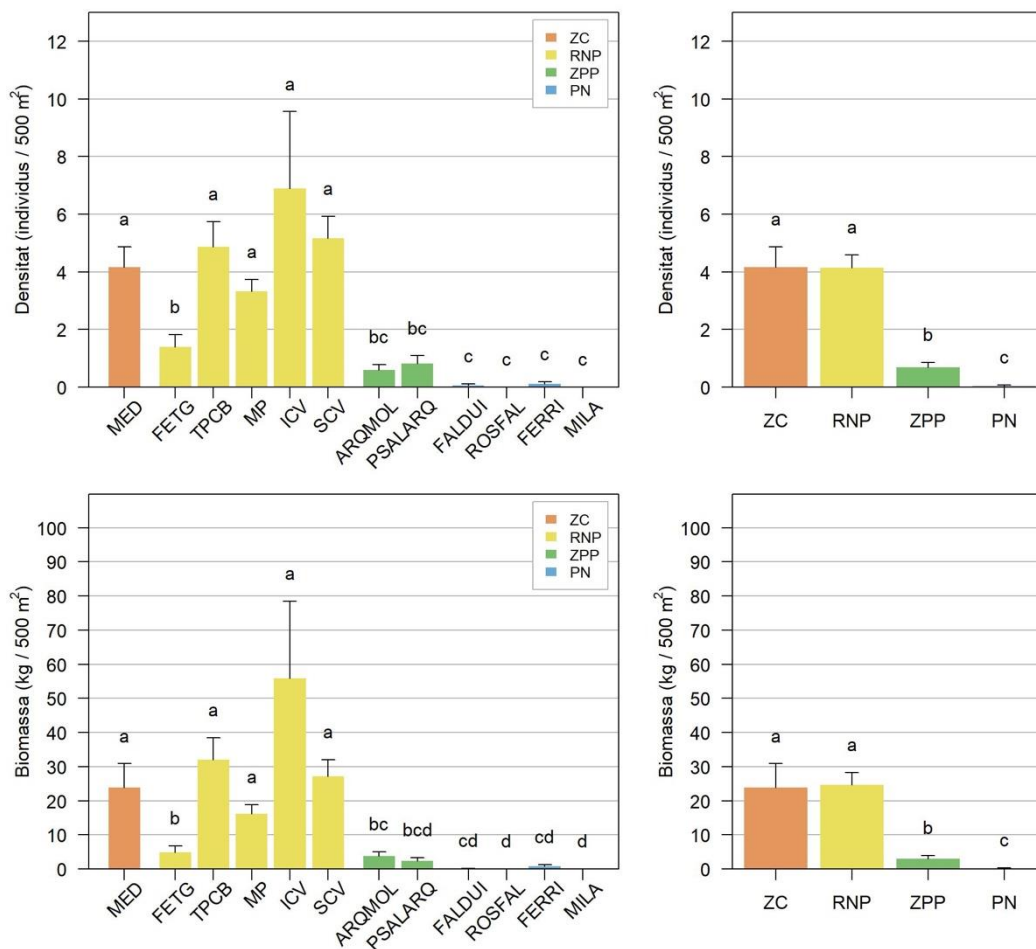


Figura 51. Densitat (dalt) i biomassa (baix) de nero (*Epinephelus marginatus*) (mitjana \pm error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p -valor < 0,01) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN).

L'estructura de talles presenta distribucions diferents segons el grau de protecció. La zona de ZC mostra una distribució irregular de talles, amb la major proporció de meros a la classe de talla de 70 cm. Tant la zona de RNP com la de ZPP presenten una distribució unimodal; la primera té la màxima concentració d'individus a la talla 60 cm, mentre que la segona a 70 cm. A la zona de PN tant sols s'han comptat 4 individus, 3 formen part de la classe de talla de 50 cm i un a la de 80 cm. La mida màxima observada ha estat de 110 cm, a la zona de RNP, mentre que a la a la zona de ZC ha estat de 90 cm i a les zones de ZPP i PN de 80 cm. La talla mínima observada és de 10 cm, a la zona de RNP, i a les zones de RNP i ZPP és de 40 cm (Figura 52).

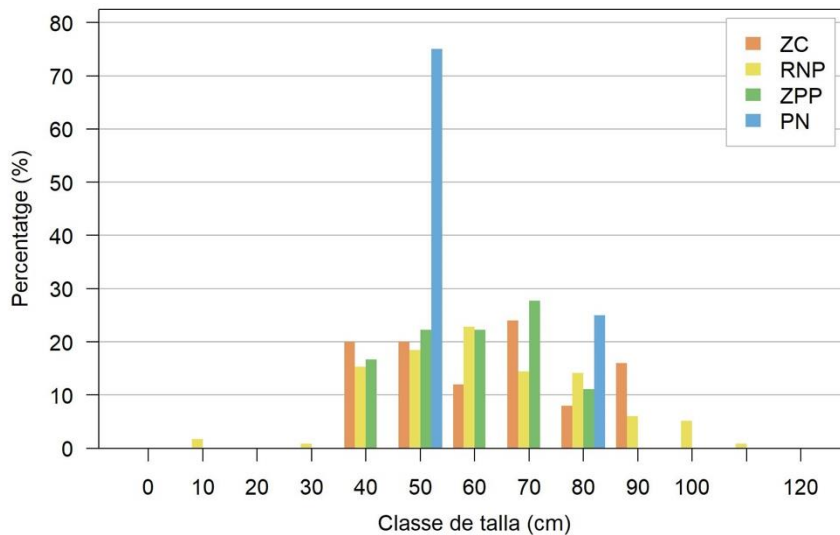


Figura 52. Estructures de talles de nero (*Epinephelus marginatus*) observades als diferents graus de protecció del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter l'any 2022. Grau de protecció: Zona de Control (ZC; n=25), Reserva Natural Parcial (RNP; n=470), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP; n=140) i Parc Natural (PN; n=4).

L'evolució temporal mostra una forta variabilitat al llarg del temps a la zona de RNP i, especialment, a la de ZC. Les zones de ZPP i PN es mantenen en valors molt baixos i, per tant, molt estables. Respecte el 2020, la densitat ha augmentat en totes les zones excepte a la de PN, on s'han trobat molt pocs individus. En quant a la biomassa aquest augment no ha estat significatiu (Figura 53).

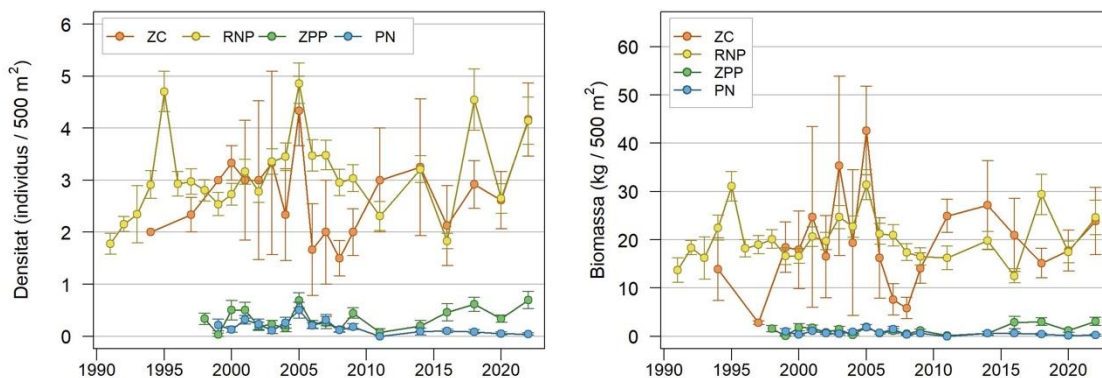


Figura 53. Evolució temporal de la densitat (esquerra) i biomassa (dreta) de nero (*Epinephelus marginatus*) (mitjana \pm error estàndard) per grau de protecció al llarg dels anys de seguiment del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN). S'ha de destacar que el grau de protecció ZC correspon únicament a la estació del Medallot, designada com a tal a partir de l'any 2016.

Dentex dentex

Les densitats del déntol no presenten diferències estadísticament significatives entre les estacions mostrejades, especialment dins del mateix grau de protecció. Això es deu a l'elevada variabilitat que hi ha entre transectes. Les estacions que presenten una mitjana de densitats més elevada són el Medallot (MED), Tascó Petit-Carall Bernat (TPCB) i Freuetó-La Vaca (ICV), mentre que els valors més baixos han estat Punta Salines-Arquets (PSALARQ) i Ferriola (FERRI). Tot i aquesta variabilitat, en els anàlisis comparant el grau de protecció podem veure com les zones més protegides (ZC i RNP) presenten valors significativament més elevats que les zones menys protegides (ZPP i PN). El patró és molt similar en el cas de la biomassa (Figura 54).

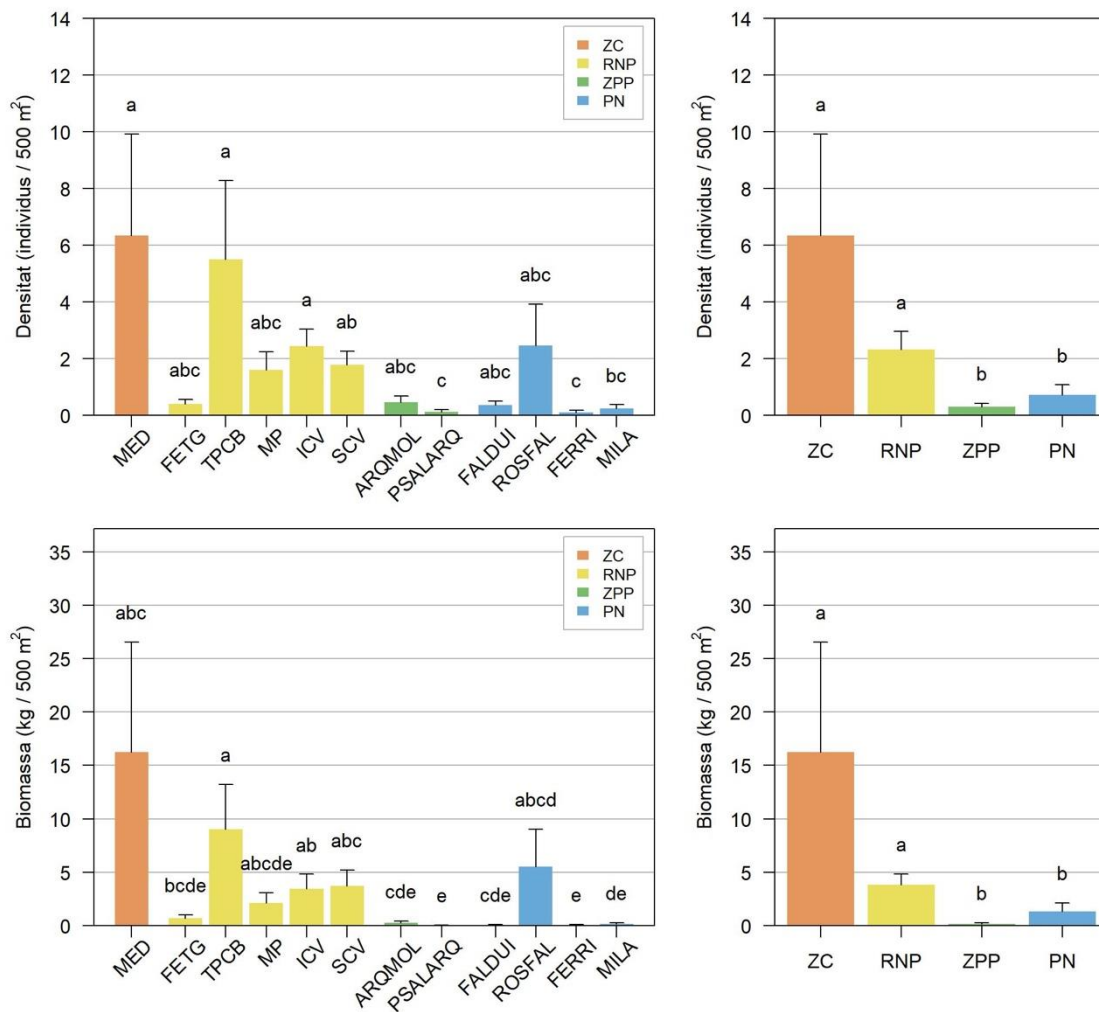


Figura 54. Densitat (dalt) i biomassa (baix) de déntol (*Dentex dentex*) (mitjana \pm error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p -valor $< 0,01$) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN).

L'estructura de talles presenta una distribució unimodal en tots els graus de protecció, excepte en la zona de ZPP, degut al baix nombre d'individus observats. En les zones de ZC i PN el percentatge més elevat d'individus es troba en la classe de talla de 50 cm, mentre que a la zona de RNP és de 40 cm. La mida màxima observada ha estat de 40 cm en les zones de ZC, RNP i PN, mentre que a la zona de ZPP és de 40 cm. La mida més petita observada és de 10 cm a les zones de ZPP i PN, de 30 cm a la RNP i de 40 a la de ZC (Figura 55).

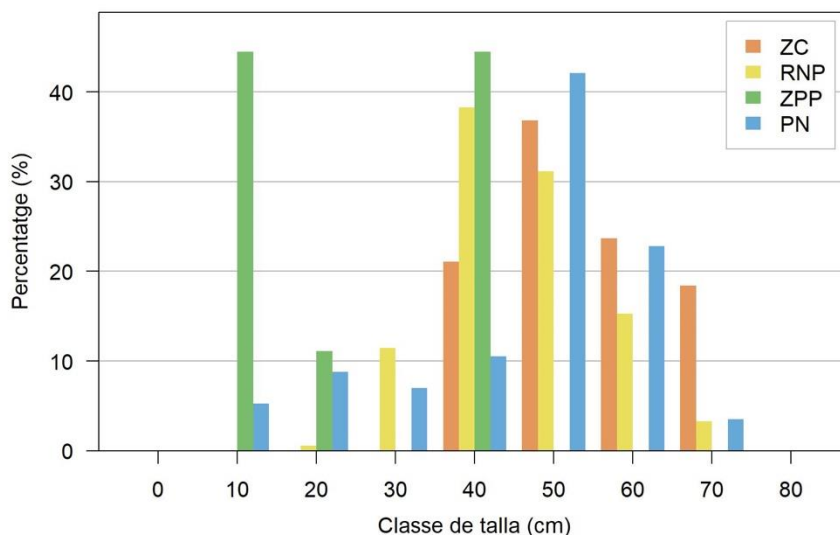


Figura 55. Estructures de talles de déntol (*Dentex dentex*) observades als diferents graus de protecció del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter l'any 2022. Grau de protecció: Zona de Control (ZC; n=38), Reserva Natural Parcial (RNP; n=234), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP29) i Parc Natural (PN; n=57).

Les densitats i biomasses del déntol són força estables al llarg del temps, malgrat que en alguna zona, com la ZC, mostra més variabilitat entre anys, especialment el 2022, que s'ha observat una densitat molt elevada. Respecte els primers mostrejors, a les zones de ZC i RNP, aquesta espècie ha augmentat, sobretot en densitat, mentre que a les zones de ZPP i PN ha disminuït i s'ha mantingut amb valors molt baixos (Figura 56).

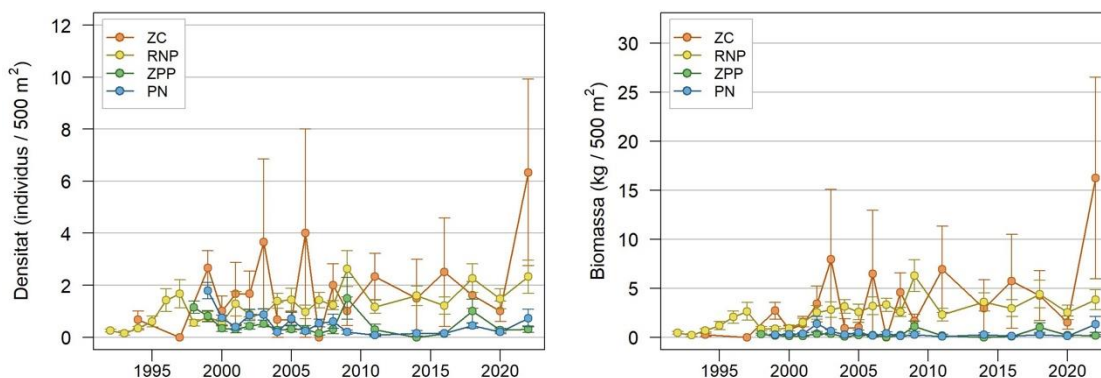


Figura 56. Evolució temporal de la densitat (esquerra) i biomassa (dreta) de déntol (*Dentex dentex*) (mitjana \pm error estàndard) per grau de protecció al llarg dels anys de seguiment del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN). S'ha de destacar que el grau de protecció ZC correspon únicament a la estació del Medallot, designada com a tal a partir de l'any 2016.

Diplodus cervinus

En general, hi ha forces similituds entre les estacions de mostreig de sarg imperial dins de cada grau de protecció. L'estació amb una major densitat i biomassa mitjana de déntols és Freuetó-La Vaca (ICV), juntament amb Tascó Petit-Carall Bernat (TPCB) i Ferranelles-Tascó Gros (FETG), mentre que Punta Salines-Arquets (PSALARQ) i Ferriola (FERRI) mostren els valors més baixos. Sí que s'observen diferències, però, entre els diferents graus de protecció: d'una banda, la zona de RNP mostra densitats i biomasses significativament superiors a les zones de ZPP i PN, mentre que la ZC presenta valors entremetijos (Figura 57).

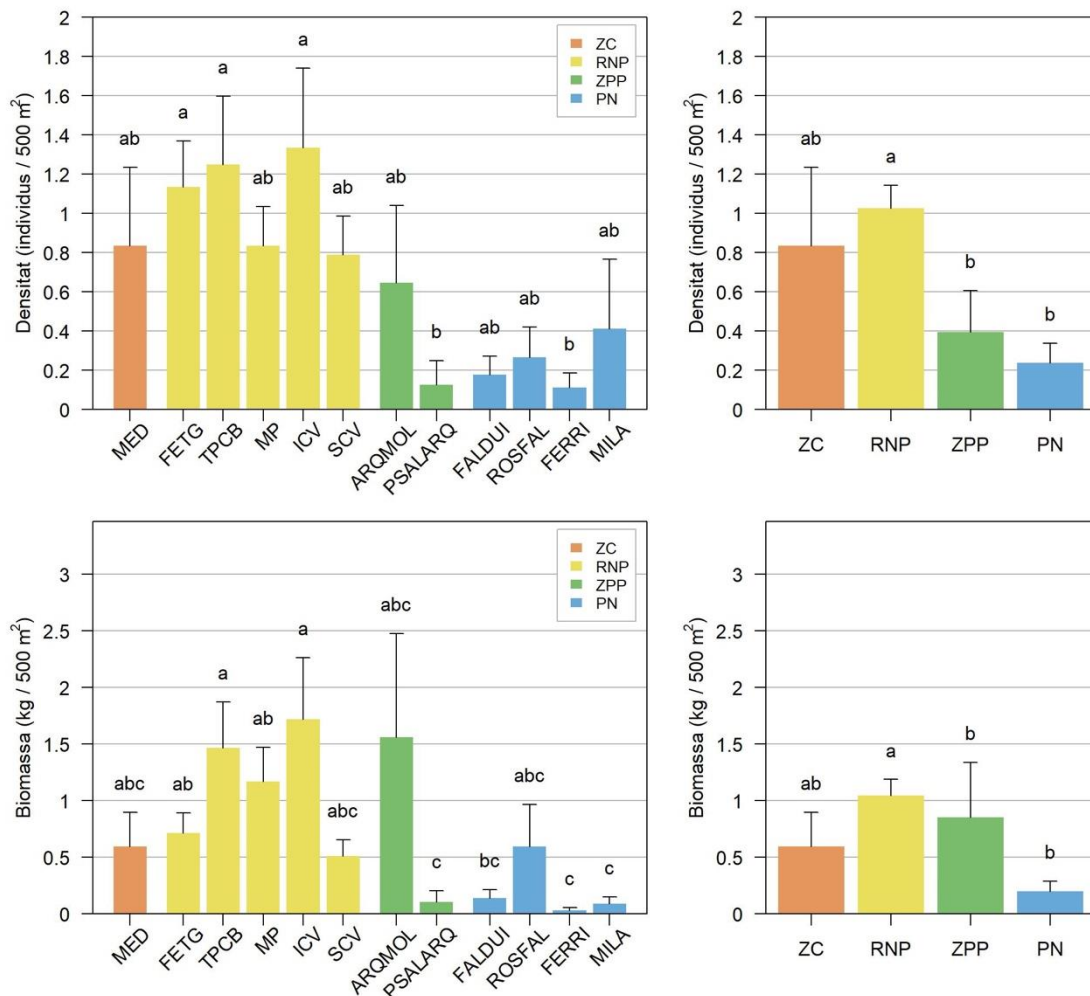


Figura 57. Densitat (dalt) i biomassa (baix) de sarg imperial (*Diplodus cervinus*) (mitjana \pm error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p -valor $< 0,01$) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN).

L'estructura de talles mostra patrons diferents entre els graus de protecció: les zones de RNP i PN presenten una distribució unimodal, amb el màxim percentatge d'individus a la talla de 30 cm en el cas de la RNP i entre 20 i 30 cm en el cas de PN. Les zones de ZC i ZPP són més irregulars. La màxima talla observada és de 50 cm i és en les zones de RNP, ZPP i PN, mentre que a la ZC és de 40 cm. La mida més petita observada és de 10 cm a la RNP i PN, de 20 cm a la ZC i de 40 cm a la ZPP (Figura 58).

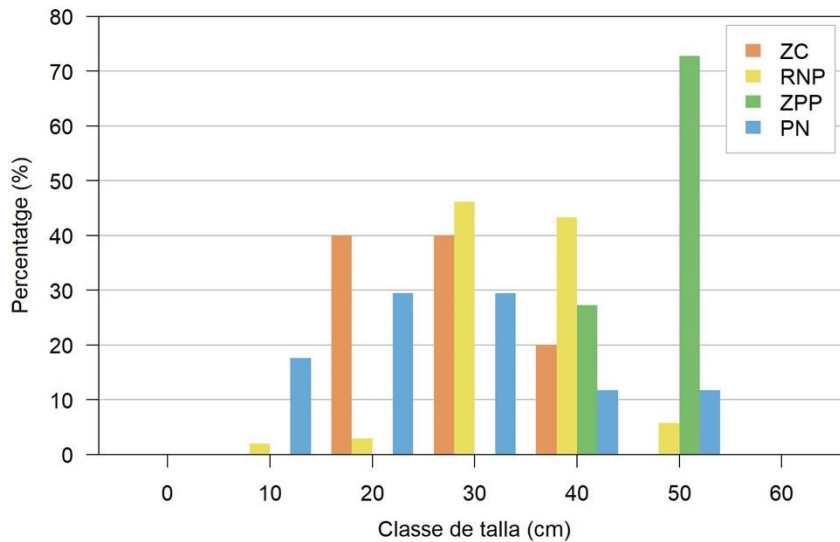


Figura 58. Estructures de talles de sarg imperial (*Diplodus cervinus*) observades als diferents graus de protecció del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter l'any 2022. Grau de protecció: Zona de Control (ZC; n=5), Reserva Natural Parcial (RNP; n=138), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP; n=45) i Parc Natural (PN; n=17).

L'evolució temporal del sarg imperial presenta força variabilitat al llarg dels anys mostrejats, especialment la zona de ZC, tot i que els valors es mostren relativament estables, per sota dels observats durant el període previ al 2009. Respecte l'any 2020, enguany hi ha hagut un augment de la densitat en les zones de ZC, RNP i ZPP, mentre que la zona de PN s'ha mantingut estable, amb valors molt baixos. Aquest augment només s'observa en termes de biomassa a la zona de ZPP (Figura 59).

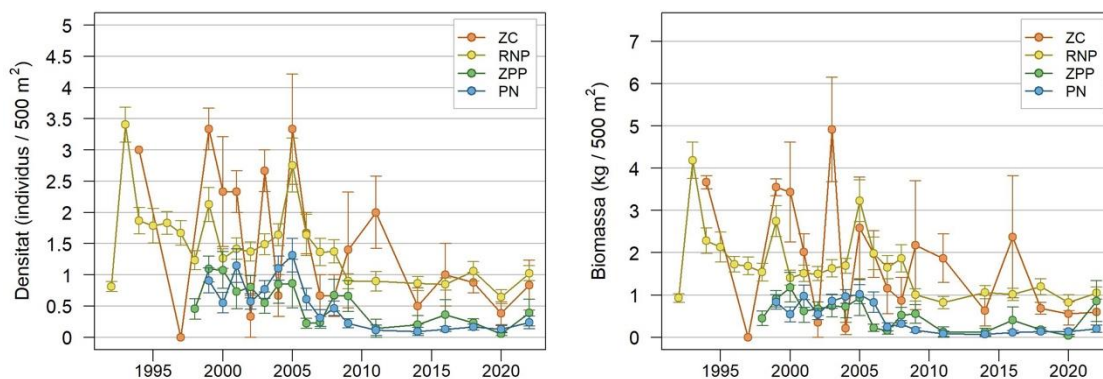


Figura 59. Evolució temporal de la densitat (esquerra) i biomassa (dreta) de sarg imperial (*Diplodus cervinus*) (mitjana \pm error estàndard) per grau de protecció al llarg dels anys de seguiment del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN). S'ha de destacar que el grau de protecció ZC correspon únicament a la estació del Medallot, designada com a tal a partir de l'any 2016.

Dicentrarchus labrax

Aquest 2022 no s'ha observat cap individu de llobarro al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter.

Sparus aurata

Tant la densitat com la biomassa de l'orada no presenta diferències significatives entre les estacions del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Tot i que algunes estacions presenten valors molt elevats, com és el cas d'Arquets-Molinet (ARQMOL), la seva elevada variabilitat fa que no hi hagi diferències estadísticament significatives amb les altres estacions. Pel que fa als anàlisis comparant els diferents graus de protecció, la densitat segueix el mateix patró, on no hi trobem diferències significatives, mentre que en els valors de biomassa sí que se n'observen: la zona de PN mostra valors significativament inferiors als de la zona de RNP, mentre que les zones de ZC i ZPP es troben amb valors entremitjos (Figura 60).

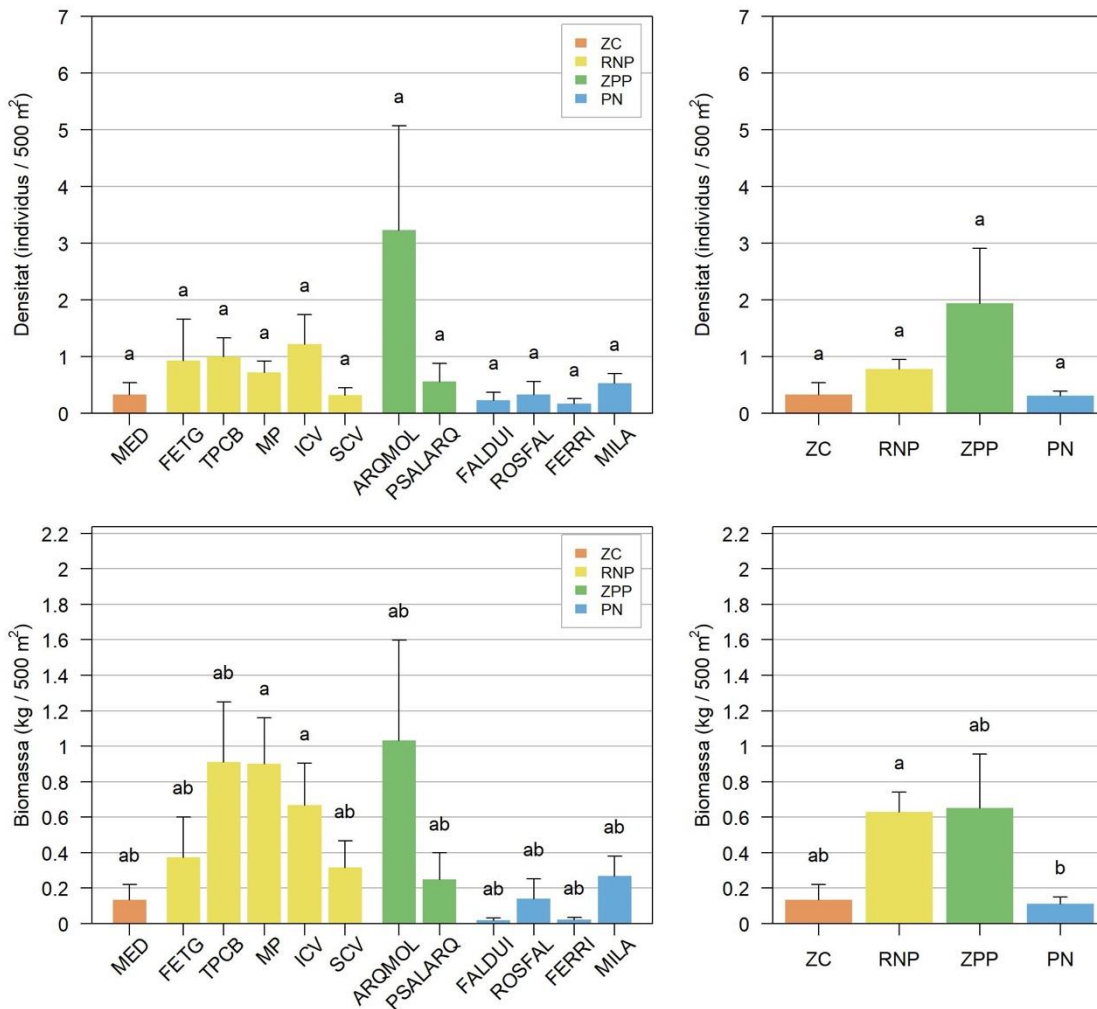


Figura 60. Densitat (dalt) i biomassa (baix) d'orada (*Sparus aurata*) (mitjana \pm error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p -valor $< 0,01$) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN).

L'estructura de talles de l'orada presenta patrons diferents en els graus de protecció. D'una banda, a la zona de ZC tant sols se n'han trobat 2 individus i ambdós es troben a la classe de talla de 30 cm. La zona de RNP presenta una distribució unimodal, amb la màxima concentració d'individus a la classe de talla de 30 cm, la talla màxima observada de 65 cm i la mínima de 30 cm. La zona de ZPP presenta un percentatge màxim d'individus a la classe de 30 cm, la mida màxima de 35 i la mínima de 30. I la zona de PN mostra una distribució bimodal amb els pics a les classes de talla de 20 i 35 cm; la talla màxima observada és de 40 cm i la mínima de 15 cm (Figura 61).

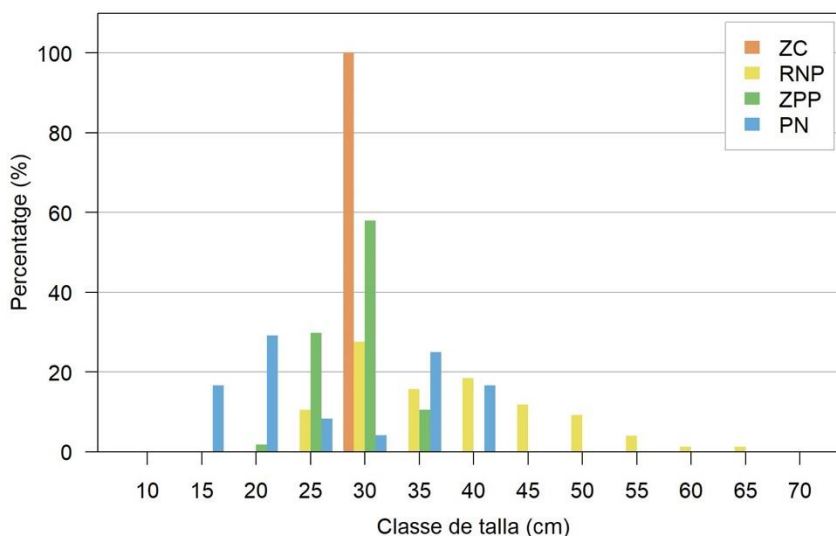


Figura 61. Estructures de talles d'orada (*Sparus aurata*) observades als diferents graus de protecció del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter l'any 2022. Grau de protecció: Zona de Control (ZC; n=2), Reserva Natural Parcial (RNP; n=104), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP; n=76) i Parc Natural (PN; n=24).

Tot i que mostra una forta variabilitat, l'evolució temporal de l'abundància i la biomassa de l'orada mostra, en general, una disminució tant de densitats com de biomassa al llarg del temps respecte als primers anys del seguiment. Aquest fet es mostra sobretot en la zona de RNP on, on es va arribar a un màxim de 4 individus/500 m² i enguany aquest valor queda per sota d'1. La zona de ZC mostra més variabilitat, tot i que en els últims mostrejos s'ha mantingut força estable, i molt per sota dels valors màxims observats. A les zones de ZPP i PN també hi ha hagut una disminució des de l'inici del seguiment, tot i que no tant acusat ja que els valors inicials ja eren força baixos. Enguany destaca l'augment a la zona de ZPP degut a l'observació d'una mola relativament gran en un dels trams (Figura 62).

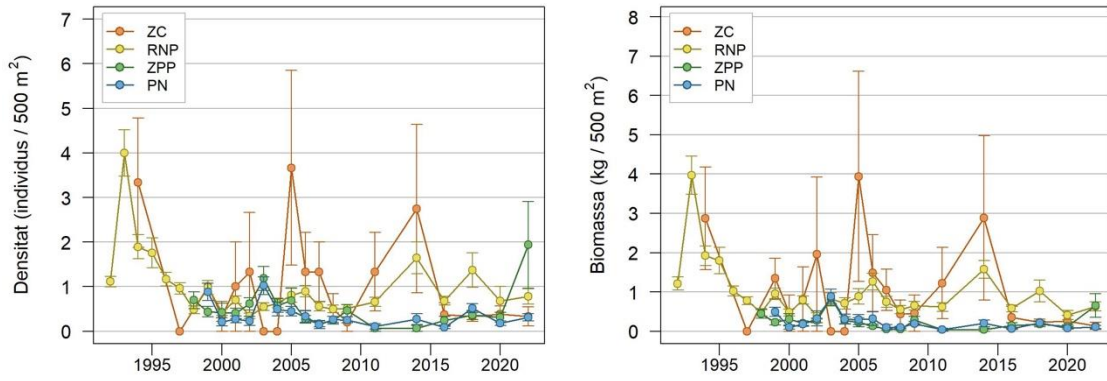


Figura 62. Evolució temporal de la densitat (esquerra) i biomassa (dreta) d'orada (*Sparus aurata*) (mitjana \pm error estàndard) per grau de protecció al llarg dels anys de seguiment del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN). S'ha de destacar que el grau de protecció ZC correspon únicament a la estació del Medallot, designada com a tal a partir de l'any 2016.

Sciaena umbra

La densitat de corball presenta grans diferències entre les diferents estacions mostrejades dins de cada grau de protecció, especialment a les zones protegides de la pesca on és més abundant. Dins de la zona de RNP, l'estació amb menor abundància ha estat La Vaca-Salpatxot (SCV) i especialment Ferranelles-Tascó Gros (FETG), que mostra diferències significatives amb la resta d'estacions. Dins la zona de ZPP les densitats són relativament baixes, tot i que amb una certa representació, mentre que a la zona de PN la seva presència ha estat nul·la excepte a la zona de la Punta del Milà (MILA), on s'ha observat alguns exemplars. L'anàlisi entre els diferents graus de protecció mostra diferències entre les zones més protegides (ZC i RNP) i la zona de PN, mentre que la ZPP presenta valors entremitjos. En termes de biomassa el patró és molt similar, tot i que en els anàlisis per grau de protecció la zona de RNP es diferencia de les zones de ZPP i PN, mentre que la zona de ZC mostra valors entremitjos (Figura 63).

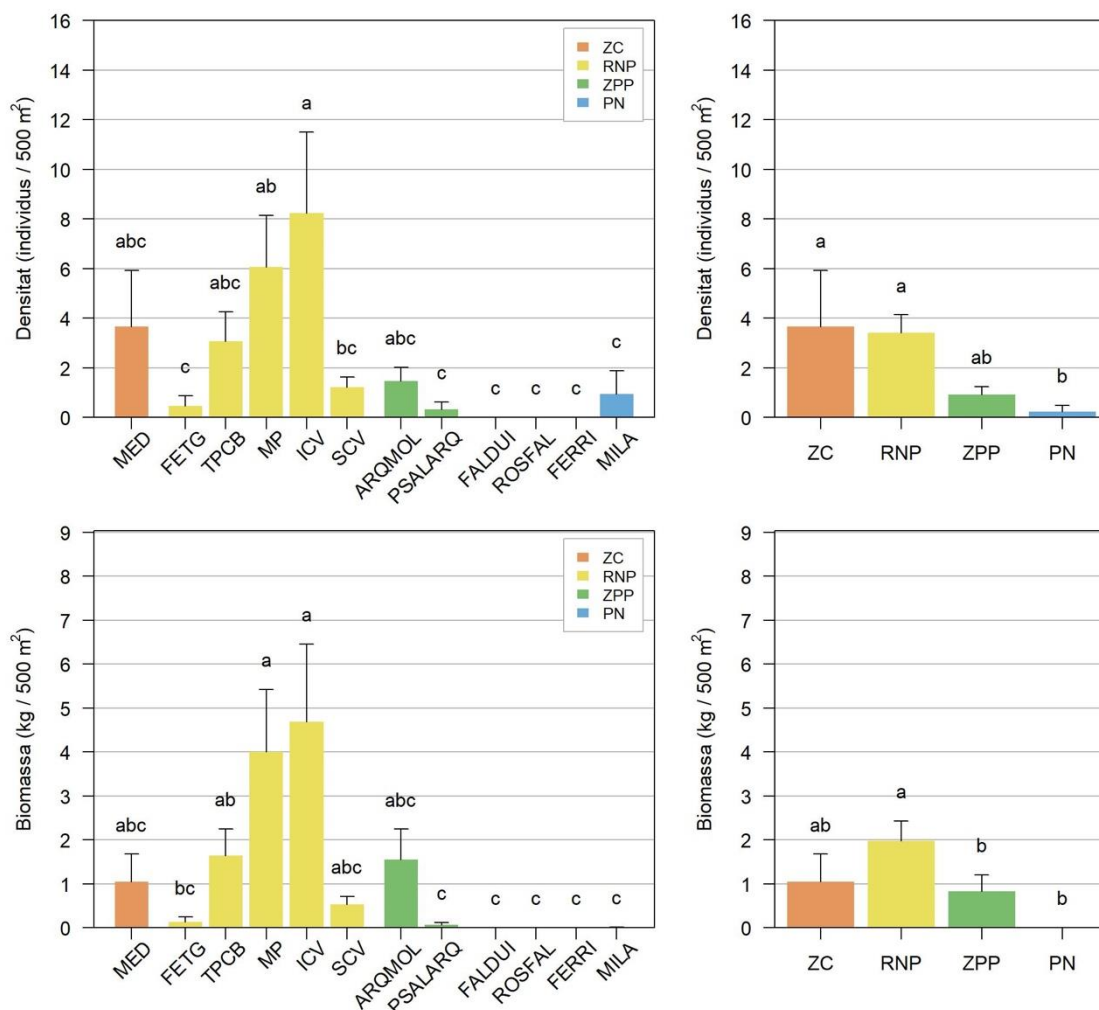


Figura 63. Densitat (dalt) i biomassa (baix) de corball (*Sciaena umbra*) (mitjana \pm error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadística significativa (p -valor $< 0,01$) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN).

L'estructura de talles del corball presenta diferents distribucions segons el grau de protecció. D'una banda, les zones de ZC i RNP presenten una distribució unimodal amb el percentatge més elevat dins de la classe de talla de 30 cm en el cas de la primera, i de 35 cm a la segona. La zona ZPP presenta una distribució bimodal amb els pics a les talles de 30 i 45 cm, i la zona de PN presenta tots els individus a la classe de talla de 10 cm. La mida màxima observada és de 50 cm dins de les zones de RNP i ZPP, a la zona de ZC és de 35 cm. La mida més petita observada des dins la classe de talla de 10 cm i en trobem dins de RNP, ZPP i PN, mentre que a la zona de ZC és de 20 cm (Figura 64).

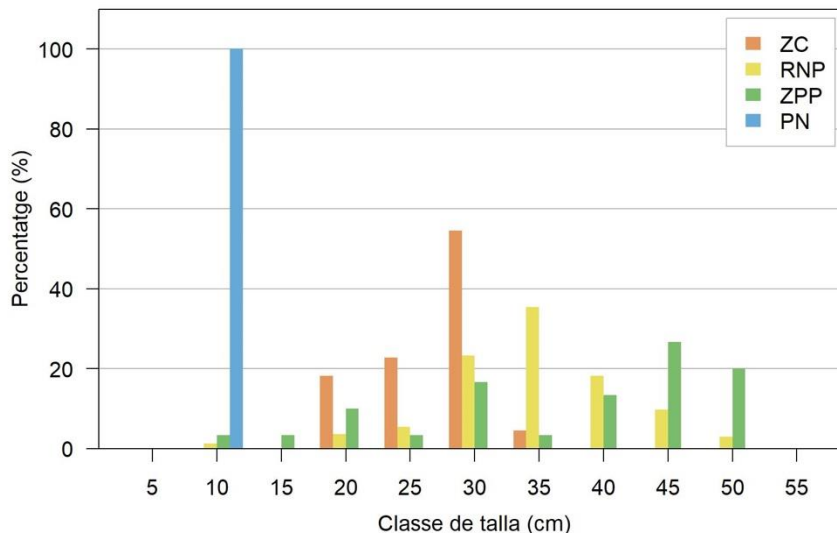


Figura 64. Estructures de talles de corball (*Sciaena umbra*) observades als diferents graus de protecció del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter l'any 2022. Grau de protecció: Zona de Control (ZC; n=22), Reserva Natural Parcial (RNP; n=483), Zona Perifèrica a la Protecció (ZPP; n=131) i Parc Natural (PN; n=16).

Globalment, la densitat de corball dins les zones protegides és força estable al llarg del temps, tot i que hi ha hagut variabilitat entre els diferents anys mostrejats, especialment a la zona de ZC.

A la zona de ZPP l'evolució de la densitat i biomassa de corball és més irregular degut al baix nombre d'individus observats, amb pics de densitat i biomassa i anys amb caigudes acusades (arribant a 0 en alguns anys dins la zona de ZPP). En el cas de la zona de PN es manté en valors nuls o gairebé nuls. Respecte el 2020, la zona de RNP disminueix lleugerament, encara que no significativament en el cas de la densitat però sí de la biomassa. Destaca la zona de ZC on hi ha hagut un fort augment de la densitat, tot i que amb una variabilitat molt elevada. A la zona de ZPP també es produeix un augment significatiu de densitat i biomassa, tot i que segueix tenint valors baixos, i en el cas de PN s'observa un petit augment de la densitat però no de la biomassa, però amb valors pràcticament nuls (Figura 65).

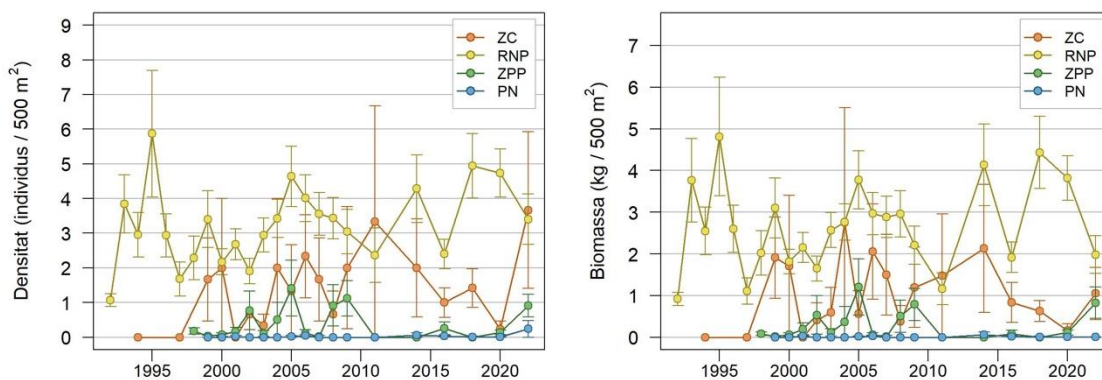


Figura 65. Evolució temporal de la densitat (esquerra) i biomassa (dreta) de corball (*Sciaena umbra*) (mitjana \pm error estàndard) per grau de protecció al llarg dels anys de seguiment del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN). S'ha de destacar que el grau de protecció ZC correspon únicament a la estació del Medallot, designada com a tal a partir de l'any 2016.

Espècies moderadament vulnerables

Diplodus sargus

El sarg és una de les espècies més abundants estudiades en el seguiment. A grans trets, trobem poques diferències significatives entre les diferents estacions mostrejades. Pel que fa la densitat, destaca la zona de Freuetó-La Vaca (ICV) alta amb valors més elevats, que es diferencia significativament de les estacions amb menys abundància: la Meda Petita (MP), Medallot (MED), Arquets-Molinet (ARQMOL) i Falaguer-DUI (FALDUI). A més, en algunes estacions podem veure una variabilitat alta, donat que en alguns trams dels transectes ens podem trobar bancs d'aquesta espècie. Pel que fa a la biomassa s'observa més variació entre estacions, amb Freuetó-La Vaca (ICV) i Rossinyol-Falaguer (ROSFAL) amb els valors més elevats, i per sota Medallot (MED), Meda Petita (MP) i Falaguer-DUI (FALDUI). Pel que fa als anàlisis per grau de protecció no trobem diferències entre les zones, ni en la densitat ni en la biomassa (Figura 66).

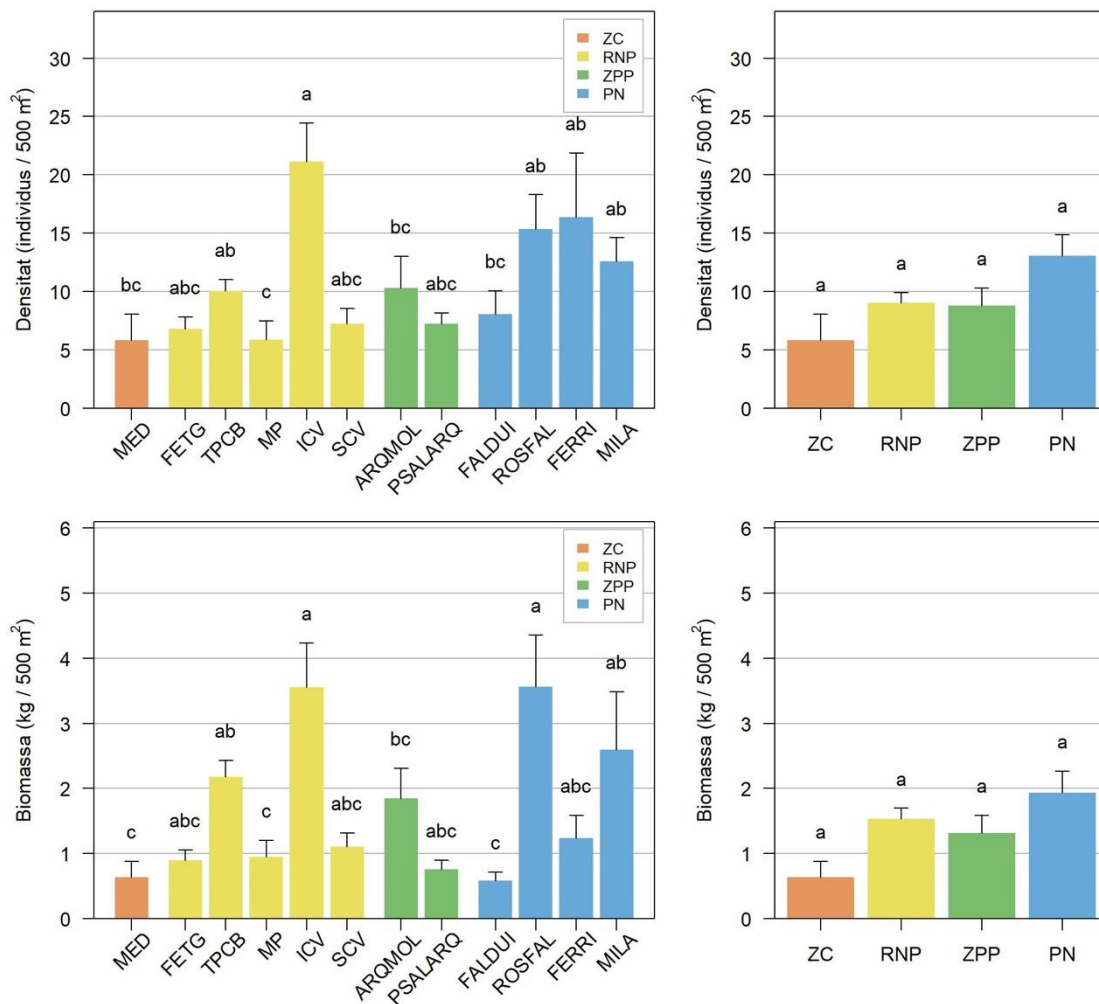


Figura 66. Densitat (dalt) i biomassa (baix) de sarg (*Diplodus sargus*) (mitjana \pm error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p -valor $< 0,01$) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN).

L'estructura de talles del sarg mostra una distribució unimodal en tots els graus de protecció, amb el percentatge màxim d'individus en la classe de talla de 20 cm en el cas de RNP i ZPP, i de 15 cm a ZC i PN. La talla màxima observada és de 35 cm i la trobem a la zona de PN; la mida més gran observada a les zones de RNP i ZPP és de 35 cm, i la de ZC de 25 cm. La mida més petita observada és de 2 cm a la zona de ZPP; a la zona de PN, la mida més petita és de 5 cm, mentre que a les zones de ZC i RNP és de 10 cm (Figura 67).

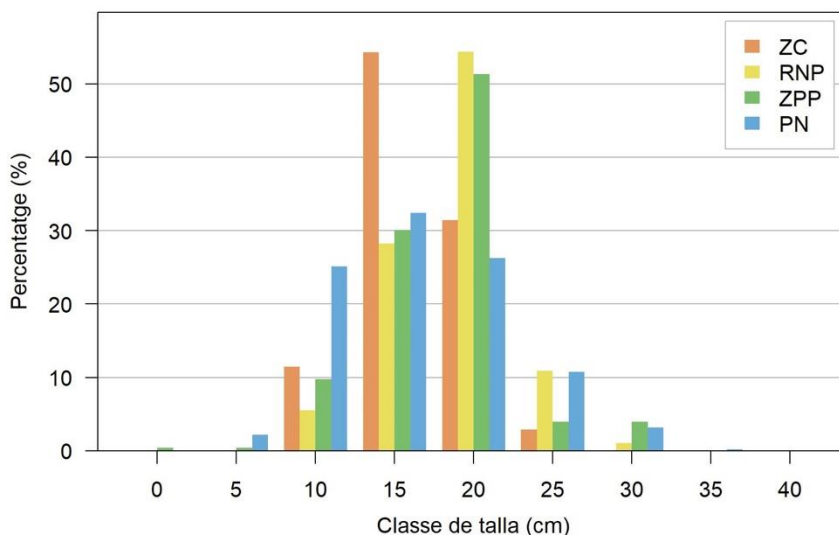


Figura 67. Estructures de talles de sarg (*Diplodus sargus*) observades als diferents graus de protecció del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter l'any 2022. Grau de protecció: Zona de Control (ZC; n=35), Reserva Natural Parcial (RNP; n=762), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP; n=226) i Parc Natural (PN; n=1116).

L'evolució temporal del sarg és força estable al llarg del temps, amb algunes oscil·lacions.. Tot i això, sí que s'observa una disminució general respecte el 2006. Enguany, però, destaca la zona de PN, on hi ha hagut un augment significatiu d'aquesta espècie respecte el 2020, tant en densitat com en biomassa, sent la zona amb una biomassa mitjana major. Pel contrari, la zona de ZC ha patit una disminució en els dos paràmetres. Les zones de RNP i ZPP es mantenen força estables respecte l'anterior mostreig (Figura 68).

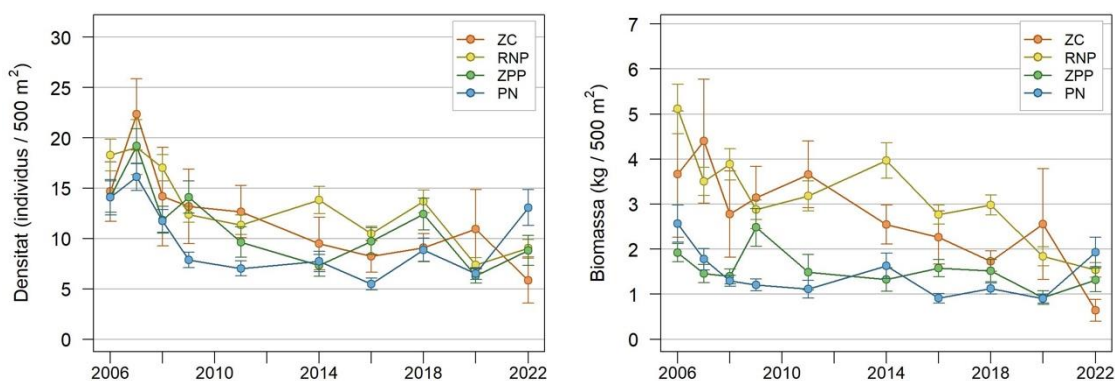


Figura 68. Evolució temporal de la densitat (esquerra) i biomassa (dreta) de sarg (*Diplodus sargus*) (mitjana ± error estàndard) per grau de protecció al llarg dels anys de seguiment del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN). S'ha de destacar que el grau de protecció ZC correspon únicament a la estació del Medallot, designada com a tal a partir de l'any 2016.

Diplodus vulgaris

La variada és l'espècie més abundant, amb diferència del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, arribant a 60 individus/500 m² de mitjana en algunes estacions, com al Medallot (MED), Freuetó-La Vaca (ICV) o Punta del Milà (MILA), però en general, no hi ha gaires diferències entre les estacions mostrejades. Degut a la gran variabilitat observada, degut a la distribució heterogènia d'aquesta espècie, amb grans moles concentrades en trams determinats. La biomassa segueix un patró semblant a la densitat on, en general no trobem grans diferències. Comparant el grau de protecció destaca que la zona menys protegida (PN) presenta una densitat i biomassa de variades superior a les zones més protegides (ZC i RNP), mentre que la zona de ZPP presenta valors entremitjos (Figura 69).

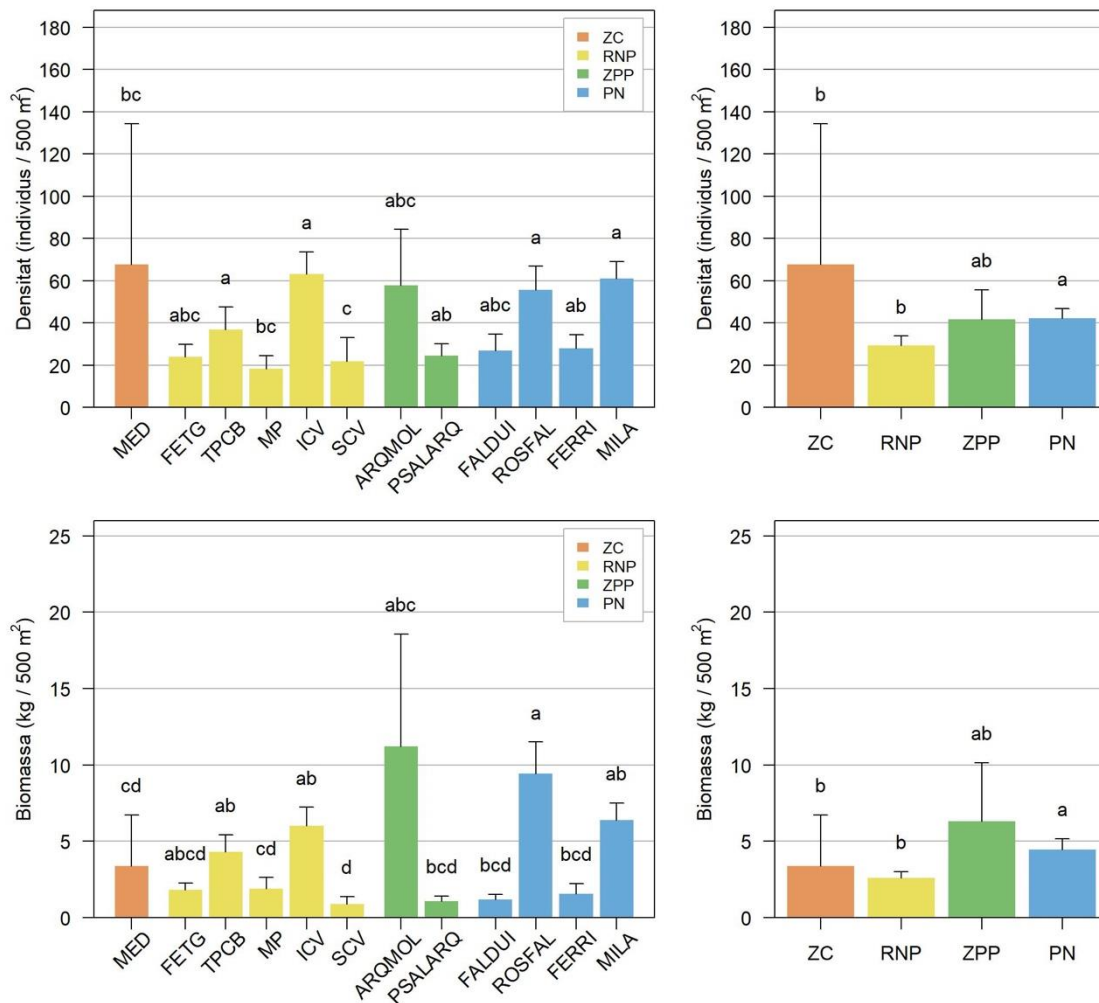


Figura 69. Densitat (dalt) i biomassa (baix) de variada (*Diplodus vulgaris*) (mitjana \pm error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p -valor $< 0,01$) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN).

L'estructura de talles presenta patrons diferents segons el grau de protecció. Tant la zona de RNP com la de PN presenten una distribució unimodal amb la concentració màxima d'individus en la classe de talla de 15 cm. D'altra banda, a la zona de ZC només s'han trobat individus de les classes de talla de 10 i 15 cm. Finalment, la major part d'individus de la zona de ZPP coincideix amb la màxima mida observada en aquesta zona, que és de 25 cm. la mida màxima observada es troba a la zona de PN i és de 35 cm, mentre que a les zones de RNP i ZPP és de 25 cm. La mida més petita observada és de la classe de talla de 5 cm i s'ha observat en 3 zones: RNP, ZPP i PN (Figura 70).

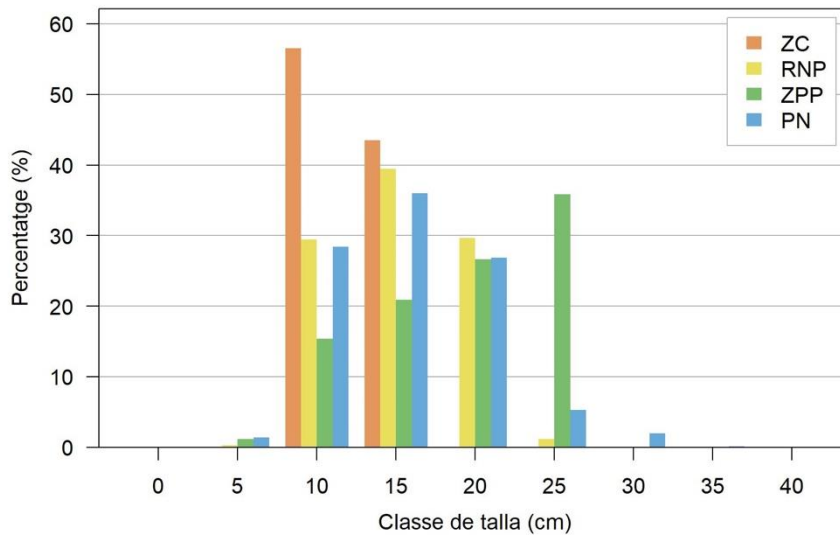


Figura 70. Estructures de talles de variada (*Diplodus vulgaris*) observades als diferents graus de protecció del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter l'any 2022. Grau de protecció: Zona de Control (ZC; n=407), Reserva Natural Parcial (RNP; n=2.462), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP; n=1.171) i Parc Natural (PN; n=3.252).

L'evolució temporal de la variada mostra una forta estabilitat temporal, amb oscil·lacions interanuals. Enguany s'observa un augment de les densitats en tots els graus de protecció, tot i que a la zona de ZC hi ha una variabilitat tan gran que la diferència no és significativa respecte el 2020. En termes de biomassa, però, aquest augment no s'ha vist reflectit a la zona de RNP, que s'ha mantingut estable (Figura 71).

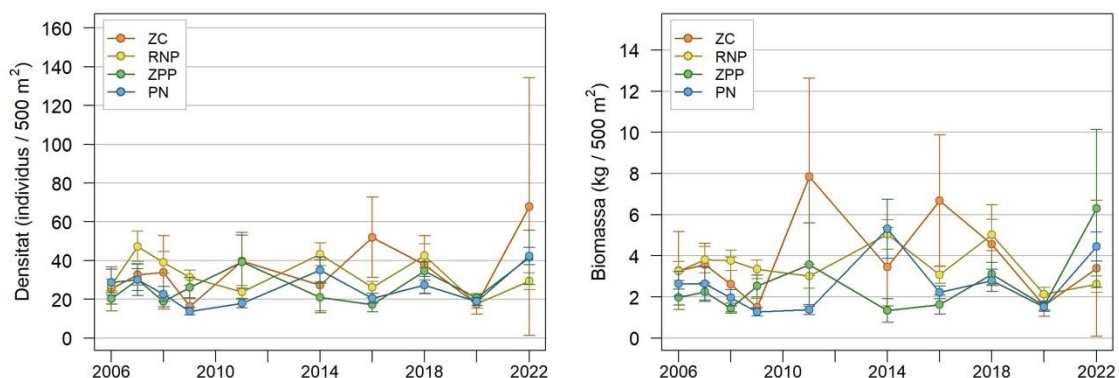


Figura 71. Evolució temporal de la densitat (esquerra) i biomassa (dreta) de variada (*Diplodus vulgaris*) (mitjana \pm error estàndard) per grau de protecció al llarg dels anys de seguiment del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN). S'ha de destacar que el grau de protecció ZC correspon únicament a la estació del Medallot, designada com a tal a partir de l'any 2016.

Diplodus puntazzo

Enguany no s'observen grans diferències entre les diferents estacions de mostreig en termes de densitat de morruda; únicament es troben diferències entre les estacions de Medallot (MED) i La Vaca-Salpatxot (SCV) respecte Arquets-Molinet (ARQMOL), que mostra el valor de densitat més baix. L'anàlisi comparatiu del grau de protecció mostra valors de densitat significativament més grans a les zones protegides (ZC i RNP) respecte a la ZPP, mentre que la zona de PN mostra valors entremetijos, tot i que diferents de la ZC.

Pel que fa a la biomassa, no s'han trobat diferències entre les diferents estacions, però sí entre els graus de protecció: les zones més protegides (ZC i RNP) presenten una biomassa superior a la zona de ZP, mentre que PN es troba en valors entremetijos (Figura 72).

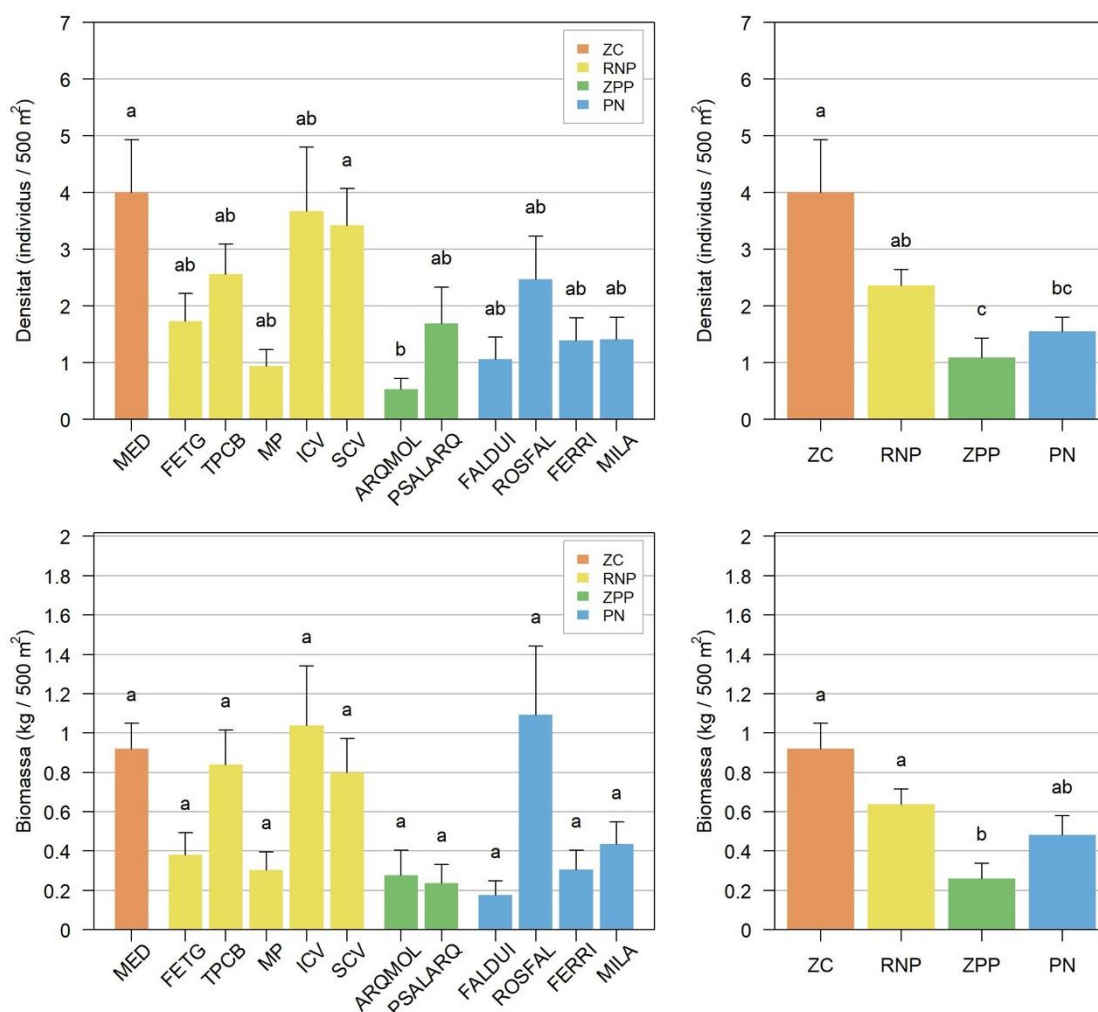


Figura 72. Densitat (dalt) i biomassa (baix) de morruda (*Diplodus puntazzo*) (mitjana \pm error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadística significativa (p -valor $< 0,01$) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN).

L'estructura de talles presenta una distribució unimodal en els diferents graus de protecció, tot i que amb algunes diferències entre ells. D'una banda, les zones de ZC i PN presenten la màxima proporció d'individus en la classe de talla de 20 cm, mentre que a les zones de RNP i ZPP és a la

talla de 25 cm. La mida màxima observada és de 50 cm i es troba a la zona de ZPP. La mida més gran a les zones de RNP i PN és de 45 cm, mentre que a la zona de ZC és de 30 cm. La talla més petita observada és de 10 cm i la trobem a les zones de RNP i ZPP, mentre que a les zones de ZC i PN és de 15 cm (Figura 73).

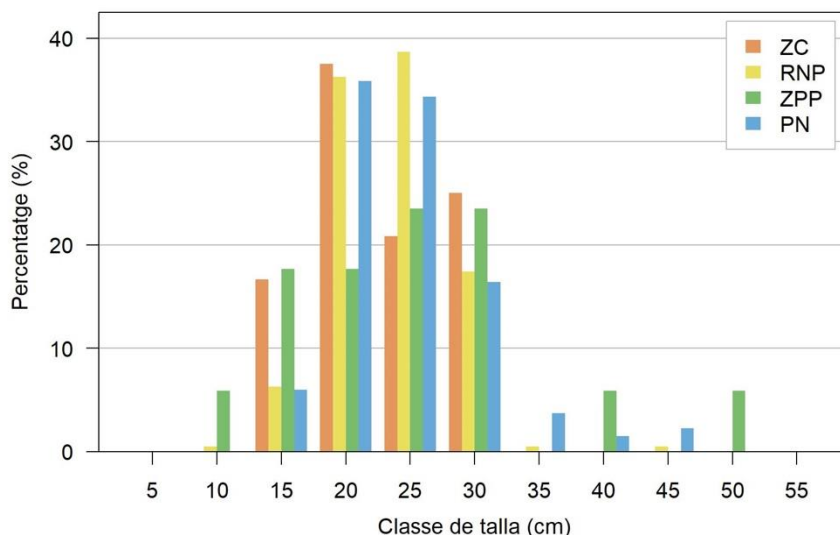


Figura 73. Estructures de talles de morruda (*Diplodus puntazzo*) observades als diferents graus de protecció del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter l'any 2022. Grau de protecció: Zona de Control (ZC; n=24), Reserva Natural Parcial (RNP; n=287), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP; n=23) i Parc Natural (PN; n=134).

L'evolució temporal de la morruda mostra que és una espècie força estable, sense grans canvis, excepte en la zona de ZC, on s'observen forces variacions interanuals. Enguany no s'ha vist un canvi significatiu en els diferents graus de protecció, excepte en la densitat de la ZC, que ha augmentat. L'evolució temporal de la biomassa segueix el mateix patró, tot i que l'augment en la zona de ZC no és tan pronunciat (Figura 74).

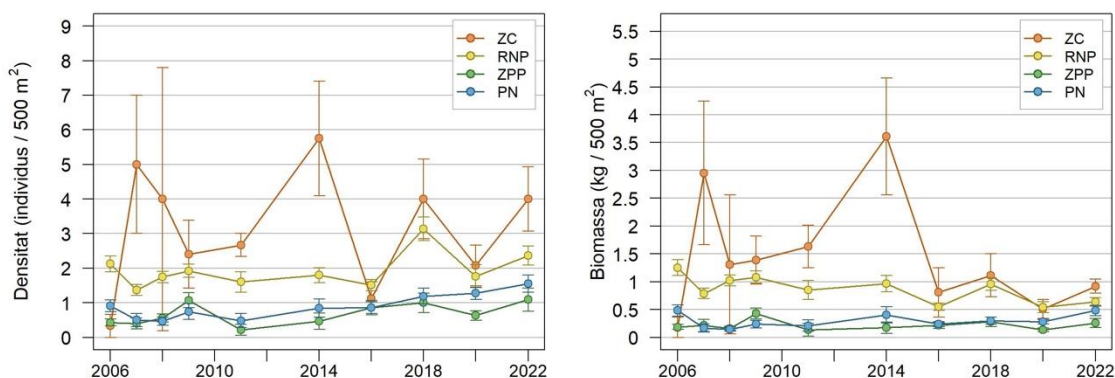


Figura 74. Evolució temporal de la densitat (esquerra) i biomassa (dreta) de morruda (*Diplodus puntazzo*) (mitjana \pm error estàndard) per grau de protecció al llarg dels anys de seguiment del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN). S'ha de destacar que el grau de protecció ZC correspon únicament a la estació del Medallot, designada com a tal a partir de l'any 2016.

Spondyliosoma cantharus

La càntera és una espècie força comuna, ja que s'ha trobat en totes les estacions mostrejades, en major o menor mesura, i no mostra diferències entre les diferents estacions ni en termes de densitat ni en biomassa. Pel que fa a les densitats, únicament trobem diferències entre l'estació de Freuetó-La Vaca (ICV) amb valors significativament superiors a la resta, amb excepció de Medallot (MED) i Tascó Petit-Carall Bernat (TPCB). En termes de biomassa, l'estació Freuetó-La Vaca (ICV) presenta similituds únicament amb Tascó Petit-Carall Bernat (TPCB), Arquets-Molinet (ARQMOL) i Punta del Milà (MILA). Els anàlisis per grau de protecció no mostren diferències significatives entre ells, ni en densitats ni en biomassa (Figura 75).

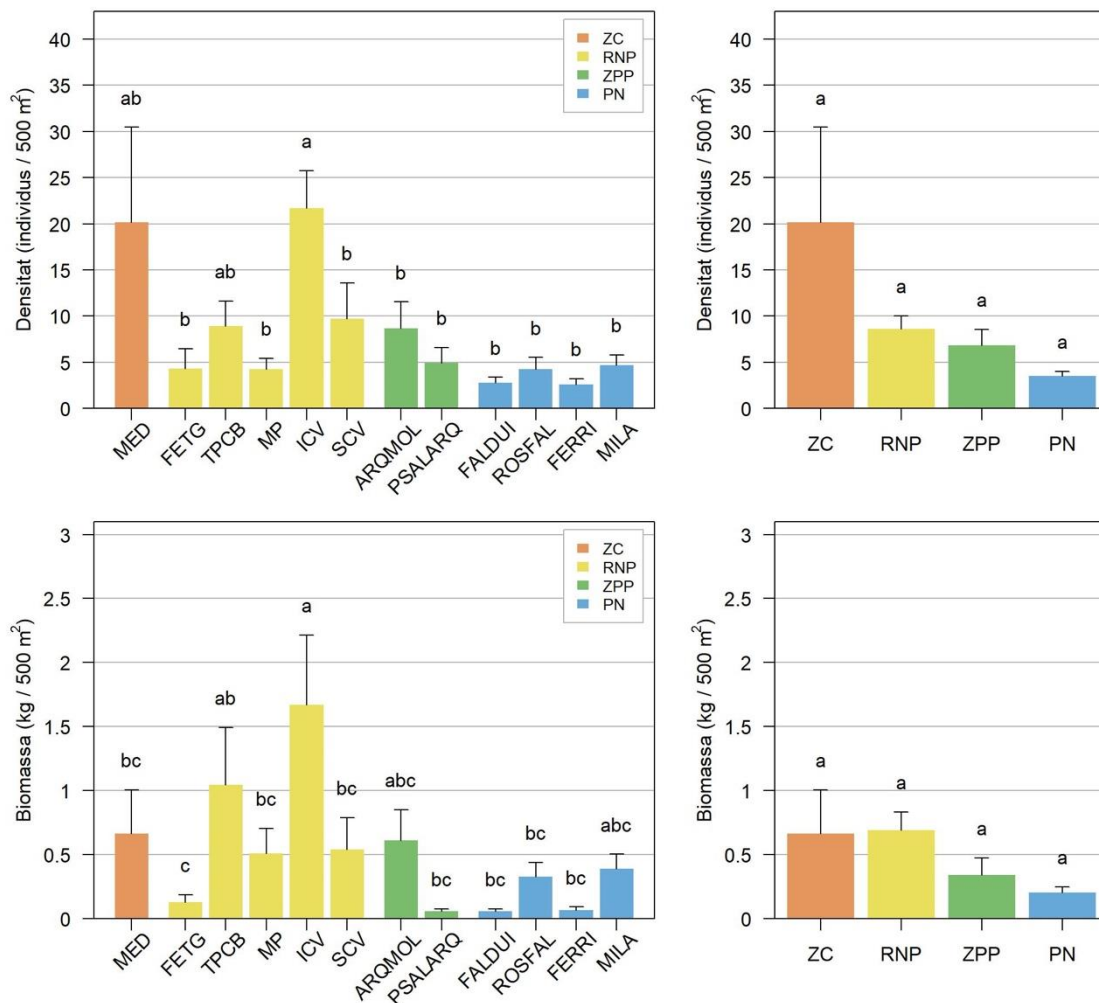


Figura 75. Densitat (dalt) i biomassa (baix) de càntera (*Spondyliosoma cantharus*) (mitjana ± error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadística significativa (p -valor < 0,01) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN).

L'estructura de talles de la càntera mostra una distribució unimodal en tots els graus de protecció. En tots ells, a més, el percentatge més alt d'individus el trobem en la classe de talla de 10 cm (excepte en la zona de RNP, que es reparteix entre aquesta mida i 15 cm). La mida més gran observada és de 35 cm a les zones de RNP i PN; a la zona de ZPP és de 30 cm i a la de ZC de 15 cm. La mida més petita observada és de 2 cm i la trobem a la zona de ZPP; a les altres zones, la càntera més petita és de 5 cm (Figura 76).

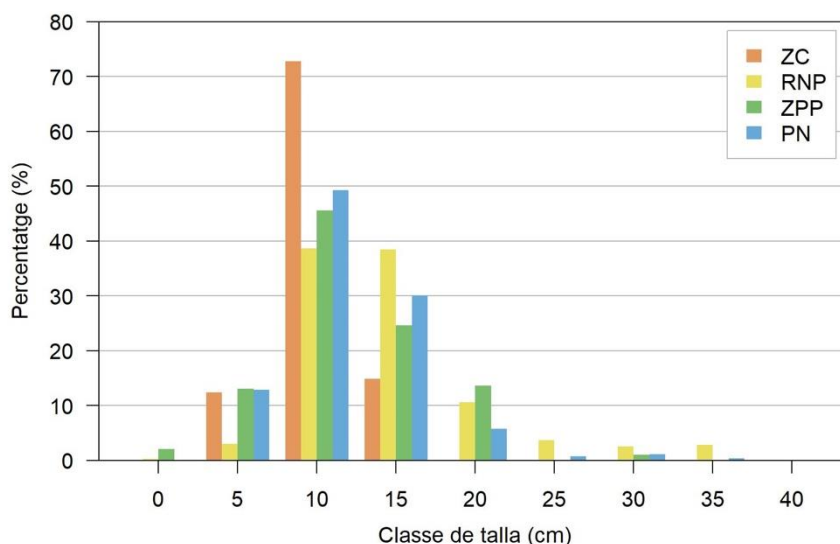


Figura 76. Estructures de talles de càntera (*Spondyliosoma cantharus*) observades als diferents graus de protecció del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter l'any 2022. Grau de protecció: Zona de Control (ZC; n=121), Reserva Natural Parcial (RNP; n=1.009), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP; n=382) i Parc Natural (PN; n=280).

En termes generals, la tendència d'aquesta espècie és un augment progressiu amb el temps, tant pel que fa a la densitat com a la biomassa. Enguany destaca la zona de ZC, on la mitjana de densitat, però no de biomassa, ha augmentat, encara que degut a la gran variabilitat que presenta, aquesta pujada no és significativa en referència al 2020. A la zona de RNP sí que es veu un augment significatiu de la densitat, però no de biomassa, i les zones de ZPP i PN es mantenen estables respecte l'anterior mostreig. La biomassa es manté en tots els graus de protecció respecte el 2020 (Figura 77).

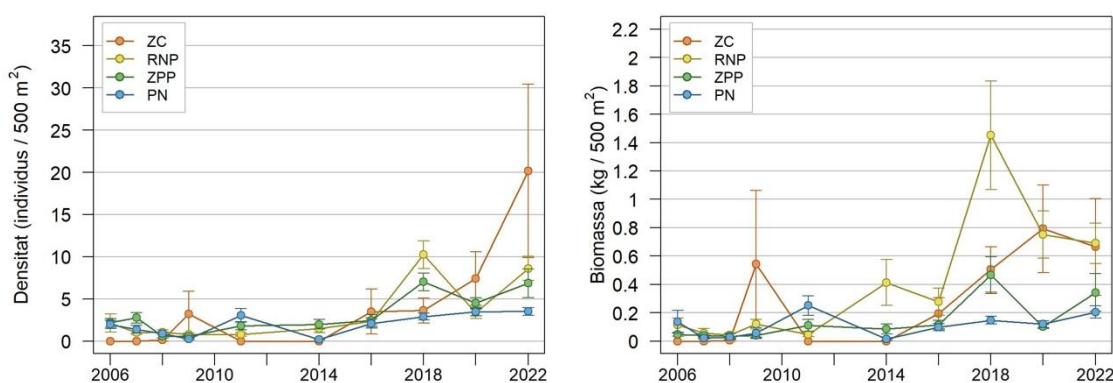


Figura 77. Evolució temporal de la densitat (esquerra) i biomassa (dreta) de càntera (*Spondyliosoma cantharus*) (mitjana \pm error estàndard) per grau de protecció al llarg dels anys de seguiment del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN). S'ha de destacar que el grau de protecció ZC correspon únicament a la estació del Medallot, designada com a tal a partir de l'any 2016.

Sphyaena viridensis

Enguany tant sols s'han observat espets en 6 de les 12 estacions mostrejades: Medallot (MED), amb una densitat i biomassa superiors a la resta, Ferranelles-Tascó Gros (FETG), Tascó Petit-Carall Bernat (TPCB), Freuetó-La Vaca (ICV), La Vaca-Salpatxot (SCV) i Ferriola (FERRI), sent aquesta última la única estació de PN on se n'han observat, mentre que a la zona de ZPP no se n'ha observat cap. Els anàlisis sobre grau de protecció mostren una clara diferència entre la zona de ZC i la resta (Figura 78).

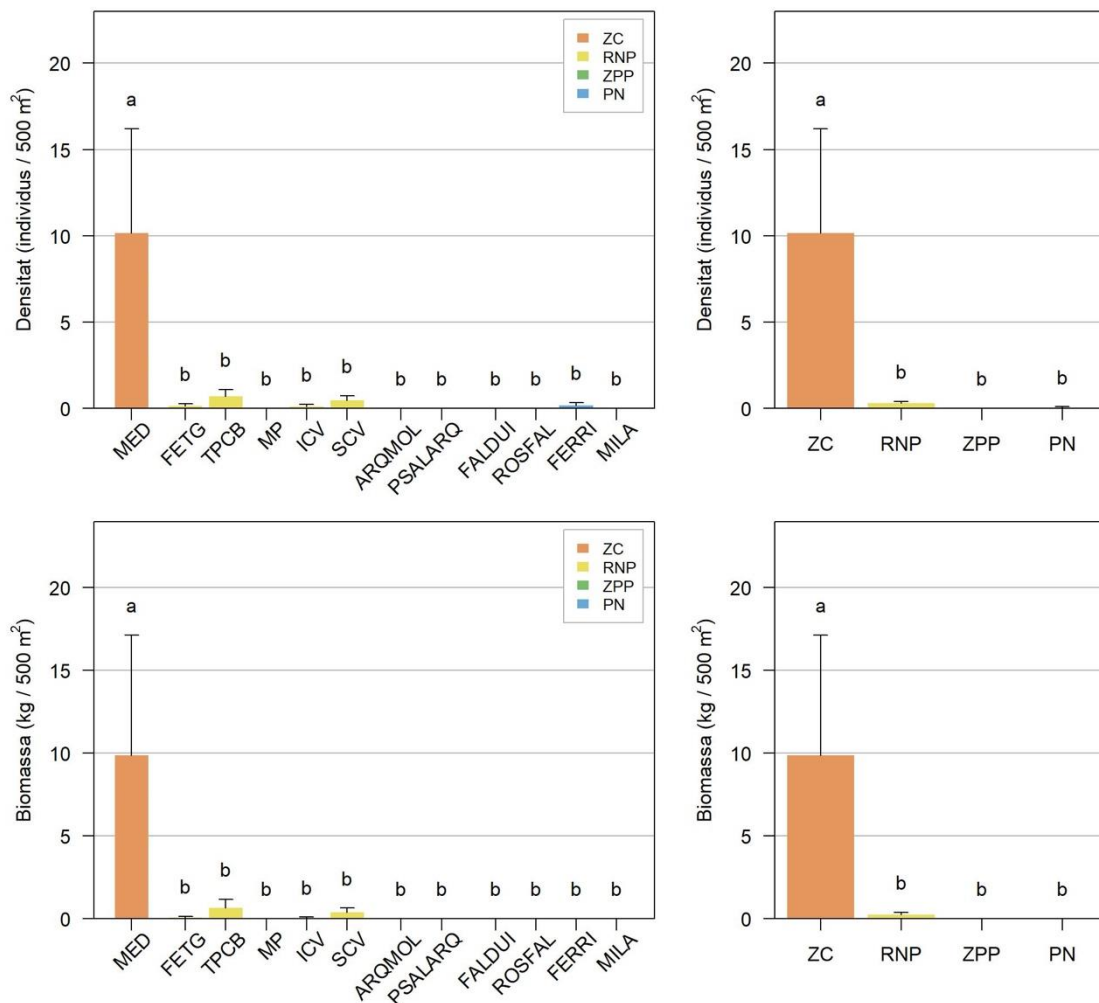


Figura 78. Densitat (dalt) i biomassa (baix) d'espèct (*Sphyaena viridensis*) (mitjana \pm error estàndard) per estació (esquerra) i per grau de protecció (dreta) al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter l'any 2022. Les estacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa (p -valor $< 0,01$) segons el test de Tukey. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

L'estructura de talles mostra una distribució unimodal en les zones de ZC i PN, amb la màxima concentració d'individus a la classe de talla de 50 cm en el primer cas i entre 50 i 70 cm en el segon. La mida màxima observada és de 100 cm i la trobem a la zona de RNP; la mida més gran a la zona de ZC és de 80 cm. La mida més petita observada és de 20 cm, a la zona de PN, i és l'únic individu observat a la zona de PN. La mida més petita de les zones de ZC i PN és de 40 cm (Figura 79).

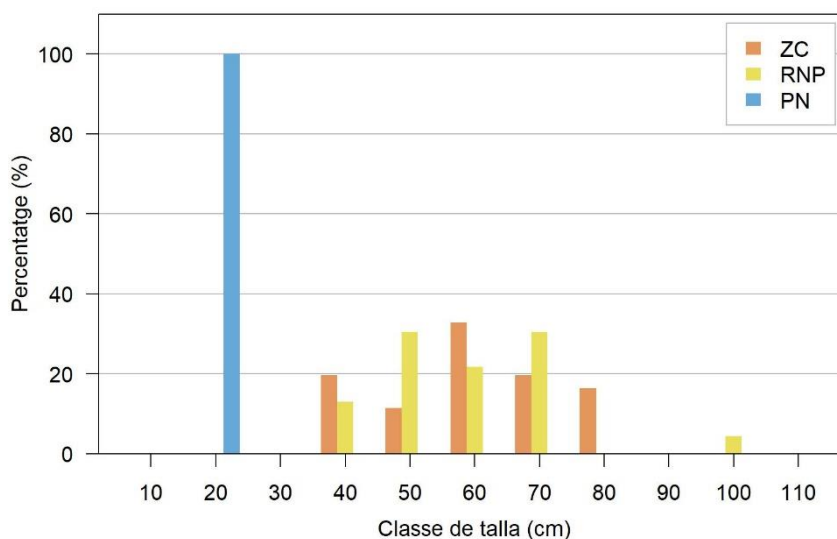


Figura 79. Estructures de talles d'espèct (*Sphyræna viridensis*) observades als diferents graus de protecció del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter l'any 2022. Grau de protecció: Zona de Control (ZC; n=61), Reserva Natural Parcial (RNP; n=81) i Parc Natural (PN; n=3).

L'evolució temporal de l'espèct no mostra cap mena de recuperació en cap de les zones mostrejades, excepte a la zona de ZC, on no hi ha diferències amb el 2020, però sí amb els anteriors mostrejos, tot i que amb una elevada variabilitat (Figura 80).

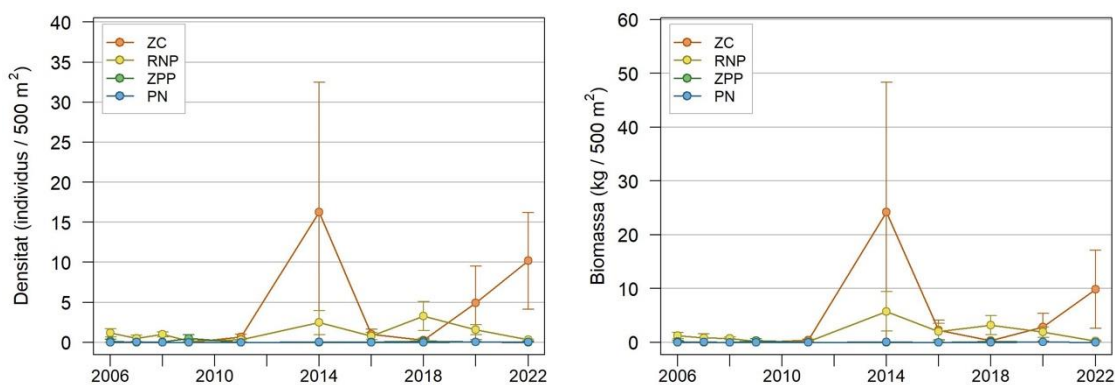


Figura 80. Evolució temporal de la densitat (esquerra) i biomassa (dreta) d'espèct (*Sphyræna viridensis*) (mitjana \pm error estàndard) per grau de protecció al llarg dels anys de seguiment del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

Altres espècies i observacions

Enguany també s'ha observat tres individus de l'espècie *Mycteroperca rubra* a la zona de Tascó Petit-Carall Bernat (TPCB), espècie que molt rarament s'ha observat en aquesta zona. Aquesta espècie també es va observar al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter els anys 2018 i 2006 (Figura 81).



Figura 81. Exemplars de nero bord (*M. rubra*) observats a la zona de Tascó Petit durant els mostrejos del 2022.

Anàlisi global

L'anàlisi de coordenades principals (PCoA) s'ha dut a terme amb les dades de biomassa de totes les espècies observades enguany. Els resultats, que es mostren a la Figura 83, la mostren una separació de les diferents zones de protecció, principalment determinada per l'eix 1 (que explica el 55,8 % de la variància). D'una banda, les zones de ZC i RNP, protegides de qualsevol tipus de pesca, concentren la major part de la biomassa, ja que s'hi ha observat més abundància de les espècies vulnerables a la pesca, i de major mida, com ara el nero (*E. marginatus*), el corball (*S. umbra*) o el sarg imperial (*D. cervinus*). En la part oposada d'aquest eix hi trobem les zones on s'hi permet algun tipus de pesca (ZPP i PN), amb una menor abundància i biomassa (Figura 82).

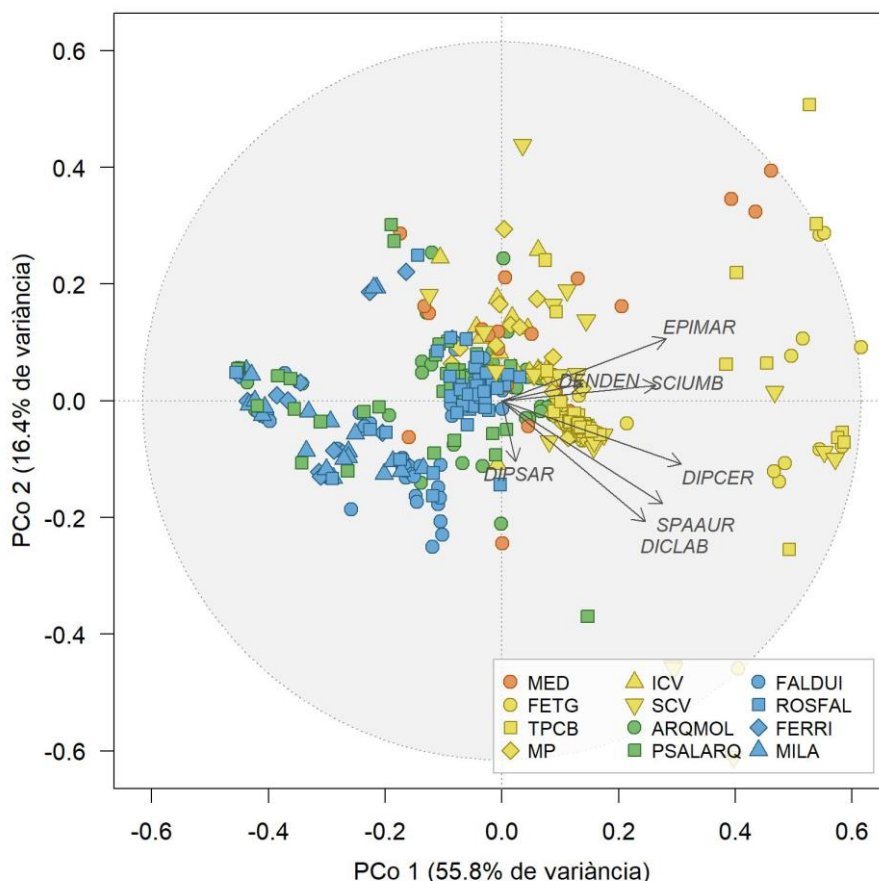


Figura 82. Anàlisi de coordenades principals (PCoA) dels diferents trams dels transectes realitzats al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, tenint en compte la biomassa de totes les espècies censades com a variables. Els dos primer eixos acumulen el 72,2 % de la variància observada a les dades. Els colors dels símbols representen els diferents graus de protecció: Zona de Control (ZC, taronja), Reserva Natural Parcial (RNP, groc), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP, verd) i Parc Natural (PN, blau).

De nou, s'ha realitzat un anàlisi de redundància (RDA) per veure quina influència tenen les variables com el tipus d'hàbitat, la rugositat o el pendent en la composició de les comunitats de peixos. Així doncs, trobem una clara separació entre les zones protegides envers la pesca (ZC i RNP) i les menys protegides (ZPP i PN). En les zones protegides hi podem veure una major biomassa de peixos que s'associa a una major complexitat de l'espai, amb més proporció de grans blocs i, per tant, més rugositat del fons. En les zones on és permesa la pesca els fons estan compostos per blocs més petits, pedres o sorra, i hi trobem una menor biomassa (Figura 83).

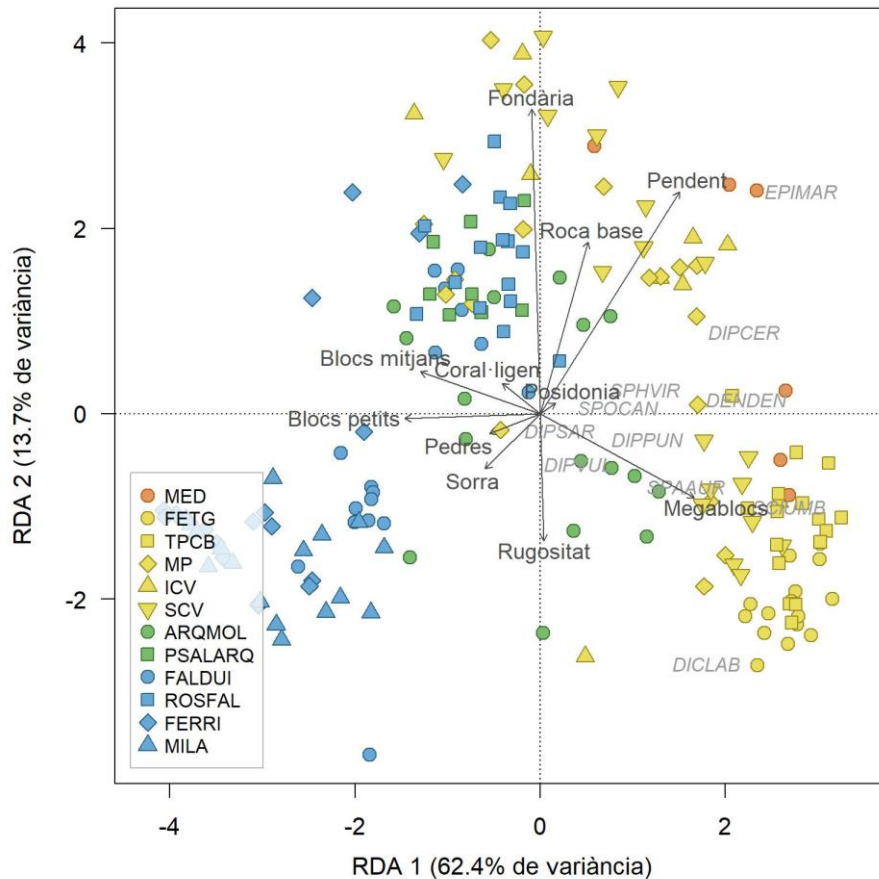


Figura 83. Anàlisi canònic de redundància (RDA) dels diferents trams dels transectes realitzats al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, tenint en compte la biomassa de totes les espècies censades i considerant com a covariables les variables ambientals mesurades (fondària, pendent, rugositat i les diverses tipologies de fons). Els dos primer eixos acumulen un 76,1% de la variància observada a les dades. Els colors dels símbols representen els diferents graus de protecció: Zona de Control (ZC, taronja), Reserva Natural Parcial (RNP, groc), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP, verd) i Parc Natural (PN, blau).

Discussió

Els beneficis esperats d'una xarxa de zones protegides, com el Parc Natural de Cap de Creus, on hi ha diverses figures de protecció intercalades, són diversos. Per una banda, a les zones on certs tipus de pesca estan prohibits, s'espera un augment generalitzat tant en l'abundància com en la mida de les espècies objectiu. Per altra banda, també s'espera un augment de les poblacions a zones no protegides degut a l'exportació de larves i individus adults des de les zones protegides intercalades. Al Parc Natural de Cap de Creus, les zones protegides estan intercalades al llarg de la mateixa línia de costa que les zones pescades, cosa que facilita que les espècies més mòbils es moguin d'una zona a l'altra. Això dona com a resultat un efecte de la protecció més subtil i menys acusat que a la Reserva Natural Parcial (RNP) de les Illes Medes, que es troba aïllada de la costa.

Un aspecte que és rellevant per a la conservació i la gestió espacial de les poblacions de peixos explotades és la mobilitat i el tipus de vida de les diferents espècies. En els darrers anys ha

augmentat el coneixement sobre la mobilitat i el tipus de vida i hàbitats utilitzats de les diferents espècies, evidenciant que existeixen diferents estratègies pel que fa a la seva mobilitat o l'ús de diferents hàbitats al llarg de la seva vida. Aquesta informació és molt útil a l'hora d'interpretar els resultats d'aquest seguiment, ja que pot afectar a l'eficàcia de les mesures de protecció espacial dels Parcs Naturals.

Així, els resultats del seguiment temporal de les poblacions de peixos mostren diferents patrons segons les diferents espècies, en funció de la seva vulnerabilitat als diferents tipus de pesca, i al seu tipus de vida i mobilitat.

Parc Natural de Cap de Creus

Les espècies altament vulnerables i que mostren en general un comportament molt sedentari, com el nero (*Epinephelus marginatus*), el corvall (*Sciaena umbra*) o el sarg imperial (*Diplodus cervinus*) mostren una resposta molt marcada a la protecció de la pesca, ja que són molt abundants a les zones de RNP i RI, on la pesca és prohibida o restringida, i pràcticament absents a les zones de PN, on tot tipus de pesca, incloent la pesca submarina, és permesa. L'anàlisi temporal de la densitat i biomassa d'aquestes espècies al llarg dels anys del seguiment confirma aquesta tendència, ja que s'ha pogut observar un augment gradual de la biomassa d'aquestes espècies dins les zones protegides.

Després de la davallada observada el 2020, s'ha observat una recuperació de l'abundància d'aquestes espècies, que es situa en valors superiors observats al 2018 a les zones de RNP i RI. A la zona de RNP aquesta oscil·lació ha estat determinada bàsicament per la presència del mero, especialment a la zona de la Massa d'Or, tot i que també s'ha observat una remuntada d'aquesta espècie en les altres estacions de la zona de RNP, amb valors de densitat i biomassa més baixos. A la zona de RI aquesta remuntada també ha estat marcada un cop més per la densitat i biomassa de mero, que ha multiplicat per 5 la seva densitat i biomassa, assolint valors màxims mai observats en aquesta zona. Les altres espècies altament vulnerables, com el sarg imperial, el déntol també han augmentat a la RI, incús espècies moderadament vulnerables, com la càntera, que també ha mostrat valors de densitat i biomassa molt superiors als observats el 2020.

Així doncs, sembla que les poblacions s'han recuperat i la davallada del 2020 no s'ha mantingut. Aquesta disminució sobtada de 2020 podia haver estat deguda a motius inherents al mostreig, com la variabilitat temporal (durant el període de observació degut a les condicions de corrents, temperatura, visibilitat, etc.). No obstant el fet de poder tenir una sèrie temporal ens dona la tranquil·litat de poder observar aquestes tendències al llarg del temps, que són les que realment permeten veure l'evolució de les poblacions, especialment de les espècies longeves, i l'efectivitat a llarg termini de les mesures de gestió. En aquest cas, podem observar doncs que l'evolució per aquestes espècies és favorable i que les mesures de gestió són efectives.

Cal destacar els valors observats enguany a l'estació de l'Encalladora, ja que la tendència observada fins enguany és que mostrava valors inferiors a les zones de RNP, tot i ser la única zona on està prohibit tot tipus d'activitat. Aquest limitat efecte es podria atribuir a l'efecte combinat de la seva limitada extensió, que facilita la sortida d'individus a zones on poden ser pescats, i

l'absència d'una quantitat suficient d'habitats favorables, a més de una possible presència de pesca il·legal. L'augment d'enguany mostra que aquesta zona té efectivament el potencial per assolir valors elevats de biomassa, i mostra també una possible connectivitat amb altres zones, com la Massa d'Ors, on les poblacions també han augmentat de forma significativa.

Contràriament a l'èxit relatiu de les figures amb un grau més elevat de protecció, les zones de PN mostren uns valors pràcticament nuls de densitat i biomassa de les espècies considerades altament vulnerables a la pesca, malgrat que els hàbitats que s'hi troben, tot i que no són de la qualitat d'estacions com la Massa d'Or, permetrien una biomassa potencial molt major. Tot i que en la sèrie temporal es poden veure certes oscil·lacions en l'abundància d'algunes espècies, aquestes queden atenuades any rere any. Aquest fet evidencia que hi ha una forta sobrepesca en aquesta zona, i que no només afecta a les zones de Parc Natural, sinó que també pot afectar a la recuperació i la exportació de biomassa de les zones de Reserva Natural Parcial.

Aquest patró tan marcat per aquestes espècies altament vulnerables i sedentàries, posen de manifest diversos aspectes importants a l'hora de gestionar aquestes poblacions.

Per una part, s'evidencia una vegada més l'efecte de la pesca submarina en les poblacions d'espècies altament vulnerables que són molt sedentàries. Els valors de densitat i biomassa de les zones de RNP (amb la Massa d'Or amb valors excepcionals degut probablement a l'efecte de l'hàbitat, veure comentaris més avall), segueixen sent molt superiors que a les zones de PN, que mostren valors pràcticament nuls. El fet de que la única diferència entre les zones de RNP i les zones de PN és que en les zones de PN és permesa la pesca submarina, evidencia el fort impacte d'aquest tipus de pesca en aquestes espècies, que és capaç de reduir fins a nivells molt baixos les poblacions de peixos vulnerables de zones molt extenses de cap de Creus. La pesca submarina, al ser una pesca molt selectiva, té un major impacte sobre les espècies altament vulnerables i que són molt sedentàries, i sol seleccionar els individus de talles més grans, afectant també al potencial reproductor de les espècies explotades (Font i Lloret, 2010). A més, degut a que la pràctica d'aquest tipus de pesca es fa normalment des de l'aigua, pot passar més desapercebuda, i és més fàcil que es produeixin episodis de furtivisme.

Cal destacar, a més, que al Parc Natural del Cap de Creus està permesa la pesca submarina d'espècies incloses dins les llistes de la IUCN com vulnerables o amenaçades, com el nero i el corball, al contrari del que passa a la costa francesa, on la pesca submarina d'aquestes espècies està prohibida. Aquesta descoordinació entre les diferents legislacions pot provocar un augment de la pressió de pesca per part de pescadors francesos que venen al Parc Natural de cap de Creus degut a les restriccions a les seves zones de pesca.

Un altre aspecte a destacar és el paper de l'hàbitat en l'efectivitat de les mesures de protecció. En aquest sentit, destaca l'estació de la Massa d'Or, que, tot i tenir una certa pressió de pesca, és capaç de mantenir una gran biomassa degut a la idoneïtat dels seus hàbitats. En aquesta zona dominen els grans blocs que generen una alta complexitat espacial, amb multitud de microhàbitats i refugis, i alhora hi ha un pendent pronunciat però regular que permet una gran fondària al costat de zones més someres. A més, la situació de l'illa Massa d'Or, a l'extrem més oriental de cap de Creus i exposada a les fortes corrents que dominen la zona, afavoreix un augment de les espècies planctòfagues que, alhora, serveixen d'aliment als grans depredadors, com els nerros, déntols o

espets. Cal destacar també que la Massa d'Or està aïllada de la resta de costa, de forma que el possible moviment d'individus de dins cap a fora de la reserva sigui molt menys probable, especialment per les espècies que són més sedentàries.

Així, l'estació de la Massa d'Or, dins de la zona de RNP, manté les abundàncies i biomasses d'espècies altament vulnerables (nero, déntol, sarg imperial, orada), moderadament vulnerables (sarg, morruda, càntera) i d'altres piscívors (espet) més elevades de tot el parc. També és l'única estació on s'han observat exemplars de llobarro i diversos exemplars de *Mycteroperca rubra* i *Epinephelus costae*, espècies altament vulnerables i rares que només s'han observat esporàdicament en aquesta àrea. En anys anteriors ja es va dir que la presència de *M. rubra* podria ser deguda a l'augment de temperatures, i sembla ser que enguany aquest fet es podria corroborar degut al fort augment que ha patit l'aigua del mar. Cal destacar, a més, que en aquesta zona (Massa d'Or) és probablement una de les agregacions reproductores de nero més importants de la costa catalana, i probablement de la Mediterrània. A més, hi ha indicis que en aquesta zona també s'hi reproduïxen altres espècies com la càntera, i es va observar també comportaments reproductors als exemplars observats enguany de *Epinephelus costae*. Aquest fet posa encara més en valor la riquesa i excepcionalitat d'aquesta zona, no només per les poblacions que hi ha, sinó també per la seva capacitat de produir exportar ous i larves a altres zones que han estat despoblades per la sobrepesca.

La resta d'estacions de RNP tenen continuïtat resseguint la costa amb les zones de PN, i el possible moviment d'aquestes espècies, encara que sigui escàs, cap a zones on és permesa la pesca submarina pot determinar que les poblacions no puguin recuperar les abundàncies que potencialment podrien assolir.

En contrast amb l'èxit de les RNP i RI per a certes espècies, altres espècies altament vulnerables però amb alta mobilitat, com el llobarro (*Dicentrarchus labrax*) o la orada (*Sparus aurata*), no mostren signes de recuperació en cap de les figures de protecció del Parc Natural, mostrant valors molt baixos o nuls en totes les zones i graus de protecció, inclús mostrant una baixada significativa respecte anys anteriors a les zones de RNP i RI. Aquesta baixada i la falta d'efectivitat de les mesures de protecció es pot explicar per la alta mobilitat d'aquestes espècies, que utilitzen diferents hàbitats i poden desplaçar-se desenes o centenars de quilometres (Hereu *et al.* 2022), i la pesca intensiva que es produeix dins i també fora del Parc Natural, incloent la pesca industrial durant els períodes de reproducció. Per aquestes espècies, i degut a la seva alta mobilitat, és evident que les mesures de protecció espacial no són eficients, i s'haurien de prendre mesures complementàries pel que fa a la pesca tant dins com fora del parc.

Les espècies moderadament vulnerables a la pesca, com el sarg (*Diplodus sargus*), variada (*Diplodus vulgaris*), morruda (*Diplodus puntazzo*), no han mostrat cap patró diferenciat entre estacions ni entre grau de protecció. No obstant, analitzant l'evolució temporal d'aquestes espècies, observem certes diferències entre elles. Les poblacions de variada s'han mantingut més o menys constants al llarg del temps, amb certes oscil·lacions, sense mostra diferències entre els diferents graus de protecció. Les poblacions de morruda, amb una densitat menor, s'han mantingut constants, però amb abundàncies més elevades a les zones de RNP. L'abundància de sargs, contràriament, ha disminuït paulatinament respecte els primers anys de seguiment d'aquesta

espècie. Aquesta disminució pot ser deguda a la pressió pesquera, ja que és una important espècie diana de la pesca recreativa, especialment la pesca submarina (Lloret *et al.* 2008a, b).

Una altra espècie moderadament vulnerable a la pesca, i de mobilitat reduïda, la càntera (*Spondyllosoma cantharus*), mostra un cert increment i un efecte de la protecció, tot i que aquest patró està determinat bàsicament per les altes abundàncies a la Massa d'Or, on hi ha una població molt densa, amb àrees de reproducció.

Finalment, l'espet (*Sphyræna viridensis*), tampoc mostra un patró determinat, ja que és una espècie amb una alta mobilitat, i es sol agregar en grans grups, el que fa que mostri també una gran variabilitat entre anys.

Com a conclusió, podem constatar que les mesures de gestió destinades a mantenir les poblacions de peixos al Parc Natural del cap de Creus funcionen de forma parcial, per algunes espècies, mentre que per altres aquestes mesures no són efectives.

La clau per entendre aquests patrons és conèixer la història de vida de les espècies, i la seva mobilitat i l'ús dels hàbitats, que fa que responguin de forma diferent a la pressió de pesca que es produeix al parc. Així, les espècies que tenen una alta longevitat i són molt sedentàries, com el mero, el corball o el déntol, les mesures de protecció espacial són molt efectives, ja que les protegeixen durant la major part del seu cicle de vida (ja sigui pel que fa a la seva alimentació o reproducció) dels efectes de la pesca, especialment de la pesca submarina de la que en són particularment vulnerables. Aquest tipus de pesca fa que a les zones on és permesa la seva abundància sigui pràcticament nul·la. Per a les espècies amb una alta mobilitat i que utilitzen hàbitats que no estan dins el Parc, les mesures de protecció espacial, amb reserves relativament petites, no són suficients, ja que la pressió de pesca fora de les reserves fa que les densitats siguin molt baixes, inclús dins dels zones protegides.

Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter

Els resultats del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter han mostrat en general un patró similar a l'observat els anys anteriors.

Un cop més, es mostra un efecte molt clar de la protecció per a les espècies altament vulnerables a la pesca i que són més sedentàries, com el nero, que representa la major part de la biomassa, el corball, el déntol i en els darrers anys la càntera, que ha mostrat un augment dins les zones protegides.

Aquestes espècies mostren una clara diferència entre les zones de ZC i RNP, amb valors molt més elevats respecte les zones de ZPP i PN, tant pel que fa al nombre d'espècies observades com en la biomassa i densitat. Enguany, les zones de RNP i especialment ZC mostren una certa recuperació respecte 2020, tot i que es situen dins el rang de valors dels anys anteriors, mostrant una certa estabilitat dins les zones protegides.

Aquests resultats mostren que per aquestes espècies la gestió de les zones sense pesca és efectiva per a evitar l'impacte de la pesca i que tant el nombre d'espècies, com la seva talla i

abundància ha augmentat i actualment es troba en un punt estable, amb poques variacions entre anys.

Pel contrari, les zones de ZPP i PN on és permesa la pesca mostren valors molt baixos, o no presenten cap tipus de recuperació per aquestes espècies. Es podria pensar que a la zona de ZPP, on la pesca submarina no és permesa, les poblacions de peixos altament vulnerables i sedentaris es podrien recuperar, però aquest efecte no és evident quan mirem l'evolució temporal d'aquestes poblacions. No obstant, aquest efecte s'ha pogut observar enguany pel que fa als meros, ja que se n'ha observat una densitat i biomassa superior a la de les zones de PN. Aquesta diferència mostra que efectivament la prohibició de la pesca submarina pot tenir un efecte significatiu per aquestes espècies. No obstant, els valors de densitat i biomassa de la ZPP estan molt lluny de les zones protegides, i l'evolució temporal d'aquesta població, amb alts i baixos, però sempre en valors molt baixos i semblants a la zona de PN. Aquest fet mostra que aquesta zona no és efectiva per a protegir aquestes espècies, ja sigui degut a la connectivitat i la alta pressió de pesca amb les zones adjacents de PN on sí és possible la pesca submarina, o la pràctica il·legal de pesca submarina dins d'aquesta zona.

És de destacar que l'efecte de la protecció no és efectiu per altres espècies també vulnerables a la pesca i que probablement són més mòbils, com l'espècie, i la orada i el llobarro, que varen mostrar una davallada respecte als primers anys de seguiment i no s'han recuperat, mantenint uns valors molt baixos tant a dins com fora de la reserva. Sembla clar que la protecció de l'àrea de les Medes no és una mesura de protecció suficient per a mantenir poblacions en bon estat d'aquestes espècies, ja que utilitzen altres zones i hàbitats durant el seu cicle de vida, com les zones d'estuari o inclús llacunes i trams inferiors dels rius, on poden ser pescades intensament.

Per altres espècies menys vulnerables, com sargs i variades, els valors de densitat i biomassa són variables, i relativament alts, com les variades, i no mostren diferències entre els diferents graus de protecció, mentre que les morrudes, mantenen uns valors de densitat i biomassa una mica més elevats a les zones de protecció, tot i que aquestes diferències no són significatives degut a la variabilitat.

A més de la protecció, les Illes Medes es troben en una situació molt favorable per a les poblacions de peixos. Per una banda, la seva orografia promou que hi hagi diferents hàbitats marins, gràcies a la gran complexitat estructural que produeixen els fons de grans blocs i els forts gradients batimètrics. A més, les Illes Medes es troben suficientment separades de la costa com perquè les espècies sedentàries es mantinguin dins la reserva, i és una zona de gran producció primària gràcies a que es troba propera a la desembocadura del riu Ter, que aporta grans quantitats de nutrients a la zona. Aquestes característiques expliquen l'èxit de la gestió per a les espècies sedentàries, que en alguns casos, com el nero, sembla que han arribat a la seva capacitat de càrrega en algunes zones.

Per altra banda, i pel que fa a l'hàbitat, la costa del Montgrí també presenta un gran potencial per a albergar poblacions de peixos en densitat i biomassa molt elevades, ja que hi ha una gran diversitat d'hàbitats, així com també una orografia que propicia aquesta complexitat estructural que els afavoreix. Tot i les bones condicions potencials per a les poblacions de peixos, sembla clar que

l'efecte de la pesca impedeix que pugui haver una recuperació, especialment per a les espècies més sedentàries, com el nero i el corball, que són més vulnerables a la pesca submarina.

Amb aquests resultats s'evidencia un cop més que la poca protecció envers la pesca no és compatible amb un bon desenvolupament de les poblacions de peixos a la costa del Montgrí, i a més, no concorda amb els valors d'un Parc Natural. Caldria, doncs, una zonificació amb àrees dins la zona de Parc Natural amb del mateix nivell de protecció que les Illes Medes i, paral·lelament, regular l'activitat pesquera, especialment la pesca esportiva potenciant pràctiques menys efectives com la pesca sense mort o restringint la pesca submarina. Una major protecció i vigilància especialment a la zona de ZPP permetria una major recuperació de les espècies més mòbils, i possiblement una major exportació d'individus fora de la reserva.

Conclusions

Any rere any es constata que les zones on la pesca està prohibida són aquelles on les poblacions de peixos, especialment els vulnerables a la pesca, estan més desenvolupades, amb majors densitats i majors biomasses.

No obstant, aquest grau de protecció només és efectiu per a les espècies sedentàries, mentre que les espècies més mòbils i que utilitzen hàbitats fora de les zones protegides no es veuen afavorides per aquesta regulació.

Pel que fa al Cap de Creus, la zona de RNP funciona de manera parcial, ja que la majoria d'estacions mostren densitats relativament baixes, tot i que són superiors a les zones de PN. Únicament l'estació de la Massa d'Or presenta densitats i biomasses molt elevades, tot i que és degut probablement a l'excepcionalitat del lloc tant pel que fa a les característiques del seus hàbitats.

La zona de RNI ha mostrat una recuperació de les poblacions de peixos altament vulnerables i sedentàries, mostrant que pot assolir un potencial de biomassa molt més elevat del que s'havia observat fins al moment.

En aquest sentit, augmentar la zona estrictament protegida de la pesca incloent el freu i la Massa d'Or permetria una recuperació molt efectiva de les poblacions de peixos en aquesta àrea. Degut també a que s'han detectat agregacions reproductores dins d'aquesta zona, podria actuar també com una font de ous i larves que podrien repoblar altres zones de la costa.

La zona de PN no presenta cap signe de recuperació i la pressió de la pesca fa que les poblacions de peixos vulnerables no es puguin desenvolupar, especialment els més sedentaris, com corballs i neros (que, a més estan catalogats com a vulnerables dins les llistes de la IUCN i en altres països com França sí estan protegits).

A les Illes Medes, les zones de ZC i RNP, amb la pesca totalment prohibida, funcionen com a lloc on les poblacions de les espècies de peixos més sedentàries s'han pogut recuperar i actualment presenten densitats i biomasses molt elevades i estables.

Pel contrari, les zones de ZPP i PN presenten la mateixa problemàtica que al Cap de Creus, amb valors molt baixos de densitat i biomassa de la majoria d'espècies, sense mostrar cap signe de recuperació.

Recomanacions

Amb aquests resultats, resulta evident que si s'vol conservar les poblacions de peixos i permetre una explotació sostenible sense els efectes no desitjats de la sobrepesca, caldria complementar i coordinar la gestió espacial amb eines específiques de gestió pesquera dins i fora de les diferents zones dels Parcs Naturals. Algunes d'aquestes eines ja s'han debatut en projectes relacionats amb aquesta temàtica dins el Parc (ResMed), i es podrien resumir en:

- Unificar la normativa entre els Parcs Naturals de Catalunya, amb la restricció de tot tipus de pesca dins les RNP
- Una protecció especial i més extensiva dels hàbitats que permeten una major abundància de les poblacions, o la seva reproducció, com:
 - o Tota la zona de cap de Creus i la Massa d'Or
 - o Incloure noves zones de RNP o ZPP a la costa del Montgrí
- Crear o augmentar Zones Perifèriques de Protecció, on només la pesca artesanal i la pesca esportiva amb canya sense mort estiguin permeses
- Una major atenció als grans depredadors de vida llarga, amb un ajustament dels bag-limits per a la pesca recreativa, regulant les activitats extractives més efectives, com la pesca submarina
- Una regulació de la pesca tant professional com recreativa en períodes i hàbitats de reproducció dins i fora del parc
- Unificar la normativa entre països i respectar les recomanacions de la UICN, com la protecció de la pesca de meros i corballs .

A més, augmentar la senyalització i assegurar una aplicació efectiva de la normativa permetria afinar més en la regulació dels usos i determinar els seus efectes indesitjats.

Finalment, s'hauria de concebre tant el PN del Cap de Creus com el PN del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, i juntament amb la Résérve Marine de Banyuls, com a parts integrals d'una unitat ecològica geogràficament extensa, amb una connectivitat efectiva entre reserves i hàbitats fora dels parcs, com la badia de Pals, Roses i el Golf de Lleó, amb les praderies de *Cymodocea nodosa*, i que s'haurien de gestionar com una xarxa de Reserves Marines a nivell regional.

Bibliografia

- Arlinghaus, R., Tillner, R., Bork, M. (2015). Explaining participation rates in recreational fishing across industrialised countries. *Fisheries Management and Ecology*, 22: 45–55.
- Coll, J., Linde, M., García-Rubies, A., Riera, F., Grau, A. M. (2004). Spear fishing in the Balearic Islands (west central Mediterranean): species affected and catch evolution during the period 1975–2001. *Fisheries Research*, 70: 97–111.
- Coll, J., Garcia-Rubies, A., Morey, G., Reñones, O., Alvarez-Berastegui, D., Navarro, O., Grau A.M. (2013). Using no-take marine reserves as a tool for evaluating rocky-reef fish resources in the western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science*, 70(3): 578–590.
- Crec'hriou, R., Neveu, R., Lenfant, P. (2012). Length–weight relationship of main commercial fishes from the French Catalan coast. *Journal of Applied Ichthyology*, 28(5): 861–862.
- Dayton, P. K. (1998). Reversal of the burden of proof in fisheries management. *Science*, 279: 821–821.
- 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.
- Estes, J.A., Terborgh, J., Brashares, J.S., Power, M.E., Berger, J., Bond, W.J., Carpenter, S.R., Essington, T.E., Holt, R.D., Jacksón, J.B.C., Marquis, R.J., Oksanen, L., Oksanen, T., Paine, R.T., Pritchard, E.K., Ripple, W.J., Sandin, S.A., Scheffer, M., Schoener, T.W., Shurin, J.B., Sinclair, A.R.E., Soulé, M.E., Virtanen, R., Wardle, D.A. (2011). Trophic downgrading of planet Earth. *Science*, 333: 301–306.
- Font, T., Lloret, J. (2010). *Impacte ambiental i característiques socioeconòmiques de la pesca recreativa al Parc Natural de Cap de Creus*. Informe tècnic. Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Habitatge.
- Font, T., Lloret, J. (2014). Biological and Ecological Impacts Derived from Recreational Fishing in Mediterranean Coastal Areas. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 22: 73–85.
- Froese, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
- García-Rubies, A., Hereu, B., Zabala, M. (2013). Long-Term Recovery Patterns and Limited Spillover of Large Predatory Fish in a Mediterranean MPA. *PLoS ONE*, 8(9): e73922.
- Guidetti, P., Sala, E. (2007). Community-wide effects of marine reserves in the Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 335: 43–56.
- Halpern, B.S., Walbridge, S., Selkoe, K.A., Kappel, C.V., Micheli, F., D'agrosa, C., Bruno, J.F., Casey, K.S., Ebert, C., Fox, H.E., Fujita, R. (2008). A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, 319(5865): 948–952.
- Harmelin-Vivien, M. L., Harmelin, J. G., Chauvet, C., Duval, C., Galzin, R., Lejeune, P., Bernabé, G., Blanc, F., Chevalier, R., Duclerc, J., Lasserre, G. (1985). The underwater observation of fish communities and fish populations. Methods and problems. *Revue d'Ecologie (France)*.
- Hereu, B., Díaz, D., García-Rubies, A., Garrabou, J., & Zabala, M. (2014). Seguiment de la biodiversitat marina al Parc Natural de Cap de Creus i al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter: Informe 2014.

- Hereu, B., Aspillaga, E., Atienza, I., Burgués, I., Capdevila, P., Díaz, D., García-Rubies, A., Linares, C., Mariani, S., Martínez-Ricart, A., Matamalas, N., Medrano, A., Pagès, M., Pérez, M., Romero, J., Rovira, G., Sanmartí, N., Zabala, M. (2014). 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 2016. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals.
- 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.
- Jacksón, J.B., Kirby, M.X., Berger, W.H., Bjorndal, K.A., Botsford, L.W., Bourque, B.J., Bradbury, R.H., Cooke, R., Erlandsón, J., Estes, J.A., Hughes, T.P. (2001). Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science*, 293(5530): 629–637.
- Lewin, W.C., Arlinghaus, R., Mehner, T. (2006). Documented and potential biological impacts of recreational fishing: Insights for management and conservation. *Reviews in Fisheries Science*, 14(4): 305–367.
- Lloret, J., Zaragoza, N., Caballero, D., Font, T., Casadevall, M., Riera, V. (2008). Spearfishing pressure on fish communities in rocky coastal habitats in a Mediterranean marine protected area. *Fisheries Research*, 94: 84–91.
- Luckhurst, B., Luckhurst, K. (1978). Analysis of the influence of the substrate variables on coral reef fish communities. *Marine Biology*, 49: 317–323.
- Morey, G., Moranta, J., Massutí, E., Grau, A., Linde, M., Riera, F., Morales-Nin, B. (2003). Weight-length relationships of littoral to lower slope fishes from the western Mediterranean. *Fisheries Research*, 62(1): 89–96.
- 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.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E., Wagner, H. (2018). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5-3.
- Provost, M.M., Jensen, O. P. (2015). The Impacts of Fishing on Hermaphroditic and Treatment of Sex Change in Stock Assessments. *Fisheries*, 40(11): 536–545.
- R Core Team (2017). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.
- Roberts, K.E., Valkan, R.S., Cook, C.N. (2018). Measuring progress in marine protection: A new set of metrics to evaluate the strength of marine protected area networks. *Biological Conservation*, 219: 20–27.
- Sala, E., Boudouresque, C.F., Harmelin-Vivien, M. (1998). Fishing, trophic cascades, and the structure of algal assemblages: evaluation of an old but untested paradigm. *Oikos*, 82: 425–439.
- Sala, E., Ballesteros, E., Dendrinos, P., Di Franco, A., Ferretti, F., Foley, D., Fraschetti, S., Friedlander, A., Garrabou, J., Güçlüsoy, H., Guidetti, P., Halpern, B.S., Hereu, B., Karamanlidis, A.A., Kizilkaya, Z., Macpherson, E., Mangialajo, L., Mariani, S., Micheli, F., Pais, A., Riser, K., Rosenberg, A.A., Sales, M., Selkoe, K.A., Starr, R., Tomas, F., Zabala, M. (2012). The structure

of mediterranean rocky reef ecosystems across environmental and human gradients, and conservation implications. *PLoS ONE*, 7(2): e32742.

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.

Seguiment de les comunitats de peixos

Bernat Hereu, Graciela Rovira, Antoni Garcia-Rubies, Mikel Zabala, Eneko Aspillaga, Julia Ortega, David Casals, Cristina Linares, Yanis Zentner

- Les comunitats de peixos dels Parcs Naturals de Catalunya mostren una elevada diversitat, i una composició específica comparable amb altres treballs realitzats a la Mediterrània occidental.
- S'ha pogut observar un efecte significatiu de la pesca, i de la protecció en ambdós Parcs Naturals.

- La comparació amb dades històriques evidencia una major proporció d'espècies termòfiles respecte als anys 1980.
- Aquest descriptor aporta informació rellevant i complementària al seguiment de peixos vulnerables a la pesca, pel que es recomana la seva continuïtat.

Aquest capítol ha de ser citat com:

Hereu, B., Rovira, G., Garcia-Rubies, A., Zabala, M., Aspillaga, E., Ortega, J., Casals, D., Linares, C., Zentner, Y. (2023). 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.

Introducció

Els peixos tenen un paper fonamental en l'estructura i el funcionament dels ecosistemes marins mediterranis (e.g. Guidetti i Dulčić, 2007; Sala *et al.* 2012; Thibaut *et al.* 2017). Degut a la gran diversitat d'espècies, grups funcionals i estratègies tròfiques, la comunitat de peixos és un component fonamental dels ecosistemes marins, especialment els ecosistemes rocosos litorals. A més del seu important paper ecològic, els peixos són un important recurs econòmic com a font d'aliment, i també a través d'activitats d'esbarjo i turisme com la pesca recreativa o el submarinisme o turisme nàutic (Font i Lloret, 2011; Gomez *et al.* 2021).

L'activitat pesquera és un dels principals impactes sobre els ecosistemes marins mediterranis, i té un efecte molt significatiu en la comunitat de peixos, tant en la seva composició i abundància, com en l'estructura tròfica de tot l'ecosistema (e.g. Sala *et al.* 2012; Colloca *et al.* 2017). Les espècies més vulnerables a la pesca són les que tenen nivells tròfics més alts, i de mida més gran, que sol estar associat a una gran longevitat (Guidetti *et al.* 2014, Claudet *et al.* 2010, Sciberras *et al.* 2013, Giakoumi *et al.* 2017). Aquesta desaparició dels depredadors culminals, a més, provoca canvis en l'estructura tròfica de les comunitats, que pot portar a altres desequilibris com la proliferació d'herbívors o altres organismes de nivells tròfics inferiors (e.g. Pinnegar *et al.* 2000).

En aquest sentit, les Reserves Marines, amb diferents graus de protecció, són una eina de gestió eficient, que pot servir per a regular i prevenir els efectes de la sobrepesca, i permetre la recuperació de l'abundància i la biomassa de les espècies objectiu de la pesca al seu interior (Guidetti i Sala, 2007; Giakoumi *et al.* 2017).

Però a més de l'efecte de la sobrepesca, altres factors poden alterar les comunitats de peixos. Els efectes de l'augment de la temperatura de l'aigua i les onades de calor, particularment a la Mediterrània, on l'escalfament de dues a tres vegades més ràpid que l'oceà global (Cramer *et al.* 2018; Garrabou *et al.* 2022), pot afectar la composició de les comunitat de peixos, en funció de la tolerància o afinitat tèrmica de les diferents espècies (Azzurro *et al.* 2019). A més, i també relacionat amb l'escalfament global, la Mediterrània és també particularment vulnerable a la introducció d'espècies al·lòctones, principalment d'origen tropical i d'afinitat termòfila (Vergés *et al.* 2014). L'aparició de noves espècies pot afectar no només la composició sinó també el funcionament i estructura de tota a comunitat, com ja s'ha fet evident en diverses regions de la mediterrània (Micheli *et al.* 2013; Galil *et al.* 2018). Aquests canvis lligats a fenòmens globals s'escapen de la gestió local de les reserves marines, tot i que és fonamental poder tenir-ne un coneixement per a poder dur a terme mesures de gestió complementàries per a l'adaptació i mitigació (Giakoumi *et al.* 2019).

En el cas dels Parcs naturals de Catalunya, els efectes de la sobrepesca són objecte d'anàlisi a través del seguiment de les poblacions de peixos vulnerables a la pesca, i les poblacions d'algues i garotes (Hereu *et al.* 2020a i b). Els resultats d'aquest seguiment indiquen que les figures de protecció son eficients per algunes de les espècies altament vulnerables a la pesca, que són més sedentàries.

No obstant, aquests indicadors no aporten cap informació sobre la resta de peixos de la comunitat, tant pel que fa al possible efecte de la pesca, especialment la pesca recreativa que pot afectar

espècies no comercials, com per als possibles canvis ambientals que poden provocar canvis en la seva composició i distribució. Així doncs, tenir un registre de la composició i estructura de tota la comunitat 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 bé als canvis ambientals, així com a les potencials mesures de gestió que es poden implementar per a preservar els ecosistemes litorals.

L'objectiu d'aquest seguiment és la caracterització demogràfica, en termes de composició específica, densitats i biomassa, de tota la comunitat de peixos al Parc Natural de Cap de Creus i al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Aquest descriptor s'incorpora per primer cop al programa de seguiment de la biodiversitat dels Parcs Naturals de Catalunya un nou descriptor de peixos de comunitat.

Material i mètodes

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 comptabilitza 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).

Durant cada tram de 5 minuts, també s'apunten les principals variables ambientals que poden influir en l'abundància dels peixos objectes d'estudi: la fondària mitja, el tipus de substrat, la rugositat i el pendent. El tipus de substrat consisteix en la proporció aproximada de les tipologies principals de substrat: grans blocs (diàmetres superiors a 2 m), blocs mitjans (1–2 m de diàmetre), blocs petits (< 1 m de diàmetre), roca base, sorra i praderia de *Posidonia oceanica*. Els cobriments

de cada tipus de substrat s'estima en base als percentatges ocupats sobre la llargada total del transecte, assenyalada per la cinta mètrica de 50m que serveix de corda guia. La rugositat del fons (sensu Lukhurst i Lukhurst 1978) s'estima de manera visual establint-se una escala de 4 graus; 1: fons plans sense esclotxes i anfractuositats aparents; 2: fons amb variacions verticals poc importants (menors de 2 m), amb poques esclotxes i anfractuositats; 3: fons amb esclotxes i anfractuositats de certa entitat, ocupant almenys un 25% de la longitud total del transecte; 4: fons altament rugosos, amb esclotxes i anfractuositats importants, més grans que la mida d'un submarinista. Finalment, la pendent de cada tram del transecte també s'estima en base a una escala de l'1 al 4; 1: pendents entre 0° i 30°; 2: de 30° a 60°; 3: de 60° a 90°; 4: > 90° (superfícies extraplomades).

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 oceanica*, 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 de 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).

Disseny de mostreig

L'estudi es va dur a terme entre els mesos de juliol i setembre de 2022 al Parc Natural de Cap de Creus i al Parc Natural del Montgrí, les Illes medes i el Baix Ter. Al PN de Cap de Creus, es va seleccionar una estació en cada una de les zones amb els diferents graus de protecció de RNI i RNP, i tres zones de PN separades (Figura 1). Al PN del Montgrí, es varen seleccionar dues estacions dins la RNP i dues a la zona de PN (Figura 2). En cadascuna de les estacions van realitzar 3 transectes independents distribuïts a l'atzar (Taula 1).

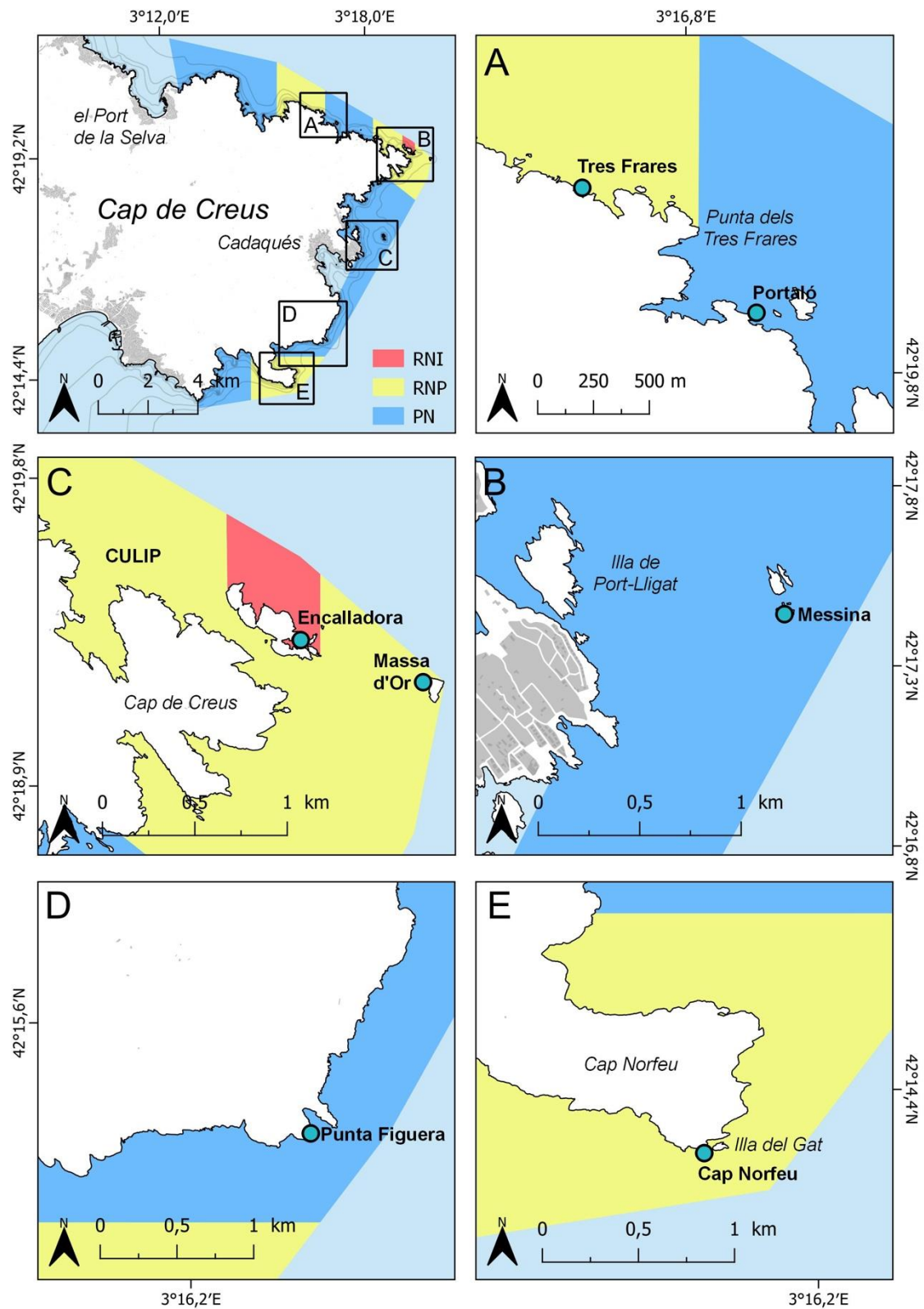


Figura 1. Mapa de les estacions de mostreig de comunitats de peixos al Parc Natural de Cap de Creus a l'any 2022. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

Taula 1. Estacions de mostreig de comunitats de peixos de l'any 2022, i data de mostreig. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI); Zona de Control (ZC); Reserva Natural Parcial (RNP); Parc Natural (PN).

Parc	Protecció	Estació	Rang fondària (m)	Rèpliques	Data
Cap de Creus	RNI	Encalladora	5-8	4	2022-07-21
		Tres Frares	5-8	3	2022-07-19
	RNP	Massa d'Or	5-8	3	2022-07-21
		Cap Norfeu	5-8	3	2022-07-18
	PN	Portaló	5-8	3	2022-07-19
		Illa Messina	5-8	3	2022-07-20
Punta Figuera		5-8	3	2022-07-20	
Medes i Montgrí	RNP	Meda Petita	5-8	3	2022-09-19
		Freuetó	5-8	3	2022-09-20
	PN	Dui	5-8	5	2022-09-21
		Punta Salines	5-8	3	2022-09-22

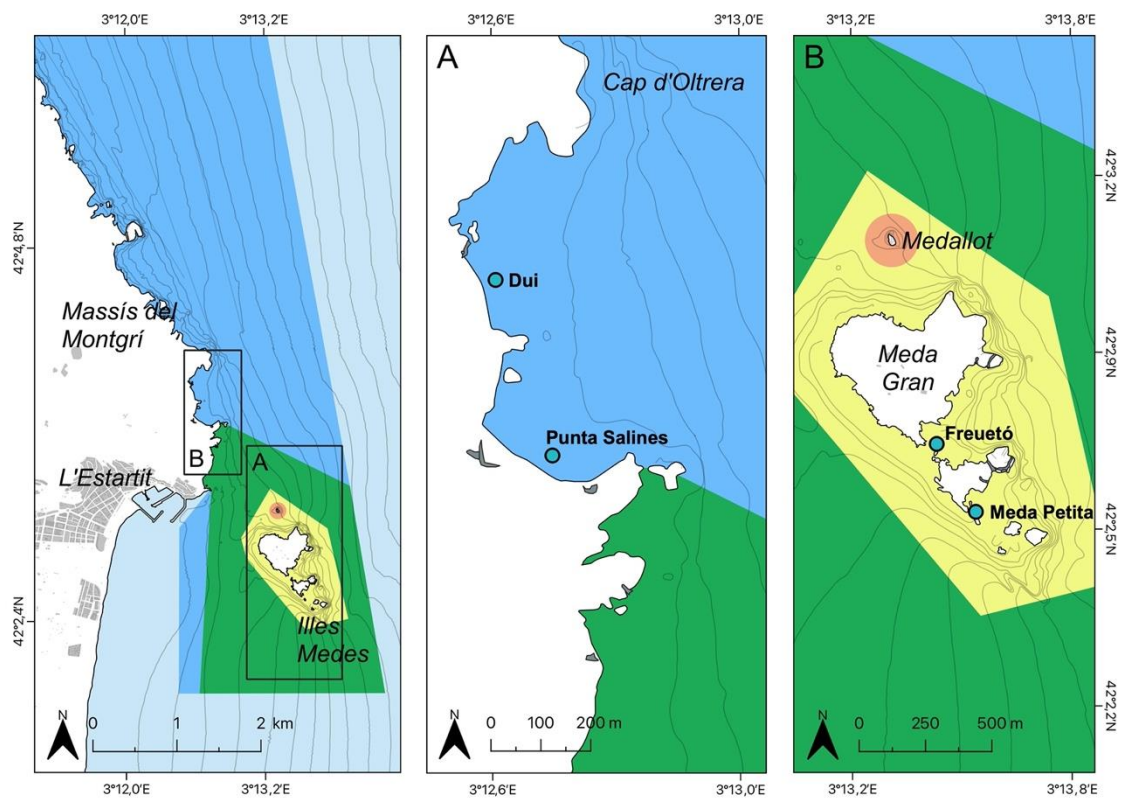


Figura 2. Mapa de les estacions de mostreig de comunitats de peixos al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter a l'any 2022. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RN), Zona Perifèrica a la Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN).

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 les densitats i biomasses mitjanes de cada espècie per a cada estació i nivell de protecció, i es va calcular el nombre d'espècies, en nombre total d'individus, la biomassa total, l'índex de riquesa específica de Margalef, l'índex de diversitat de Shannon-Wiener H' i l'índex de uniformitat de Pielou per a cada transecte, i grau de protecció. 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 similaritat basat en distàncies Bray-Curtis, amb les dades transformades logísticament per a evitar la sobrerrepresentació de les espècies més comunes. Es va 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 $|r| > 0,4$. Finalment, també es va realitzar un anàlisi de redundància basat en distàncies (RDA) per a testar l'efecte del substrat sobre la composició de la comunitat de peixos a cada estació, utilitzant com a variables la fondària, pendent, rugositat i el percentatge de cada tipologia d'habitat.

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), i amb el software Primer 7.

Resultats

Parc Natural de Cap de Creus

Patró general

Enguany s'han observat un total de 36 espècies al Parc Natural de Cap de Creus, pertanyents a 14 famílies diferents. El nombre d'espècies a cada estació varia entre 15 i 21 (Taula 2, Figura 3).

L'abundància de les espècies ha estat molt heterogènia, tal com és d'esperar, ja que hi ha algunes espècies que son molt abundants en tots els transectes i zones de protecció, com els planctòfags

Chromis chromis, que son presents a totes les estacions en gran abundància, però que en termes de biomassa és menys important, o les espècies bentòniques més comunies, com els làbrids *Coris julis*, o els espàrids *Diplodus vulgaris*, *Sarpa salpa* i *Diplodus sargus* (SIMPER).

Taula 2. Espècies observades en els mostrejos de peixos de comunitat al Parc Natural de Cap de Creus.

Familia	Espècie	RNI		RNP		PN		
		Encalladora	Tres	Massa d'Or	Cap Norfeu	Portaló	Messina	Punta
Apogonidae	<i>Apogon imberbis</i>	-	-	-	-	-	+	-
Bleniidae	<i>Parablennius pilicornis</i>	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Parablennius rouxii</i>	+	+	+	+	+	-	+
Gobiidae	<i>Gobius buchichi</i>	-	+	-	-	+	+	+
	<i>Gobius xanthocephalus</i>	+	-	-	-	+	-	-
Labridae	<i>Coris julis</i>	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Labrus merula</i>	-	-	-	-	-	-	+
	<i>Symphodus doderleini</i>	-	-	-	-	+	+	+
	<i>Symphodus mediterraneus</i>	+	+	-	-	+	+	-
	<i>Symphodus melanocercus</i>	-	-	-	-	-	+	-
	<i>Symphodus ocellatus</i>	-	-	-	+	-	+	-
	<i>Symphodus roissali</i>	+	-	-	+	-	+	-
	<i>Symphodus tinca</i>	-	-	-	-	+	+	+
	<i>Thalassoma pavo</i>	+	-	+	+	+	+	+
Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>	-	-	+	+	-	-	+
Mugilidae	<i>Chelon labrosus</i>	+	+	-	+	-	-	-
Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i>	+	+	-	+	+	+	+
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i>	+	+	+	+	+	+	+
Sciaenidae	<i>Sciaena umbra</i>	-	-	+	-	-	-	-
Serranidae	<i>Anthias anthias</i>	-	-	+	-	-	-	-
	<i>Epinephelus marginatus</i>	-	-	+	+	-	-	-
	<i>Mycteroperca rubra</i>	-	-	+	-	-	-	-
	<i>Serranus cabrilla</i>	+	+	+	+	+	+	-
	<i>Serranus scriba</i>	+	-	-	+	+	+	+
Sparidae	<i>Boops boops</i>	-	-	-	+	-	-	-
	<i>Dentex dentex</i>	-	-	+	-	-	-	+
	<i>Diplodus annularis</i>	-	-	-	-	+	-	+
	<i>Diplodus cervinus</i>	+	-	+	-	-	-	-
	<i>Diplodus puntazzo</i>	+	+	+	+	-	+	+
	<i>Diplodus sargus</i>	+	+	+	+	+	-	+
	<i>Diplodus vulgaris</i>	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Oblada melanura</i>	+	+	-	+	-	+	+
	<i>Sarpa salpa</i>	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Sparus aurata</i>	+	+	+	+	-	+	+
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	-	-	+	-	+	+	+	
Tripterygiidae	<i>Tripterygion tripteronotus</i>	-	-	-	-	+	-	-
Total		19	15	17	20	19	21	21

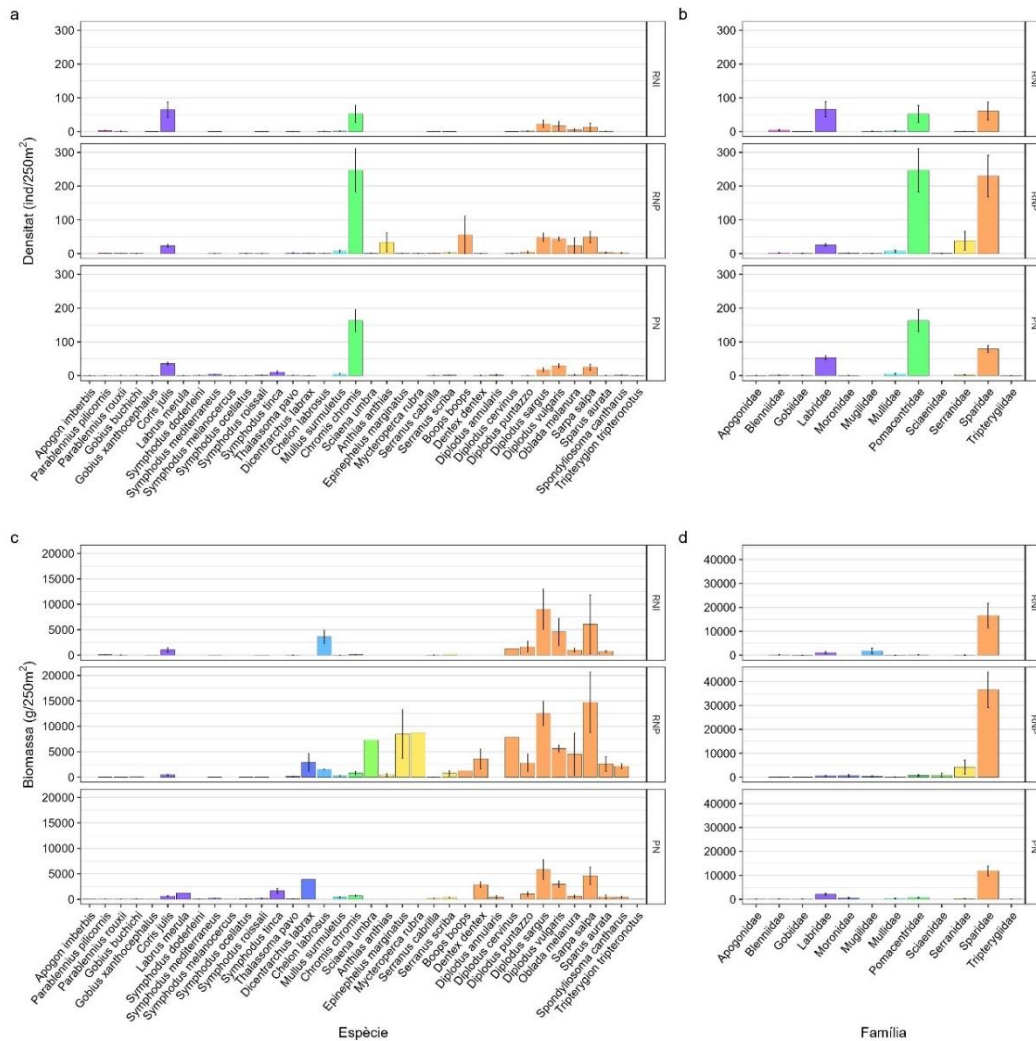


Figura 3. Densitat (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades al Parc Natural de Cap de Creus. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

Si s’analitza el conjunt de dades en funció del grau de protecció, es pot observar que el nombre total d’espècies observades ha estat inferior a la zona de RNI, tot i que no s’han trobat diferències significatives entre el nombre mig d’espècies observades per transecte (Kruskal-Wallis $H=2,45$, $p=0,29$). Pel que fa a l’abundància, s’ha observat un nombre d’individus i biomassa mitjana per transecte superior a la zona de RNP respecte a la zona de RNI i PN respectivament (Kruskal-Wallis $H=8,52$, $p=0,014$ i $H=9,47$, $p=0,009$) (Taula 2).

Els índexs de riquesa específica de Margalef, l’índex de diversitat de Shannon-Wiener H' i l’índex de uniformitat de Pielou han mostrat valors molt similars entre els diferents graus de protecció, sense diferències estadísticament significatives ($H=2,28$, $p=0,32$; $H=1,07$, $p=0,58$; $H=0,42$, $p=0,81$ respectivament) (Taula 3).

Taula 3. Valors dels paràmetres de diversitat i abundància de la comunitat de peixos observats als diferents graus de protecció al Parc Natural del Cap de Creus. 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 de uniformitat de Pielou.

	Total Espècies	Espècies mitj.	Nombre	Biomassa	Margalef	Shannon	Pielou
RNI	19	10,7	187,5	19.802,6	3,44	1,80	0,61
RNP	28	12,1	552,3	44.037,5	4,28	1,94	0,58
PN	29	12,7	305,3	15.616,8	4,89	1,71	0,51

Quan analitzem individualment les diferents estacions, trobem certes característiques a nivell local, que es detallen a continuació.

Reserva Natural Integral

Encalladora

A l'estació de l'Encalladora les espècies més observades han estat *C. julis* (de la família dels làbrids) i *C. chromis* (de la família dels pomacèntrids) amb 65 i 53 ind/250 m² respectivament, tot seguit de *D. sargus*, *D. vulgaris*, *S. salpa* i *O. melanura*, tot es elles pertanyents a la família dels espàrids (Figura 4 a i b). Tot i aquestes dades de densitats, pel que fa a les biomasses es pot observar com les espècies dels espàrids són les que mostren uns valors més elevats, especialment *D. sargus*, *S. salpa* i *D. vulgaris*. Les llises, *C. labrosus* (de la família Mugilidae), també presenten una biomassa elevada (Figura 4 c i d).

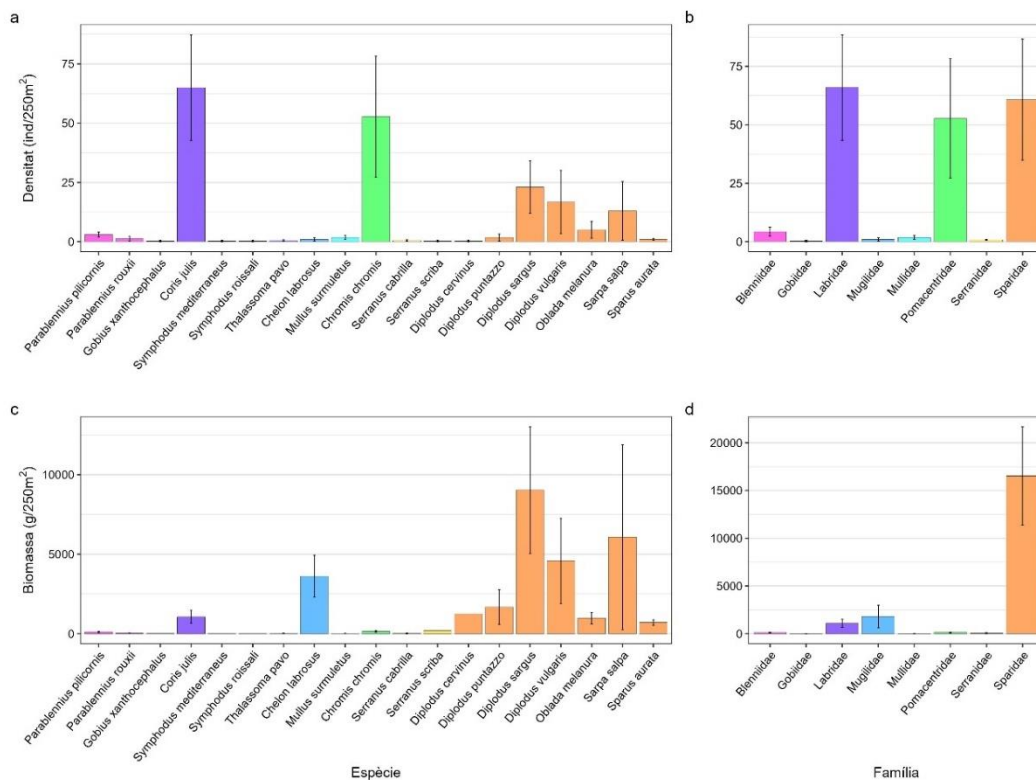


Figura 4. Densitat (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació de l'Encalladora. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

La distribució de talles de les espècies més freqüents, *Coris julis*, *Diplodus sargus*, i *Sarpa salpa* mostren distribucions unimodals, amb excepció amb talles mitjanes de 11,6, 27,7, 26,8 cm, respectivament, mentre que *D. vulgaris* mostra una distribució bimodal amb dos pics a la classe de talla de 16 cm i 24 cm, amb una talla mitjana de 20,1 cm (Figura 5).

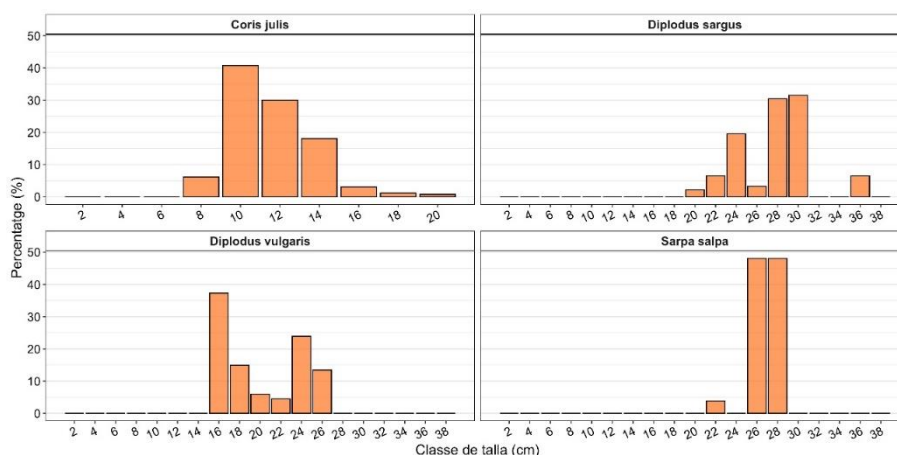


Figura 5. Estructura de talls de les espècies bentòniques més abundants a l'estació de l'Encalladora.

Reserva Natural Parcial

Tres Frares

A l'estació de Tres Frares les espècies més observades han estat *C. chromis*, amb uns 124 ind/250 m², i *D. sargus* amb 94 ind/250 m². Altres espècies força abundants han estat *O. melanura*, *S. salpa*, *D. vulgaris*, *C. julis* i *M. surmuletus* (Figura 6 a). La família dels espàrids destaca per ser la que presenta una major densitat, amb uns 250 ind/250 m² (Figura 6 b).

Pel que fa a la biomassa s'observa que, malgrat presentar una elevada densitat, *C. chromis* presenta valors baixos, degut a la seva mida. Les espècies amb major biomassa són les que pertanyen a la família dels espàrids: *D. sargus*, que destaca amb uns 20.000 g/250 m², seguida de *S. salpa*, *O. melanura* i *D. vulgaris* (Figura 6 c i d). Les desviacions estàndard tant elevades, com les de *S. salpa*, es deuen al seu caràcter gregari i la conseqüent distribució heterogènia d'aquesta espècie.

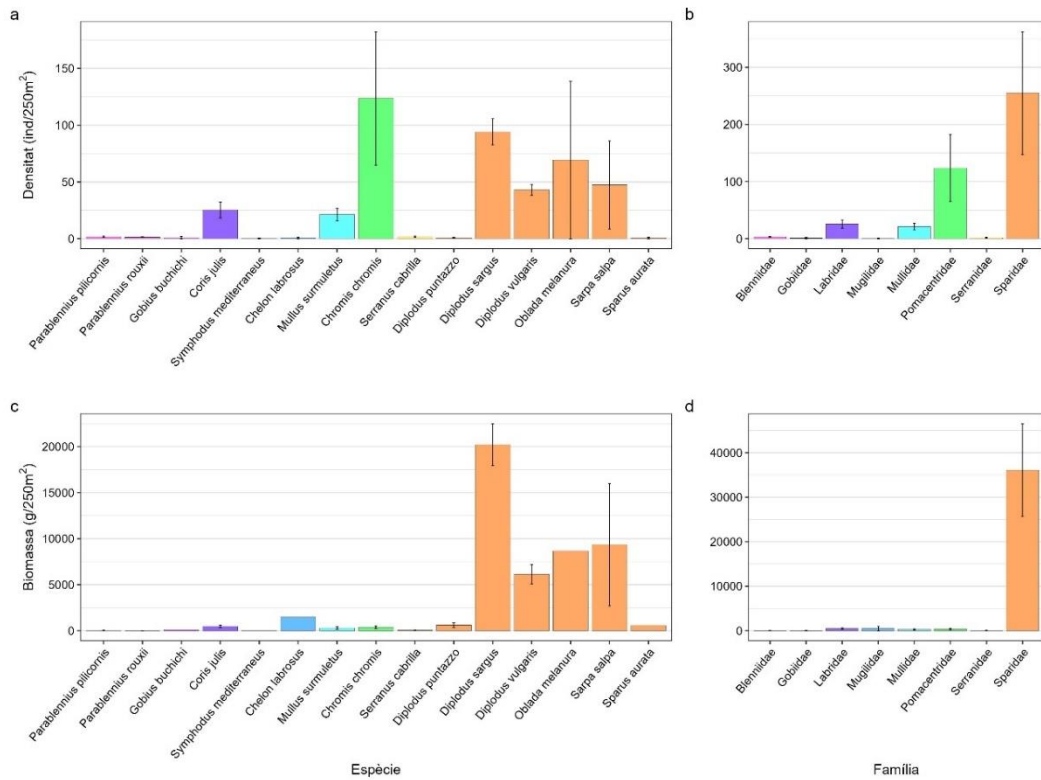


Figura 6. Densitat (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació de Tres Frares. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

La distribució de talls de les espècies més freqüents, *Coris julis*, *Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris* i *Sarpa salpa* mostren distribucions unimodals, amb talls mitjanes de 12,2, 22,8, 20,9, 21,6 cm, respectivament (Figura 7).

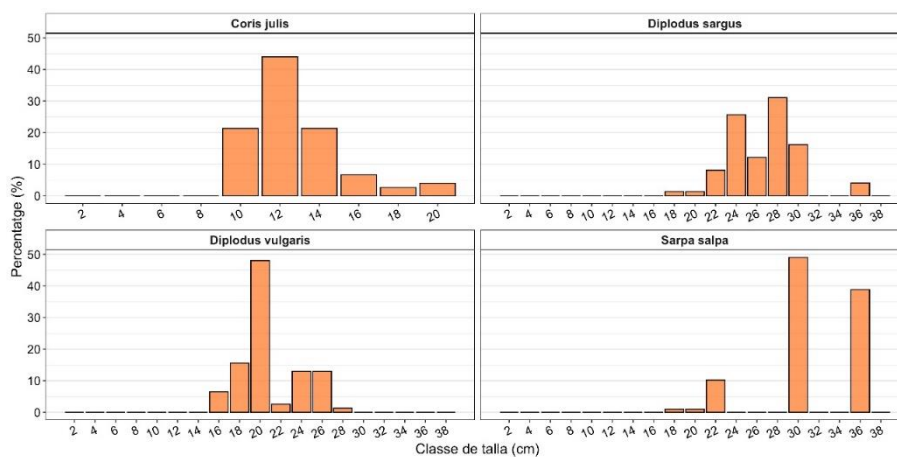


Figura 7. Estructura de talls de les espècies bentòniques més abundants a l'estació de Tres frares.

Massa d'Or

A l'estació de la Massa d'Or l'espècie més abundant en nombre ha estat *C. chromis* amb 333 ind/m², seguida d'*Anthias anthias* amb 100 ind/250 m². *A. anthias* s'ha observat únicament en aquesta estació dins el Parc Natural de Cap de Creus (Figura 8 a). Els espàrids, malgrat no presentar densitats tant elevades (Figura 8 b) sí que mostren valors elevats de biomassa: *S. salpa* destaca amb una biomassa d'uns 36.000 g/250 m², i això és degut a la gran mida dels individus, alguns dels quals mesuraven fins a 30 cm. Cal remarcar que encara que es van observar tant sols 5 exemplars de nero (*E. marginatus*, pertanyent a la família dels serrànids) i 3 nero bord (*M. rubra*), com que es tracta d'espècies de mides grans, la seva biomassa és superior a espècies amb més densitat i mides petites; en aquesta estació la seva biomassa d'aquestes dues espècies és d'uns 10.900 i 8.800 g/m² respectivament. El mateix passa amb altres espècies, com per exemple, amb les morrudes (*D. puntazzo*) i les orades (*S. aurata*) (Figura 8 c i d).

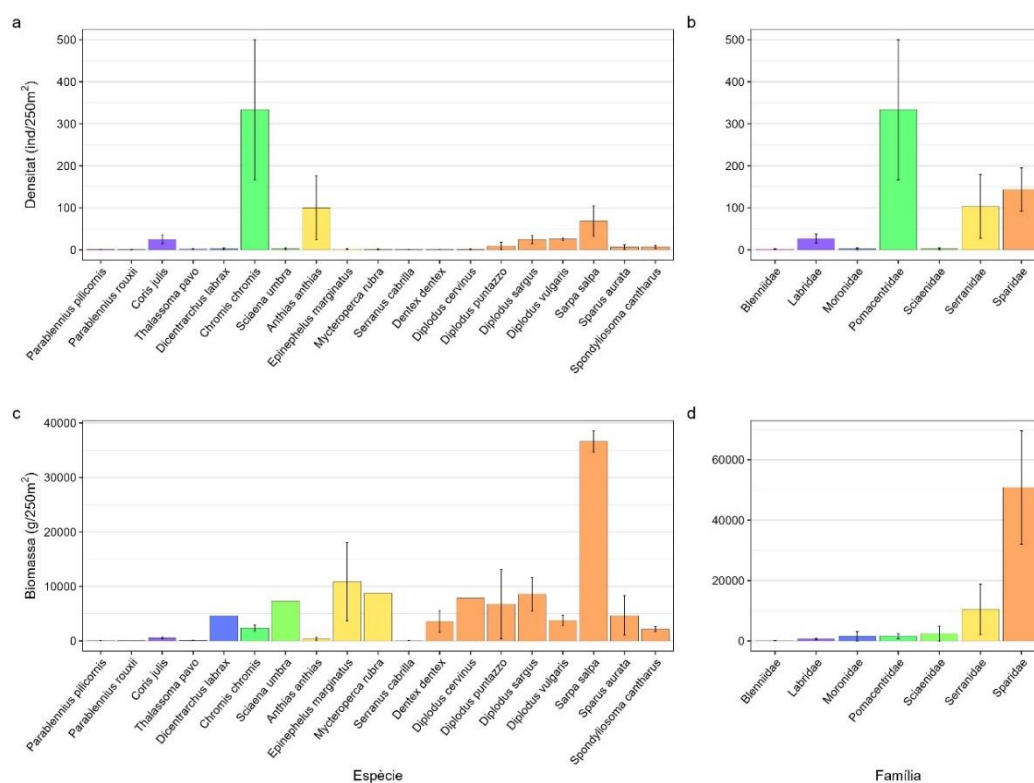


Figura 8. Densitat (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació de Massa d'Or. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

La distribució de talles de les espècies més freqüents, *Coris julis*, *Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris* i *Sarpa salpa* mostren distribucions unimodals, amb talles mitjanes de 12,7, 26,6, 20,9, 30,9 cm, respectivament (Figura 9).

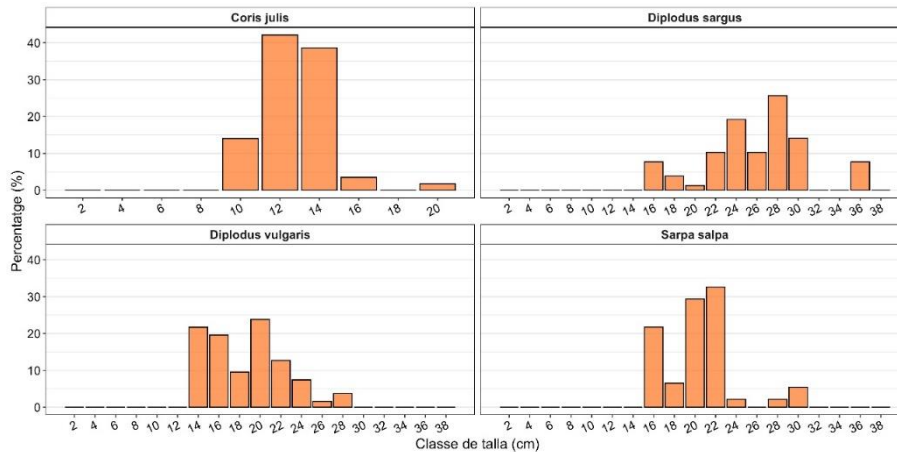


Figura 9. Estructura de talls de les espècies bentòniques més abundants a l'estació de Tres Frares.

Norfeu

A l'estació de Cap Norfeu les espècies que presenten una major densitat mitjana són *C. chromis*, amb uns 280 ind/250 m², i *B. boops*, amb uns 170 ind/250 m² (Figura 9 a). Les dues famílies amb un valor més elevat de densitat són els espàrids, on hi trobem diverses espècies (*B. boops*, diferents espècies del gènere *Diplodus*, o *S. salpa*), i els pomacèntrids, on únicament s'hi ha observat *C. chromis* (Figura 10 b).

Igual que passa en altres estacions de mostreig, els espàrids són els que mostren una biomassa més elevada degut a que són espècies que, malgrat moltes vegades no anar en grans bancs, són espècies de mides més grans. El valor de biomassa més elevat el mostra *D. sargus* (amb 8.700 g/250 m²), seguit de *D. vulgaris* (7.000 g/250 m²). *S. salpa* i *E. marginatus* presenten valors molt similars, al voltant de 3.700 g/250 m² (Figura 10 c i d).

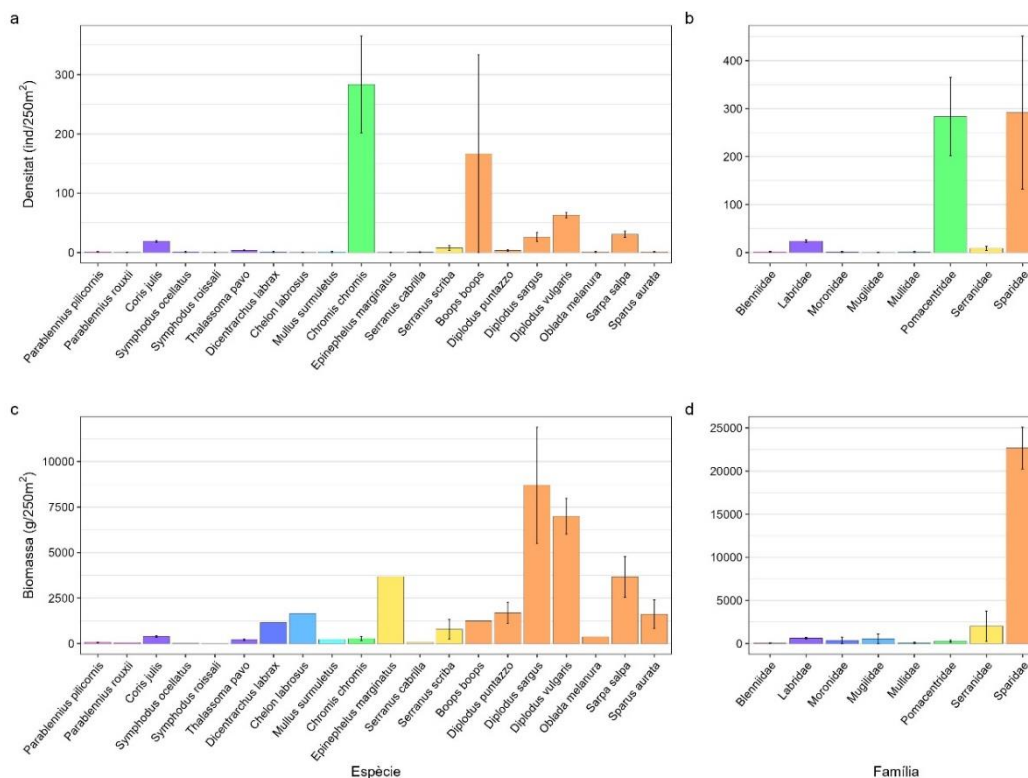


Figura 10. Densitat (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació de Cap Norfeu. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

La distribució de talls de les espècies més freqüents, *Coris julis*, *Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris* i *Sarpa salpa* mostren distribucions unimodals, amb talls mitjanes de 12,8, 25,8, 18,7, 20,5 cm, respectivament (Figura 11).

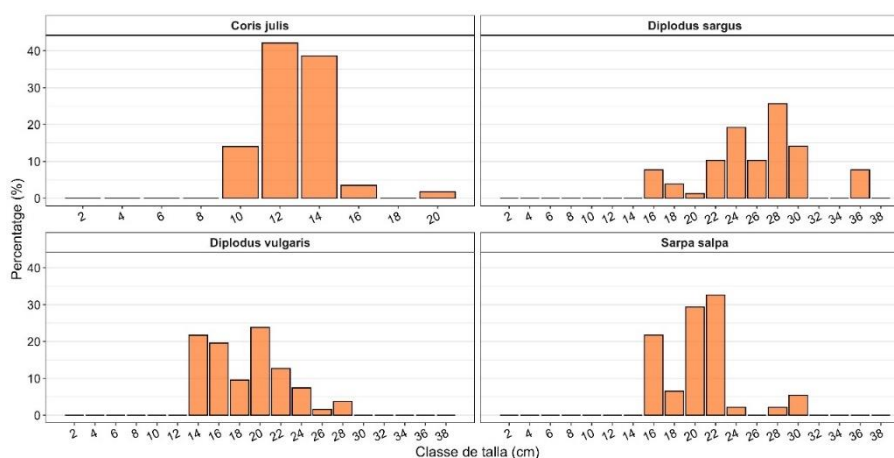


Figura 11. Estructura de talls de les espècies bentòniques més abundants a l'estació de Cap Norfeu.

Parc Natural

Portaló

A l'estació de Portaló l'espècie més abundant és *C. chromis* amb força diferència amb la resta, amb un valor de 109 ind/250 m². Les següents espècies més abundants han estat *S. salpa* i *C. julis*, amb uns valors de 46 i 47 ind/250 m² respectivament (Figura 12 a). Les famílies amb abundàncies més elevades corresponen a les de les tres espècies anomenades anteriorment: els pomacèntrids, els espàrids i els làbrids (Figura 12 b).

Un cop més, la biomassa dels espàrids és la més elevada: *S. salpa* és l'espècie que mostra uns valors més elevats (7.300 g/250 m²) seguida de *D. sargus* (2.500 g/250 m²) (Figura 12 c i d).

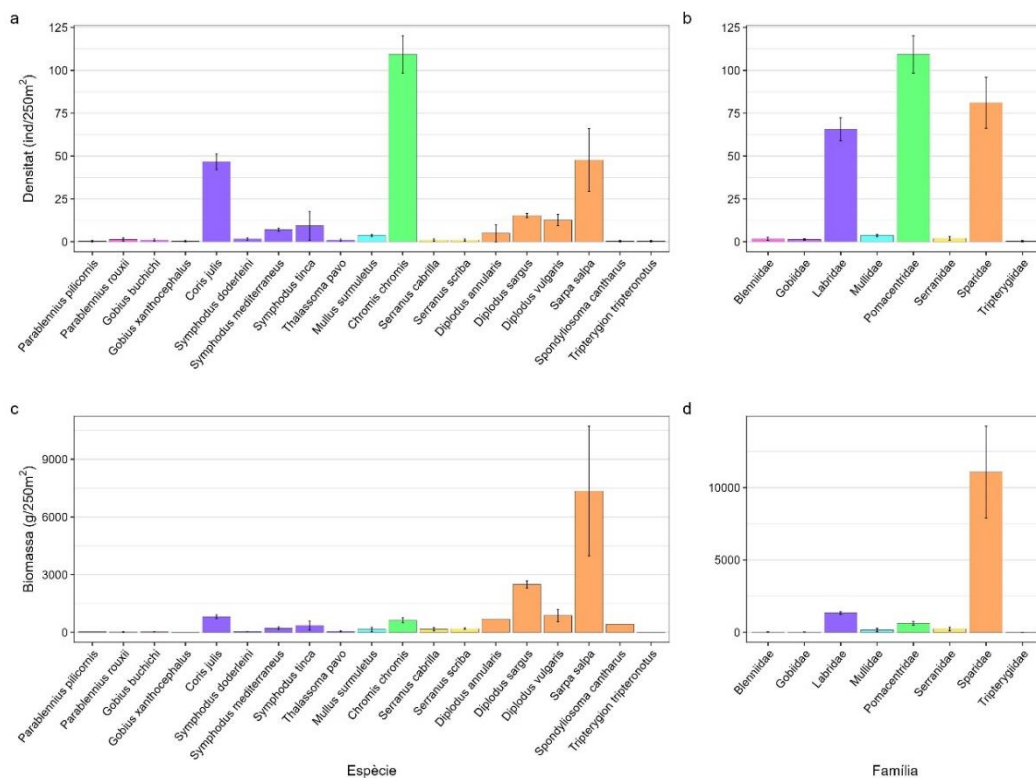


Figura 12. Densitat (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació de Portaló. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents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

La distribució de talles de les espècies més freqüents, *Coris julis*, *Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris* i *Sarpa salpa* mostren distribucions unimodals, amb talles mitjanes de 11,8, 20,8, 15,6, 22,7 cm, respectivament (Figura 13).

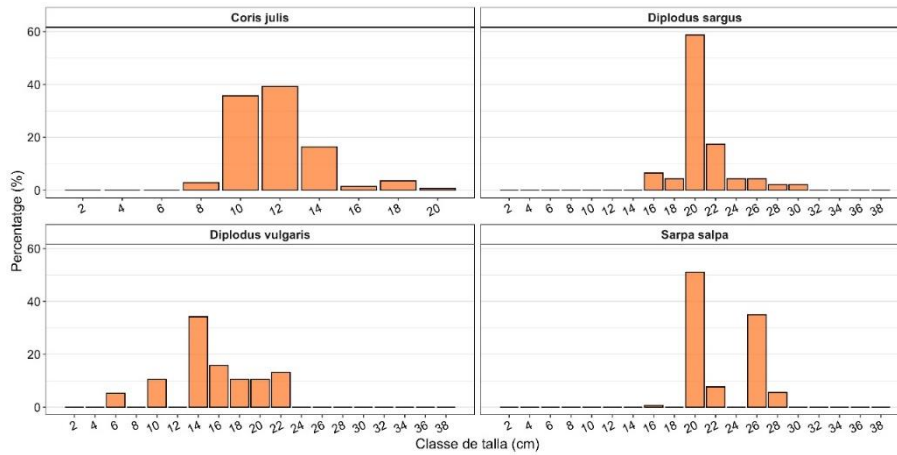


Figura 13. Estructura de talls de les espècies bentòniques més abundants a l'estació de Portaló.

Messina

L'espècie més abundant a l'estació de la Messina és *C. chromis*, amb més de 213 ind/250 m², valors molt més elevats que les següents espècies més abundants, que són *D. vulgaris*, amb 36 ind/250 m², i *C. julis*, amb 29 ind/250 m² (Figura 14 a). Així doncs, la família dels pomacèntrids és la més abundant en aquesta estació, seguida dels làbrids i els espàrids (Figura 14 b).

L'espècie amb uns valors de biomassa més elevats ha estat *D. vulgaris* (4.200 g/250 m²), seguida de *S. tinca* (2.800 g/250 m²) (Figura 14 c). De nou, la família amb majors biomasses, degut a que les espècies que en formen part solen tenir majors mides, és la dels espàrids, seguida de la dels làbrids (Figura 14 d). En aquesta estació s'ha observat una diversitat més elevada d'espècies de la família dels làbrids, amb un total de 8 espècies.

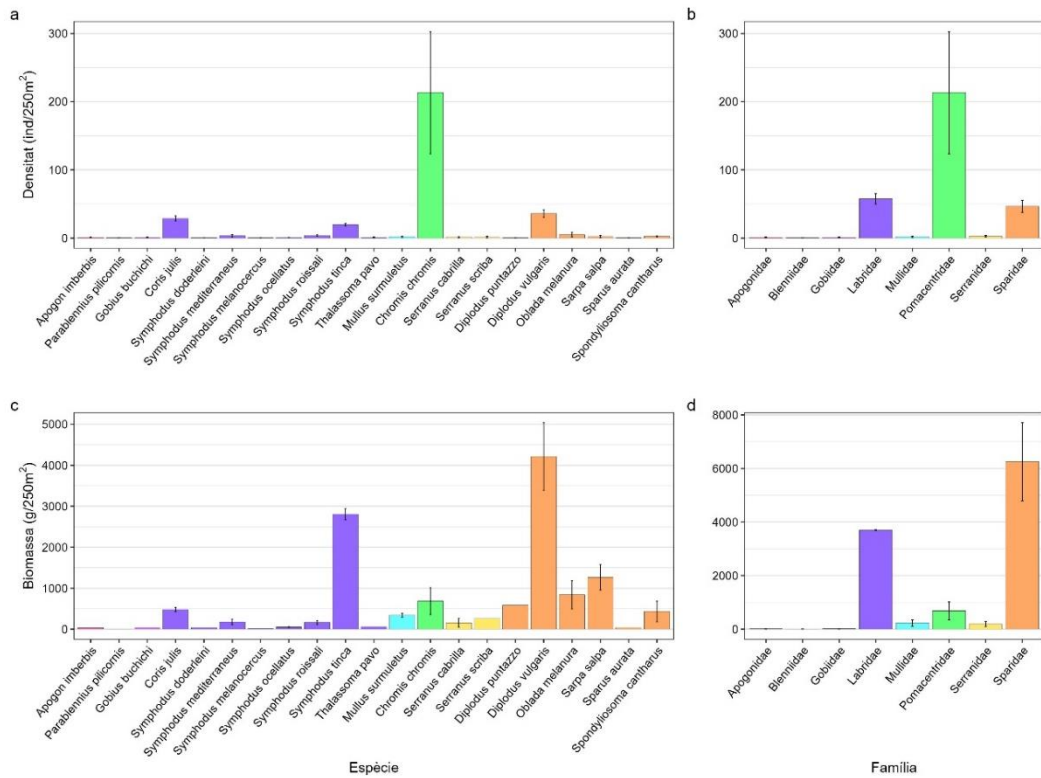


Figura 14. Densitat (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació de Messina. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents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

La distribució de talls de les espècies més freqüents, *Coris julis*, *Diplodus vulgaris* i *Sarpa salpa* mostren distribucions unimodals, amb talls mitjanes de 11,8, 19,1 i 31,4 cm, respectivament (Figura 15).

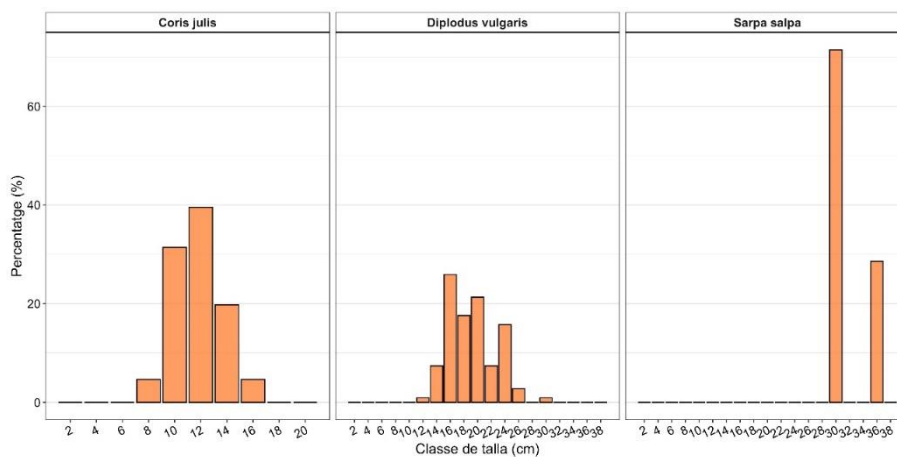


Figura 15. Estructura de talls de les espècies bentòniques més abundants a l'estació de Messina.

Punta Figuera

L'espècie més abundant a l'estació de Punta Figuera és *C. chromis*, amb uns 170 ind/250 m², molt per sobre de les següents més abundants: *D. vulgaris* (39 ind/250 m²), *D. sargus* (37 ind/250 m²), *C. julis* (31 ind/250 m²) i *S. salpa* (25 ind/250 m²) (Figura 16 a). La família dels pomacèntrids és la que mostra una major densitat, seguida dels espàrids i els làbrids (Figura 16 b).

L'espècie amb una biomassa més elevada a l'estació de Punta Figuera és *D. sargus*, amb un valor de 9.100 g/250 m², seguida del llobarro, *Dicentrarchus labrax*, *S. salpa* i *D. vulgaris*, amb uns valors de 3.900, 3.800 i 3.700 g/250 m² respectivament (Figura 16 c). La família amb una major biomassa, amb molta diferència, és la dels espàrids (18.300 g/250 m²) (Figura 16 d).

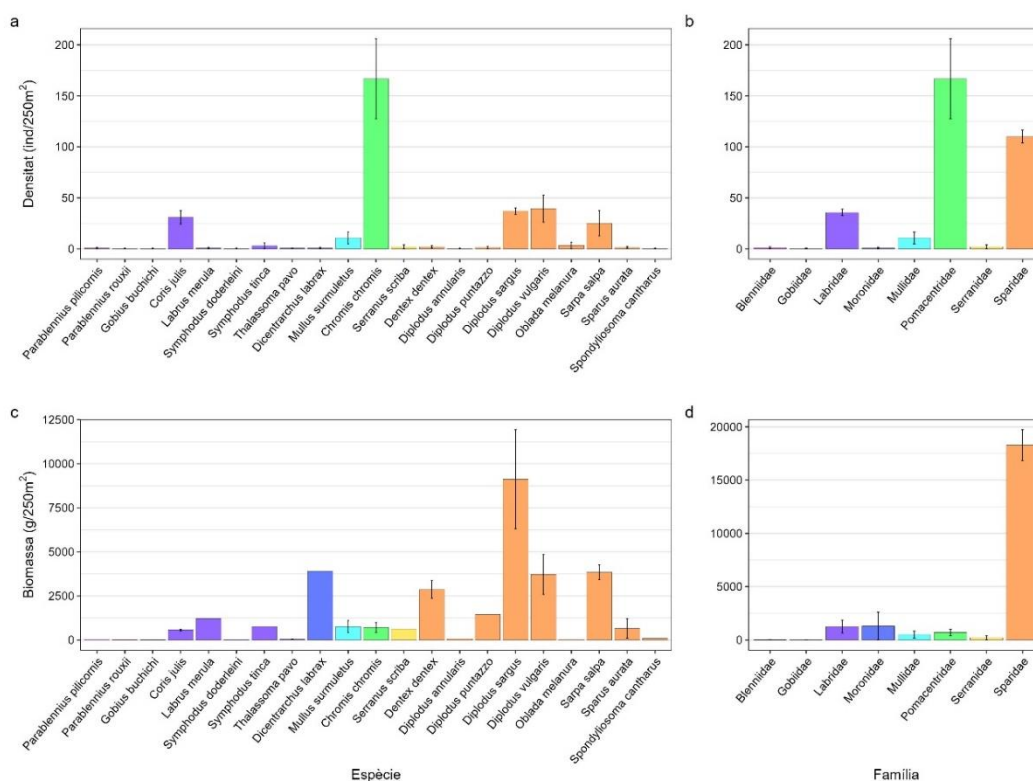


Figura 16. Densitat (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació de Punta Figuera. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les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

La distribució de talles de les espècies més freqüents, *Coris julis*, *Diplodus vulgaris* i *Sarpa salpa* mostren distribucions unimodals, amb talles mitjanes de 12,0, 17,7, 19,5 cm, respectivament, mentre que *D. sargus* mostra una estructura bimodal amb pics d'abundància als 18 i 28 cm, i una talla mitjana de 23,3 cm (Figura 17).

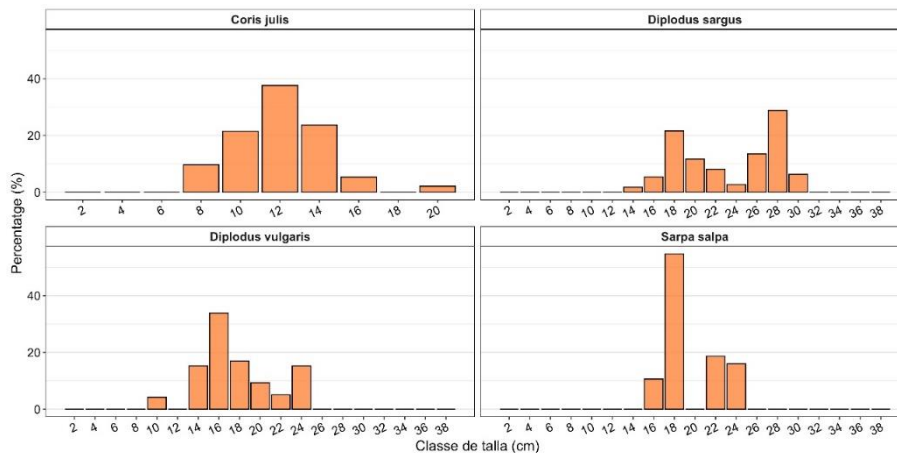


Figura 17. Estructura de talls de les espècies bentòniques més abundants a l'estació de Punta Figuera.

Anàlisi del nivell de protecció

L'anàlisi de coordenades principals (PCoA) s'ha realitzat amb les dades de biomassa de totes les espècies comptabilitzades al llarg dels mostrejos en cada una de les estacions de les diferents zones de protecció, i les ordena al voltant dels dos eixos principals que integren el 31,3 i el 19,7 de la variància, respectivament (Figura 18). Aquest anàlisi mostra una distribució diferenciada de les diferents estacions en funció del grau de protecció. A la dreta del primer eix es distribueixen les estacions de les zones de RNI i RNP, que mostren una major biomassa principalment degut a que les espècies més abundants i que agrupen la major part de la biomassa, principalment els espàrids *Sarpa salpa*, *Symphodus tinca*, *Diplodus vulgaris*, *Sparus aurata*, *Chelon labrosus*, *Parablennius pilicornis*, *Diplodus puntazzo*, *Diplodus sargus* (anàlisi SIMPER), que es troben en majors densitats i amb talles més grans en aquestes dues zones. D'altra banda trobem la zona de PN, amb una menor biomassa global que les altres dues zones, però amb una major importància de les diferents espècies de làbrids, que presenten una major diversitat.

L'anàlisi PERMANOVA mostra diferències significatives entre els diferents graus de protecció (Pseudo-F=3,084, p=0,02), on la zona de Parc Natural mostra diferències entre les zones de RNP i RI, que son similars entre elles. També s'observen diferències entre llocs (Pseudo-F=2,83, p=0,001), on l'estació de Messina (PN) presenta diferències significatives amb l'estació de l'Encalladora (RI), essent l'estació de Punta Figuera (PN) la més semblant a les estacions de RNP.

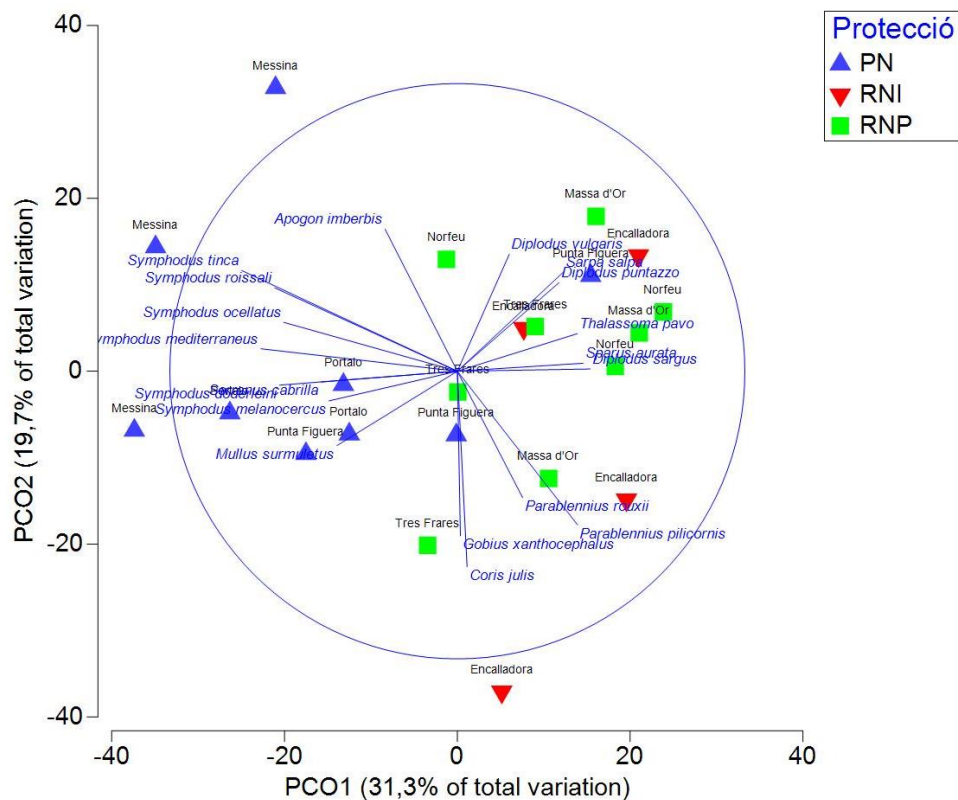


Figura 18. Anàlisi de coordenades principals (PCoA) dels diferents trams dels transectes realitzats al Parc Natural de Cap de Creus, tenint en compte la biomassa de totes les espècies censades com a variables. Els dos primer eixos acumulen el 51% de la variància observada a les dades. Les espècies representades estan identificades per una correlació amb els eixos de $|r| > 0,4$. Els colors dels símbols representen els diferents graus de protecció: Reserva Natural Integral (RNI, vermell), Reserva Natural Parcial (RNP, verd) i Parc Natural (PN, blau).

Per a poder determinar quina importància tenen les variables ambientals (com la rugositat o el tipus de fons) en la composició de les comunitats s'ha realitzat un anàlisi de redundància (RDA). El primer eix, que explica el 26,2% de la variància, separa els diferents graus de protecció: per una banda hi trobem les zones de RNI i RNP, i per l'altra la de PN. En el primer cas, s'observa que aquestes zones presenten major biomassa, relacionades amb una major complexitat espacial, amb fons de grans blocs i amb major pendent, que corresponen a una major rugositat. Dins d'aquest grup, l'estació de l'Encalladora està especialment correlacionada amb els fons de roca base, un fons que, en principi està associat a una baixa abundància d'espècies, però que es troba en un grau de protecció elevat. A l'altra banda de l'eix trobem la zona de PN, amb zones de menys complexitat estructural, amb blocs mitjans i també fons amb taques de *Posidonia oceanica*, especialment a l'estació de Messina. Aquesta zona es correlaciona amb biomasses menors, però amb una major abundància d'espècies petites bentòniques, com els làbrids (Figura 19).

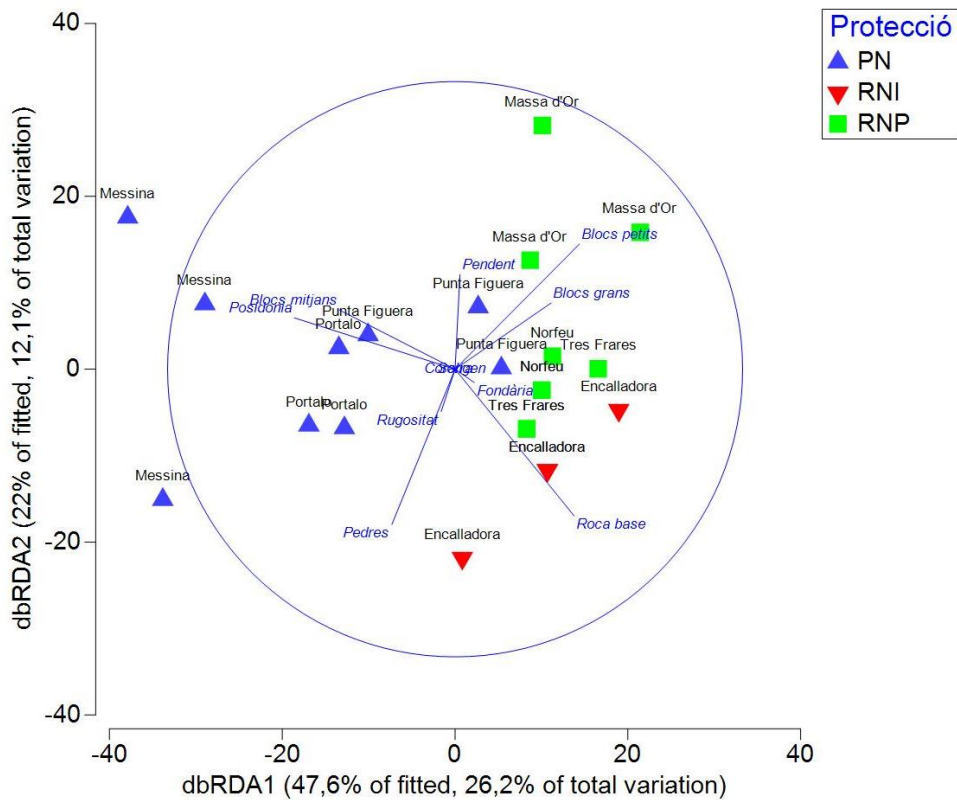


Figura 19. Anàlisi canònic de redundància (RDA) dels diferents trams dels transectes realitzats al Parc Natural de Cap de Creus, tenint en compte la biomassa de totes les espècies censades i considerant com a covariables les variables ambientals mesurades (fondària, pendent, rugositat i les diverses tipologies de fons). Els dos primer eixos acumulen un 38,3% de la variància observada a les dades. Els colors dels símbols representen els diferents graus de protecció: Reserva Natural Integral (RNI, vermell), Reserva Natural Parcial (RNP, groc) i Parc Natural (PN, blau).

Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter

Patró general

Enguany s'han observat un total de 38 espècies al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter (Taula 4, Figura 19).

Taula 4. Espècies observades en els mostrejos de peixos de comunitat al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter.

Família	Espècie	RNP		PN	
		Meda Petita	Freuetó	Punta	Dui
Bleniidae	<i>Parablennius pilicornis</i>	+	-	+	-
Gobiidae	<i>Gobius buchichi</i>	-	-	-	+
	<i>Gobius geniporus</i>	-	+	-	-
	<i>Gobius xanthocephalus</i>	-	-	+	+
	<i>Coris julis</i>	+	+	+	+
Labridae	<i>Labrus merula</i>	+	+	+	+
	<i>Labrus viridis</i>	-	-	-	+
	<i>Symphodus doderleini</i>	+	+	-	-
	<i>Symphodus mediterraneus</i>	+	+	+	+
	<i>Symphodus melanocercus</i>	+	+	-	+
	<i>Symphodus ocellatus</i>	+	+	+	+
	<i>Symphodus roissali</i>	+	+	+	+
	<i>Symphodus rostratus</i>	+	+	+	+
	<i>Symphodus tinca</i>	+	+	+	+
	<i>Thalassoma pavo</i>	+	+	+	+
	Mugilidae	<i>Chelon labrosus</i>	+	+	+
Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i>	+	+	+	+
Muraenidae	<i>Muraena helena</i>	-	-	+	-
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i>	+	+	+	+
Sciaenidae	<i>Sciaena umbra</i>	-	+	-	-
Scorpaenidae	<i>Scorpaena scrofa</i>	-	+	-	-
Serranidae	<i>Epinephelus marginatus</i>	+	+	-	-
	<i>Serranus cabrilla</i>	+	+	+	+
	<i>Serranus scriba</i>	+	+	+	+
Sparidae	<i>Boops boops</i>	+	-	-	-
	<i>Dentex dentex</i>	+	-	+	-
	<i>Diplodus annularis</i>	+	+	-	-
	<i>Diplodus cervinus</i>	+	+	-	-
	<i>Diplodus puntazzo</i>	+	+	+	+
	<i>Diplodus sargus</i>	+	+	+	+
	<i>Diplodus vulgaris</i>	+	+	+	+
	<i>Oblada melanura</i>	+	+	-	+
	<i>Sarpa salpa</i>	+	+	+	+
	<i>Sparus aurata</i>	-	+	+	-
	<i>SpondylIOSoma cantharus</i>	+	+	+	+
Tripterygiidae	<i>Tripterygion delaisi</i>	-	+	+	-
	<i>Tripterygion melanurum</i>	-	+	+	-
	<i>Tripterygion tripteronotus</i>	-	+	-	-
Total		26	31	24	23

L'espècie més observada al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter és *S. Salpa*, juntament amb *C. chromis* (Figura 20a). La família més abundant és la dels espàrids en el cas de la zona de RNP, mentre que la dels làbrids és la més observada a la zona de PN, tot i que de forma molt igualada amb els espàrids i els pomacèntrids (Figura 20 b).

Pel que fa a les dades de biomassa, *S. Salpa* és l'espècie amb uns valors més elevats, seguida dels neros (*E. marginatus*) que presenten uns valors força elevats a la zona de RNP (Figura 20c). La família dels espàrids és la que mostra una biomassa més elevada, tant dins com fora de reserva, tot i que la dels serrànids, on el nero en forma part, mostra valors força elevats a la zona de RNP (Figura 20d).

A més, tant els valors de densitat com els de biomassa, són més elevats a la zona de RNP, protegida envers la pesca, que a la zona de PN, zona no protegida.

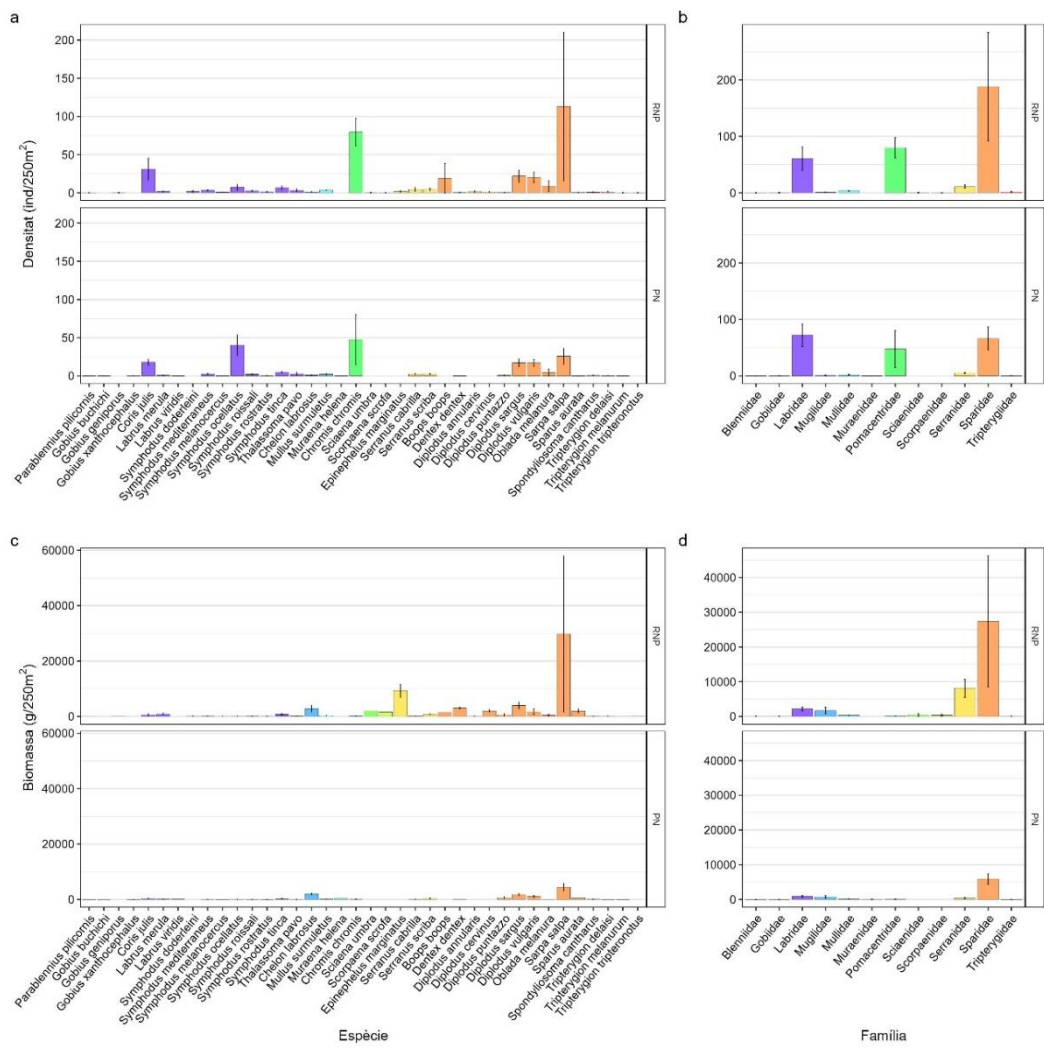


Figura 20. Densitat (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

Si s'analitza el conjunt de dades en funció del grau de protecció, es pot observar que el nombre total d'espècies observades a la zona de PN ha estat menor que a la zona de RNP, tot i que no s'han trobat diferències significatives entre el nombre mig d'espècies observades per transsecte (Kruskal-Wallis $H=2,93$, $p=0,08$). Pel que fa a l'abundància, s'ha observat un nombre major d'individus a la zona de RNP, tot i que no estadísticament significatiu (Kruskal-Wallis $H=1,37$, $p=0,24$), degut a la gran variabilitat causat per la presència de grans grups de *Sarpa salpa* a l'estació de la Meda Petita, que formen grans bancs i tenen una distribució molt heterogènia. Aquestes diferències es fan paleses també pel que fa a la biomassa, que en aquest cas sí que mostres diferències significatives en el test (Kruskal-Wallis $H=7,73$, $p=0,005$) (Taula 5).

Els índexos de riquesa específica de Margalef mostra valors superiors a la zona de RNP, però sense diferències estadísticament significatives ($H=2,59$, $p=0,11$). Degut al gran nombre d'individus de *Sarpa salpa* observats a la zona de RNP,

Tot i presentar un nombre d'espècies, els valors de diversitat de Shannon i de uniformitat de Pielou donen valors més baixos a la zona de RNP, en aquest darrer índex amb diferències significatives ($H=0,53$, $p=0,46$; $H=4,20$, $p=0,04$ respectivament) (Taula 5).

Taula 5. Valors dels paràmetres de diversitat i abundància de la comunitat de peixos observats als diferents graus de protecció al Parc Natural del Cap de Creus. Es mostra el nombre total d'espècies observades, la mitjana del nombre d'espècies, individus i biomassa observat per transsecte, de riquesa específica de Margalef, l'índex de diversitat de Shannon-Wiener H' i l'índex de uniformitat de Pielou.

	Total Espècies	Espècies mitj.	Nombre	Biomassa	Margalef	Shannon	Pielou
PN	29	15,13	194,88	8.210,37	2,85	2,02	0,75
RNP	34	20,60	346,60	40.526,44	3,47	1,92	0,64

Quan analitzem en individualment les diferents estacions, trobem certes característiques a nivell local, que es detallen a continuació.

Reserva Natural Parcial

Meda Petita

A l'estació de la Meda Petita l'espècie més abundant ha estat *S. salpa* (de la família dels espàrids), amb grans bancs de més de 500 individus en algun dels transsectes, seguit de *C. chromis* (de la família dels pomacèntrids), amb 167 i 85 ind/250 m² respectivament, tot seguit de *B. boops*, *C. julis*, *D. sargus* i *D. vulgaris*, tot es elles pertanyents a la família dels espàrids menys *C. julis* que pertany a la dels làbrids (Figura 21 a i b).

En quant a les dades de biomassa, seguim veient que la família dels espàrids és la que mostra uns valors més elevats, sobretot *S. salpa* amb valors d'uns 86.000 g/250m² seguit de *E. marginatus* amb un valor d'uns 9.400 g/250m², de la família dels serrànids. (Figura 21 c i d).

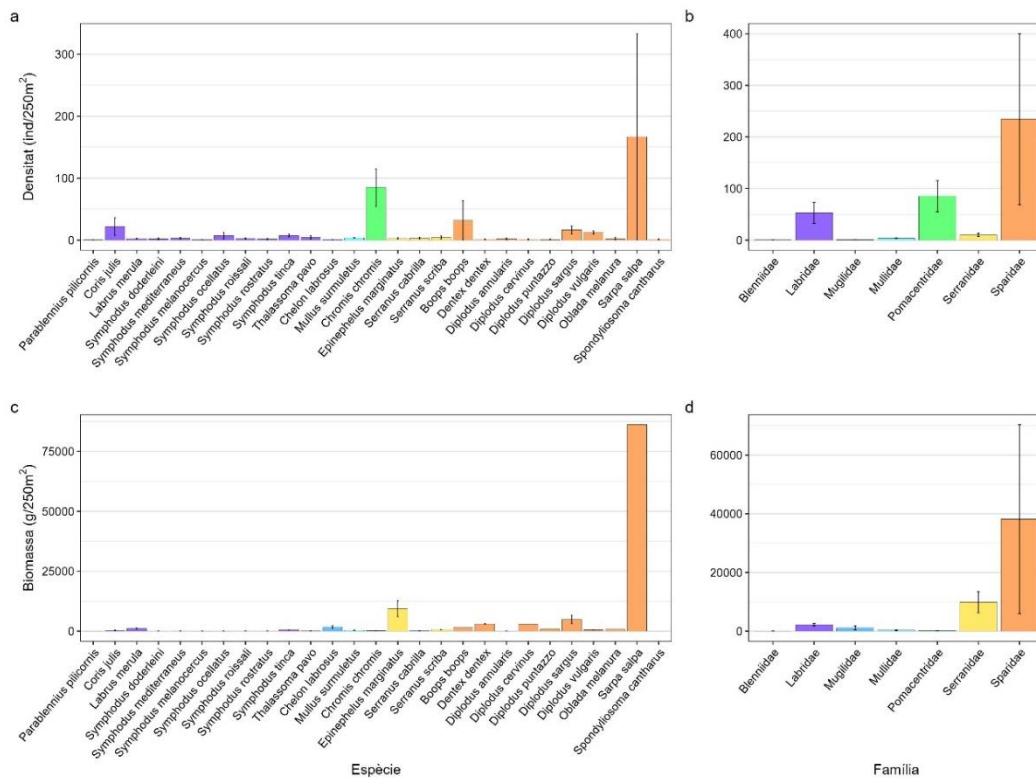


Figura 21. Densitat (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació de la Meda Petita. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les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

La distribució de talls de les espècies més freqüents, *Coris julis*, *Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris* i *Sarpa salpa* mostren distribucions unimodals, amb talls mitjanes de 9,2, 23,2, 12,7, 24,0 cm, respectivament (Figura 22).

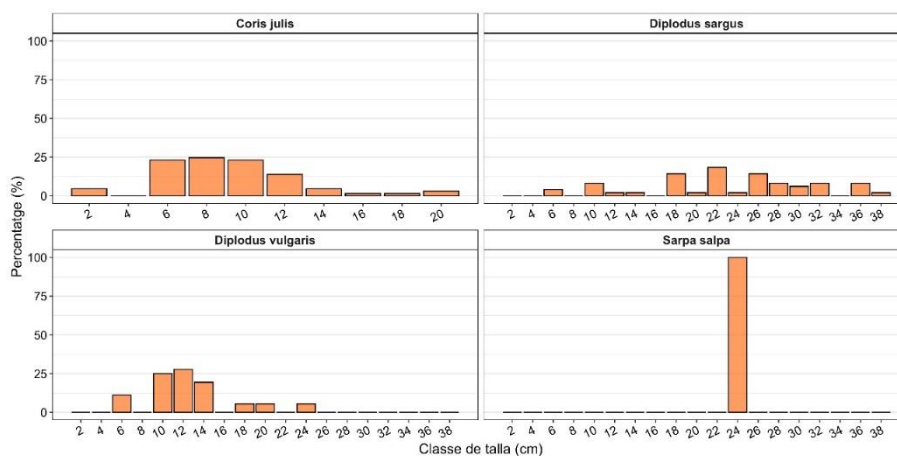


Figura 22. Estructura de talls de les espècies bentòniques més abundants a l'estació de Meda Petita.

Freuetó

A l'estació del Freuetó, les espècies més observades han estat *C. chromis* (de la família dels pomacèntrids) i *C. julis* (de la família dels làbrids) amb 72 i 46 ind/250 m² respectivament, tot seguit de *D. vulgaris*, *S. salpa* i *D. sargus* tots tres pertanyents a la família dels espàrids (Figura 23 a i b).

Pel que fa als valors de biomassa, els valors més alts pertanyen a *E. marginatus* amb un valor de 9.00 g/250m² de la família dels serrànids, seguit de *C. labrosus* de la família dels mugílids, amb un valor d'uns 5.000 g/250m². En quant a la família amb més biomassa, trobem la família dels espàrids seguit de la família dels serrànids (Figura 23 c i d).

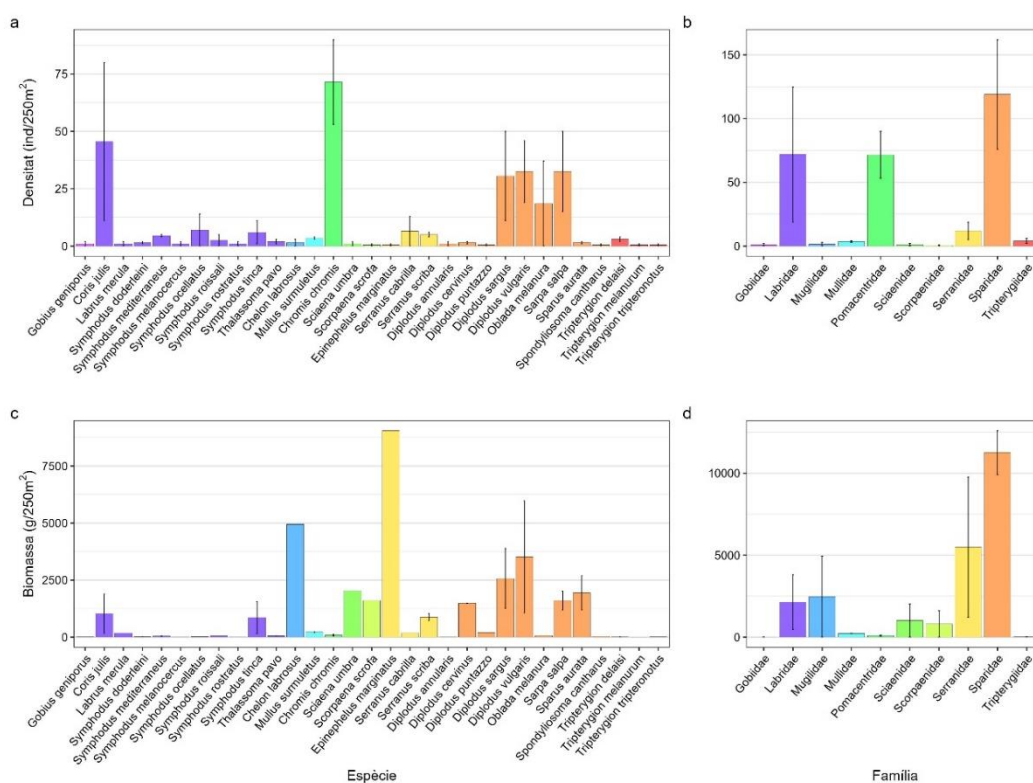


Figura 23. Densitat (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació del Freuetó. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

La distribució de talles de les espècies més freqüents, *Coris julis*, *Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris* i *Sarpa salpa* mostren distribucions unimodals, amb talles mitjanes de 11,6, 13,9, 18,4 i 14,9 cm, respectivament (Figura 24).

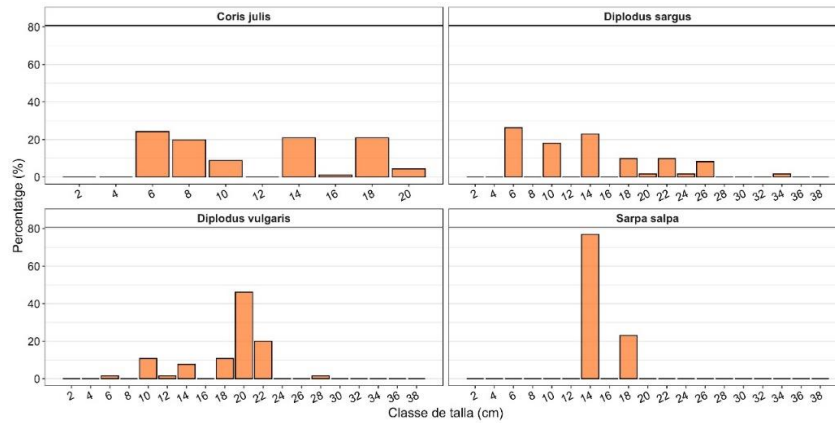


Figura 24. Estructura de talls de les espècies bentòniques més abundants a l'estació del Freuetó.

Punta Salines

A l'estació de Punta Salines, les espècies més observades han estat *S. salpa* (de la família dels espàrids) i *S. ocellatus* (de la família dels làbrids) amb 28 i 27 ind/250 m² respectivament, tot seguit de *C. chromis*, *D. vulgaris* i *C. julis* de les famílies dels pomacèntrids, dels espàrids i del làbrids respectivament. (Figura 25 a i b).

Pel que fa als valors de biomassa, els més alts pertanyen a *S. salpa* amb 6.000 g/250m² seguit de *C. labrosus* amb 1.800 g/250m². En quant a les famílies, els valors més alts de biomassa corresponen a la dels espàrids, seguit dels mugílids i els serrànids. (Figura 25 c i d).

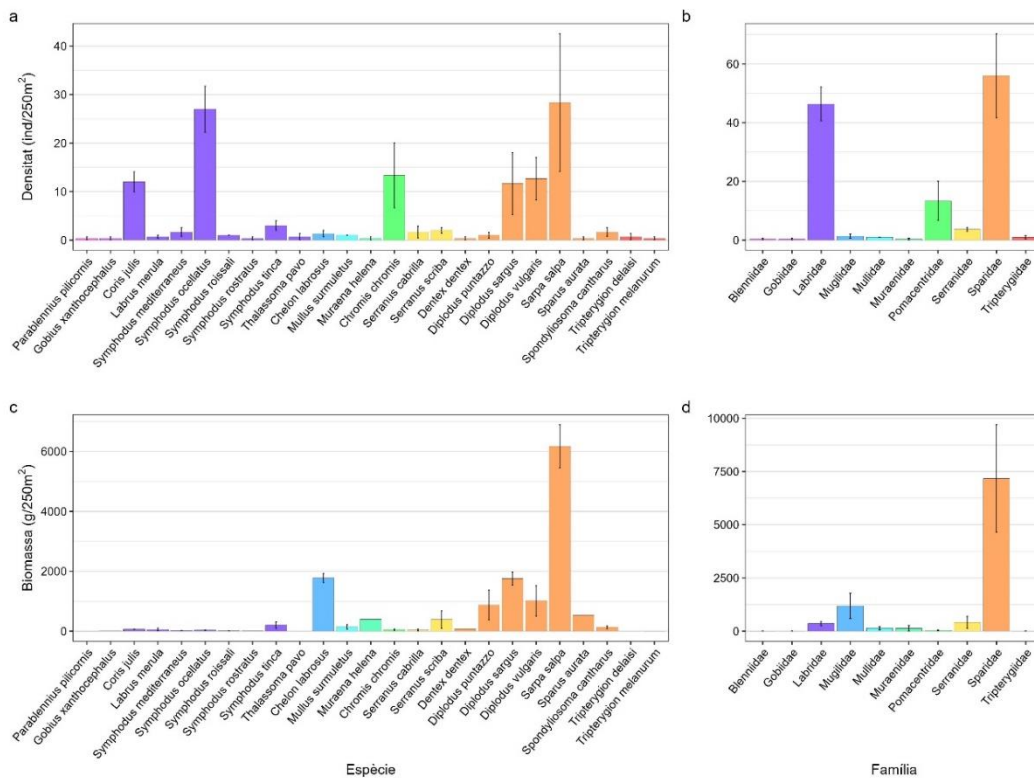


Figura 25. Densitat (mitjana i ± desviació estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i ± desviació estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació de Punta Salines. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

La distribució de talles de les espècies més freqüents, *Coris julis*, *Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris* i *Sarpa salpa* mostres distribucions unimodals, amb talles mitjanes de 7,6, 16,7, 15,8 i 22,2 cm, respectivament (Figura 26).

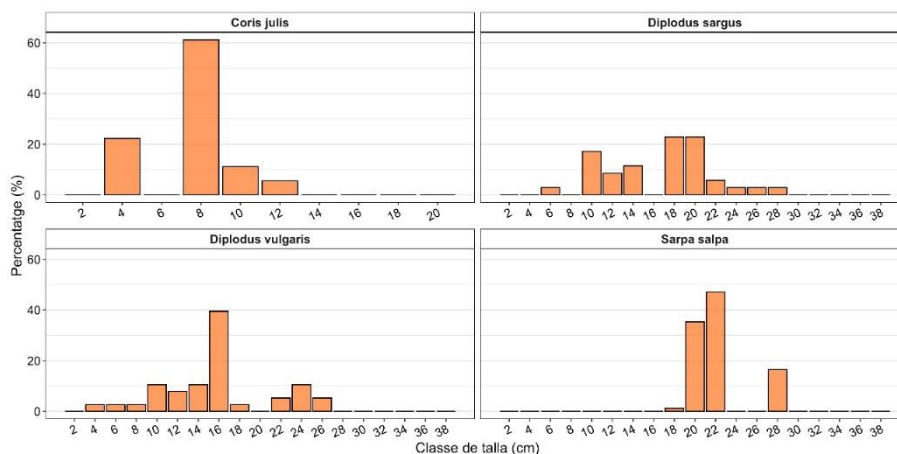


Figura 26. Estructura de talls de les espècies bentòniques més abundants a l'estació de Punta Salines.

Dui

A l'estació de Dui, les espècies més observades han estat *C. chromis* (de la família dels pomacèntrids) i *S. ocellatus* (de la família dels làbrids) amb 68 i 48 ind/250 m² respectivament, tot seguit de *S. salpa*, *C. julis*, *D. sargus* tots de la família dels espàrids, excepte *C. julis* que és dels làbrids (Figura 27 a i b).

Pel que fa a la biomassa, els valors més alts pertanyen al *S. salpa* amb 3.300 g/250m² seguit de *C. labrosus* amb 2.500 g/250m². En quant a les famílies, els valors més alts de biomassa corresponen a la família dels espàrids, seguit dels làbrids. (Figura 27 c i d).

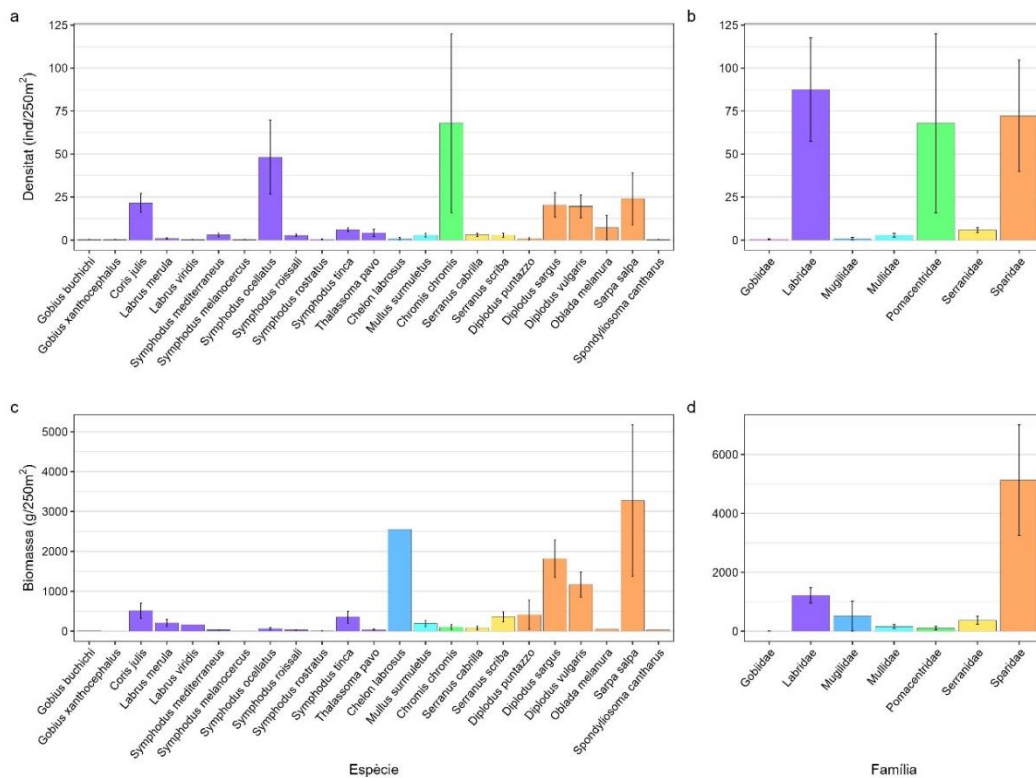


Figura 27. Densitat (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (a) i de les famílies (b), i biomassa (mitjana i \pm desviació estàndard) de les espècies (c) i de les famílies (d) observades a l'estació de Dui. Els colors corresponen a les diferents famílies a les que pertanyen les diferents espècies.

La distribució de talles de les espècies més freqüents, *Coris julis*, *Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris* i *Sarpa salpa* mostren distribucions unimodals, amb talles mitjanes de 11,8, 15,2, 13,6 i 16,7 cm, respectivament (Figura 28).

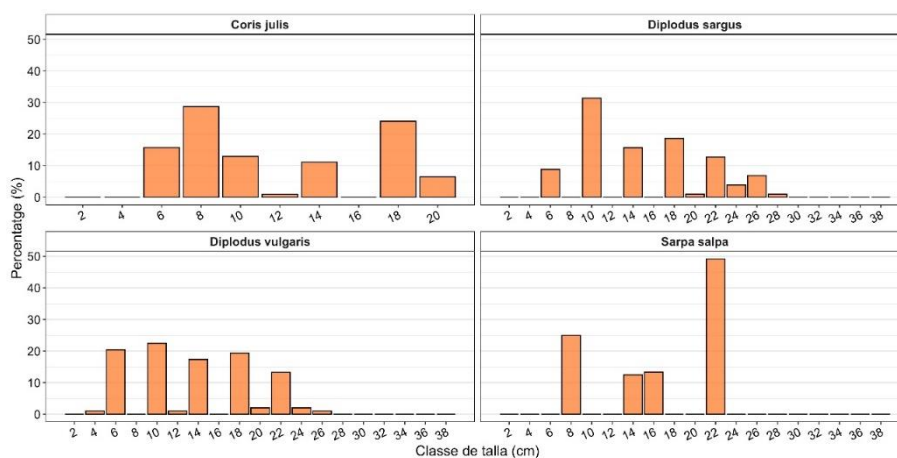


Figura 28. Estructura de talls de les espècies bentòniques més abundants a l'estació del Dui.

Anàlisi del nivell de protecció

L'anàlisi de coordenades principals (PCoA) s'ha realitzat amb les dades de biomassa de totes les espècies comptabilitzades al llarg dels mostrejos en cada una de les estacions de les diferents zones de protecció, i les ordena al voltant dels dos eixos principals que integren el 28,3 i el 24,1 de la variància, respectivament (Figura 29). Aquest anàlisi mostra una distribució diferenciada de les diferents estacions en funció del grau de protecció. A l'esquerra del primer eix es distribueixen les estacions de dins la RNP, que mostren una major diversitat i una major biomassa, principalment *Epinephelus marginatus*, *Sarpa salpa*, *Chelon labrosus*, *Diplodus cervinus*, *Labrus merula*, *Dentex dentex*, *Diplodus puntazzo*, *Sparus aurata* o *Serranus scriba*, entre d'altres (anàlisi SIMPER).

L'anàlisi PERMANOVA mostra diferències significatives entre els diferents graus de protecció (Pseudo-F=3,103, p=0,03), i també s'observen diferències entre llocs (Pseudo-F=3,10, p=0,004), on l'estació de Dui (PN) presenta diferències significatives amb l'estació de Meda Petita (RNP).

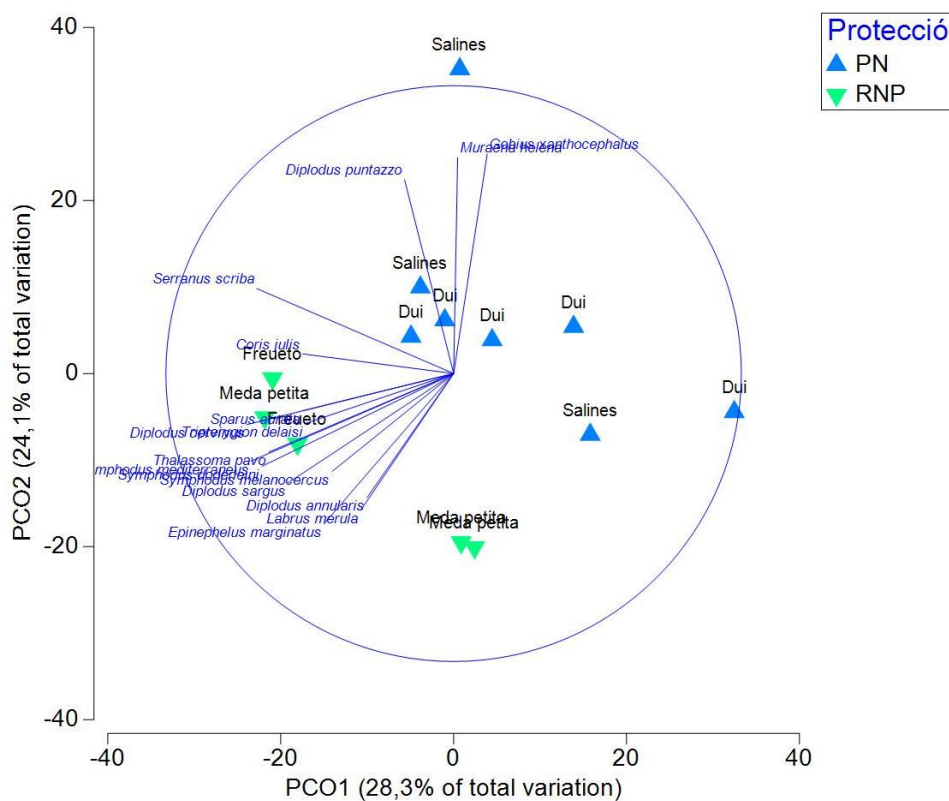


Figura 29. Anàlisi de coordenades principals (PCoA) dels diferents trams dels transectes realitzats al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, tenint en compte la biomassa de totes les espècies censades com a variables. Els dos primer eixos acumulen el 52,4% de la variància observada a les dades. Les espècies representades estan identificades per una correlació amb els eixos de $|r| > 0,4$. Els colors dels símbols representen els diferents graus de protecció: Reserva Natural Parcial (RNP, verd) i Parc Natural (PN, blau).

Per poder determinar quina importància tenen les variables ambientals (com la rugositat o el tipus de fons) en la composició de les comunitats s'ha realitzat un anàlisi de redundància (RDA). El primer eix, que explica el 22,4% de la variància, separa els diferents graus de protecció. A la dreta del primer eix hi ha les estacions de PN, associades a fons amb menys rugositat, amb roca base i blocs petits i una major fondària. A l'altra banda de l'eix hi ha les estacions de la zona de RNP, amb una major rugositat, amb fons de grans blocs, també amb presència de *Posidonia oceànica*, i una menor fondària i pendent, i es correlaciona amb una major biomassa (Figura 30).

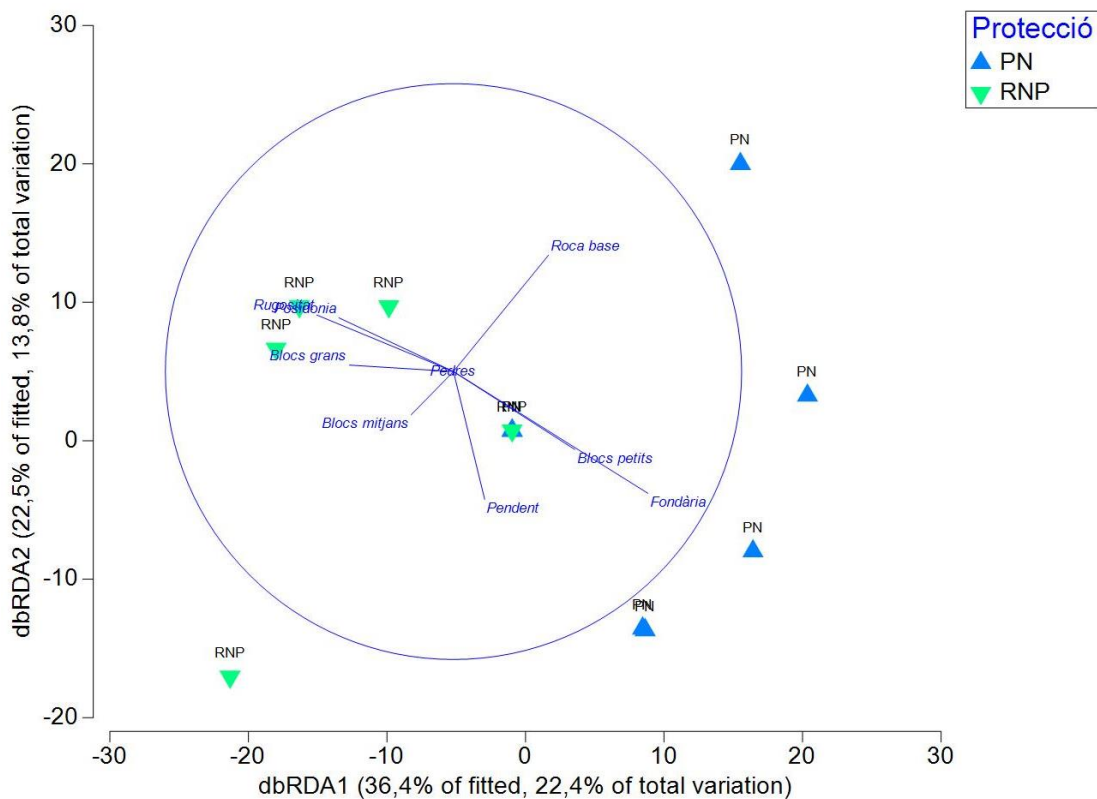


Figura 30. Anàlisi canònic de redundància (RDA) dels diferents trams dels transectes realitzats al Parc Natural de Cap de Creus, tenint en compte la biomassa de totes les espècies censades i considerant com a covariables les variables ambientals mesurades (fondària, pendent, rugositat i les diverses tipologies de fons). Els dos primers eixos acumulen un 36,1% de la variància observada a les dades. Els colors dels símbols representen els diferents graus de protecció: Reserva Natural Parcial (RNP, groc) i Parc Natural (PN, blau).

Anàlisi global

Tenint en compte que els dos Parcs Naturals de Catalunya estan dins una mateixa regió biogeogràfica, hem considerat fer un anàlisi global comparant les comunitats dels dos parcs.

L'anàlisi de coordenades principals (PCoA) s'ha realitzat amb les dades de biomassa de totes les espècies comptabilitzades al llarg dels mostrejos en cada una de les estacions dels diferents Parcs Naturals, i les ordena al voltant dels dos eixos principals que integren el 29,1 i el 16,5 de la variància, respectivament (Figura 31), mostrant una distribució diferenciada de les diferents estacions dels dos parcs. A l'esquerra del primer eix es distribueixen les estacions del Parc Natural del Montgrí, en les que hi ha una major diversitat i una major representativitat de les diverses espècies de la família dels làbrids. Entre les estacions del Montgrí s'hi situa també l'estació de Messina, del cap de Creus, que també mostra una major diversitat d'aquestes espècies. Per altra banda, s'agrupen les estacions del Parc Natural del cap de Creus, més definides per l'abundància de *Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris*, *Coris julis*, *Chromis chromis* o *Sarpa salpa* (anàlisi SIMPER).

L'anàlisi PERMANOVA mostra diferències significatives entre els diferents graus de protecció (Pseudo-F=6,64, p=0,001).

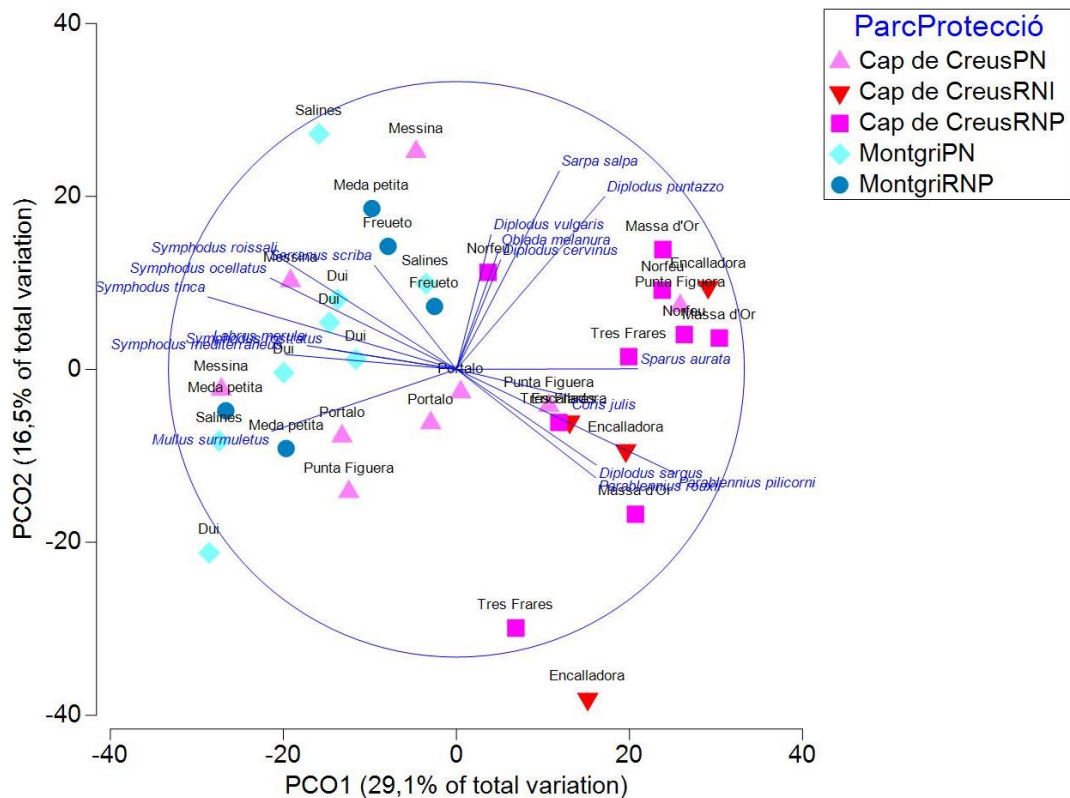


Figura 31. Anàlisi de coordenades principals (PCoA) dels diferents trams dels transectes realitzats al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, tenint en compte la biomassa de totes les espècies censades com a variables. Els dos primer eixos acumulen el 35,6 % de la variància observada a les dades. Les espècies representades estan identificades per una correlació amb els eixos de $|r| > 0,4$. Els colors blaus representen les estacions del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix ter, i els colors vermells les estacions del Parc Natural de cap de Creus, i els signes representen els diferents graus de protecció. El nom de l'estació s'indica a sobre cada un dels signes.

Discussió

La comunitat de peixos és un component fonamental dels ecosistemes litorals, amb un important paper a nivell ecològic, però també amb una gran importància a nivell social i econòmic per ser objecte de pesca per part de la flota professional i recreativa, i també a nivell turístic i social al ser un important al·licient per a la visita del litoral. Els Parcs Naturals de Catalunya inclouen una costa molt diversa, amb una gran diversitat d'hàbitats, que generen alhora un gran diversitat de comunitats i espècies, incloent la comunitat de peixos. L'objectiu dels Parcs Naturals de Catalunya és preservar aquest patrimoni natural, i la seva gestió ha de permetre la conservació i el bon estat d'aquestes comunitats, en front de possibles perturbacions com la sobrepesca, la introducció d'espècies al·lòctones o els efectes del canvi climàtic. És, per tant, necessari tenir un control de l'estat de les poblacions de peixos, i dels resultats de les mesures de gestió sobre aquestes comunitats. Per a determinar l'efecte de la gestió sobre les poblacions de peixos vulnerables a la pesca, el programa de seguiment de la biodiversitat als Parcs Naturals de Catalunya duu a terme la monitorització de les poblacions de peixos vulnerables a la pesca. No obstant, degut a les restriccions metodològiques, aquest seguiment està centrat en unes poques espècies de gran mida i mobilitat, que requereix una metodologia específica, amb grans recorreguts a fondàries elevades, de forma que no permet el comptatge de la majoria d'espècies bentòniques petites que formen la resta de la comunitat. Per al seguiment d'aquestes espècies s'ha incorporat doncs aquests censos basats en recorreguts més petits, de 50 metres d'allargada, on s'identifiquen i es comptabilitzen totes les espècies que formen la comunitat, i que ocupen tots els grups tròfics.

Degut a que la distribució de les diferents espècies varia considerablement a petita escala en funció de factors ambientals, com la fondària o el tipus de substrat, aquests censos s'han basat en fons rocosos somers (de 5 metres de fondària mitjana), per a evitar al màxim aquesta variabilitat i poder obtenir resultats comparables entre les diferents estacions, i amb altres treballs realitzats en les mateixes condicions.

En general, els resultats obtinguts mostren una elevada diversitat, i una composició específica comprable amb altres treballs realitzats a la Mediterrània occidental (e.g. Bell, 1983; Harmelin, 1987; Garcia-Rubies i Zabala, 1990; Dufour 1995; Reñones *et al.* 1997; Garcia-Charton i Perez-Ruzafa, 2001; Garcia-Charton *et al.* 2001; Ordines *et al.* 2005; Micheli *et al.* 2005; Harmelin-Vivien *et al.* 2008; Sala *et al.* 2012; Guidetti *et al.* 2014; Astruch *et al.* 2018). 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 tenir una idea complerta de la comunitat de peixos, cal consultar l'informe de seguiment de peixos vulnerables a la pesca, en aquest mateix volum, que considerem complementari.

Tot i que ambdós Parcs Naturals mostren un patró molt similar, al PN del Montgrí s'han observat algunes espècies més, i l'anàlisi comparatiu entre els dos Parcs Naturals ha mostrat certes diferències en la composició de les comunitats. Tot i que es trobin a la mateixa zona biogeogràfica,

les condicions ambientals dels dos parcs poden diferir, i determinar aquestes diferències entre les dues zones. Una altra causa de la variabilitat entre ambdós Parcs Naturals podria ser deguda a la diferent estructura i complexitat del substrat, fet que causa diferències inclòs entre estacions dins del mateix Parc Natural. No obstant, degut a la seva proximitat, i a les evidències d'una connectivitat entre les dues àrees protegides (Hereu *et al.* 2022), es podria considerar que formen part de la mateixa unitat i, com a tals, la seva gestió s'hauria de fer de forma similar o inclús de forma unificada considerant aquests dos parcs, juntament amb la Reserva Marina de Banyuls (França) com una xarxa de Reserves Marines.

Per altra banda, no s'ha observat la presència d'espècies de peixos al·lòctones, ni en aquest seguiment ni en les campanyes realitzades en els altres descriptors del seguiment.

En general s'ha pogut observar un efecte significatiu de la protecció en ambdós Parcs Naturals, ja que les estacions de les zones de Parc Natural es diferenciaven de les zones de Reserva Natural Parcial, o Reserva Natural Integral. No obstant, hi ha una diferent gestió entre els dos Parcs Naturals (a la RNP a Cap de Creus és permesa la pesca professional i recreativa amb canya Mentre que al Montgrí no és permesa).

Al **Parc Natural de Cap de Creus**, la zona de Reserva Natural Integral ha mostrat tenir un menor nombre d'espècies, malgrat tenir la màxima protecció. Aquest baix nombre d'espècies pot ser degut al fet de tenir un hàbitat menys favorable, ja que en aquesta estació domina el substrat de roca base, que no permet una gran heterogeneïtat d'ambients, i limita la presència de certes espècies més associades a fons de blocs amb esclatxes i anfractuositats. No obstant, sí que mostra una major biomassa de les espècies més comunes que, juntament amb la zona de Reserva Natural Parcial, fa que es diferenciïn de la zona de Parc Natural.

La zona de Reserva Natural Parcial és la que mostra una major abundància i biomassa de peixos. Destaca l'estació de Massa d'Or que, pel seu hàbitat amb zones limítrofes molt profundes, compta amb la presència d'espècies, com *Anthias anthias*, o *Epinephelus marginatus*, que no apareixen en les altres zones. No obstant, no s'han observat diferències entre les diferents zones de RNP.

La zona de PN es la que mostra una menor biomassa, i mostra diferències significatives respecte a les zones de RNP i RI, especialment pel que fa a la biomassa de les espècies més comunes. Aquestes diferències fan pensar que pot haver un efecte significatiu de la pesca, especialment de la pesca recreativa, tot i que també és permesa a la zona de RNP. No obstant, el tipus d'hàbitat i la localització de les RNP, en zones més exposades amb major pendent menys freqüentat per la pesca recreativa de petites espècies bentòniques, podria explicar aquesta diferència.

L'efecte de la pesca recreativa en petites espècies bentòniques com làbrids, espàrids o serrànids, inclòs en talles molt petites, ha estat detectat en altres zones de la Mediterrània (e.g. Cardona *et al.* 2007; Di Franco *et al.* 2009; Cerdà *et al.* 2010; Font *et al.* 2012), inclòs al Parc Natural de Cap de Creus (Font i Lloret, 2014).

Tot i tenir una menor biomassa, la zona de PN mostra, en general, un major nombre d'espècies de comunitat, especialment l'estació de Messina, on s'hi varen observar diverses espècies de làbrids absents en les altres estacions. Aquesta major diversitat, especialment de làbrids, és deguda probablement al tipus d'hàbitat que es troba en aquesta estació, amb poca fondària i amb

una altra rugositat, i diferents tipus de comunitats, des de fons rocosos de grans blocs fins a taques de *Posidonia oceànica*. Aquesta diferència fa que aquesta estació sigui molt semblant a les estudiades al Montgrí i les Illes Medes, i mostri diferències significatives amb l'Estació de l'Encalladora.

Al **Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter** s'ha observat un major nombre d'espècies, tot i que en termes de biomassa els valors de la zona de RNP han estat similars als de Cap de Creus, mentre que la zona de PN del Montgrí és la que ha mostrat uns valors més baixos de tots els enregistrats. Aquesta diferència mostra una vegada més l'efecte de la pesca recreativa, ja que a la zona de PN pot practicar tot tipus de pesca, mentre que a la zona de RNP cap tipus de pesca és permesa.

Degut a que és el primer any que es fa el seguiment d'aquesta comunitat als Parcs Naturals de Catalunya, no podem determinar possibles canvis a nivell temporal. No obstant, al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter sí que tenim referències històriques amb dades quantitatives de la comunitat de peixos (Garcia-Rubies i Zabala, 1990), que permet fer una certa comparativa, on en general es pot comprovar que les poblacions de peixos són molt similars, amb el mateix nombre d'espècies i amb abundàncies comparables.

Pel que fa a les poblacions d'espècies vulnerables a l'augment de la temperatura, sí que es pot observar un augment de l'abundància de *Thalassoma pavo*, una espècie termòfila, que en la dècada de 1980 era rara a la costa del Montgrí, on només es va observar en una localitat amb densitats de 0,4 ind/250m² (Garcia-Rubies *et al.* 1980), i actualment s'ha observat a totes les localitats, amb abundàncies que varien entre 0,6 i 4,3 ind/250m². Una altra espècie també descrita com a termòfila, *Serranus scriba*, era present a la meitat de les localitats i mostrava densitats entre 0,2 i 0,6 ind/250m², mentre que en l'actualitat és present a totes les localitats amb abundàncies de entre 0,6 i 4,3 ind/250m². Aquesta és una evidència dels canvis a nivell de comunitat degut a l'augment de la temperatura de l'aigua que ha experimentat aquesta zona en les darreres dècades.

En termes generals aquest descriptor ens aporta nova informació sobre els efectes de la pesca recreativa sobre espècies bentòniques fins ara no monitoritzades, i que ens mostra que aquesta pesca sobre espècies petites també té un efecte en l'estructura de les comunitats de peixos. Cal destacar que aquest descriptor es pot considerar complementari al seguiment d'espècies vulnerables a la pesca que, per motius metodològics s'han de fer de forma independent.

Per altra banda, el seguiment d'aquest descriptor, i la comparació amb dades històriques, ens permetrà determinar els efectes d'altres perturbacions que, potencialment, o de forma ja evident, poden afectar a la comunitat de peixos i, en conseqüència a tots els ecosistemes litorals, com els efectes de l'escalfament de l'aigua, o l'arribada d'espècies invasores. Per tant, creiem que aquest és un descriptor que cal mantenir i que en el futur ens pot portar informació rellevant pel que fa a les poblacions de peixos, i que pot ser útil per a la gestió d'aquests espais.

Bibliografia

- Astruch, P., Boudouresque, C. F., Rouanet, É., Le Direach, L., Bonhomme, P., Bonhomme, D., Harmelin, J. G. (2018). A quantitative and functional assessment of fish assemblages of the Port-Cros Archipelago (Port-Cros National Park, north-western Mediterranean Sea). *Scientific Reports of the Port-Cros National Park*.
- Azzurro, E., Sbragaglia, V., Cerri, J., Bariche, M., Bolognini, L., Ben Souissi, J., ... & Moschella, P. (2019). Climate change, biological invasions, and the shifting distribution of Mediterranean fishes: A large-scale survey based on local ecological knowledge. *Global change biology*, 25(8), 2779-2792.
- Bell, J. D. (1983). Effects of depth and marine reserve fishing restrictions on the structure of a rocky reef fish assemblage in the north-western Mediterranean Sea. *Journal of applied ecology*, 357-369.
- Cardona, L., López, D., Sales, M., De Caralt, S., & Díez, I. (2007). Effects of recreational fishing on three fish species from the *Posidonia oceanica* meadows off Minorca (Balearic archipelago, western Mediterranean).
- Cerdà, M., Alós, J., Palmer, M., Grau, A. M., & Riera, F. (2010). Managing recreational fisheries through gear restrictions: the case of limiting hook size in the recreational fishery from the Balearic Islands (NW Mediterranean). *Fisheries Research*, 101(3), 146-155.
- Claudet J, Osenberg CW, Domenici P, Badalamenti, M, Falcon, JM, Bertocci, I, Benedetti Cecchi, L, Garcia-Charton JA, Goni, R, Borg JA, Forcada A, De Lucia GA, Perez-Ruzafa A, Afonso P, Brito A, Guala I, Le Direach L, Sanchez-Jerez P, Somerfield PJ, Planes S (2010) Marine reserves: fish life history and ecological traits matter. *Ecol Appl* 20: 830-839.
- Colloca F., Scarcella G., Libralato S., 2017. - Recent trends and impacts of fisheries exploitation on Mediterranean stocks and ecosystems. *Front. Mar. Sci.*, 4 (244): 1-13.
- Cramer, W., Guiot, J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, J. P., Iglesias, A., ... & Xoplaki, E. (2018). Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Climate Change*, 8(11), 972-980.
- Crec'hriou, R., Neveu, R., Lenfant, P. (2012). Length–weight relationship of main commercial fishes from the French Catalan coast. *Journal of Applied Ichthyology*, 28(5): 861–862.
- Di Franco, A., Bussotti, S., Navone, A., Panzalis, P., & Guidetti, P. (2009). Evaluating effects of total and partial restrictions to fishing on Mediterranean rocky-reef fish assemblages. *Marine Ecology Progress Series*, 387, 275-285.
- Dufour, V., Jovenel, J. Y., & Galzin, R. (1995). Study of a Mediterranean reef fish assemblage. Comparisons of population distributions between depths in protected and unprotected areas over one decade. *Aquatic Living Resources*, 8(1), 17-25.
- Font, T., Lloret, J., & Piante, C. (2012). Recreational fishing within marine protected areas in the Mediterranean. *MedPAN North Project*. WWF, France..

- Font, T., & Lloret, J. (2014). Biological and ecological impacts derived from recreational fishing in Mediterranean coastal areas. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 22(1), 73-85.
- Font, T., & Lloret, J. (2011). Socioeconomic implications of recreational shore angling for the management of coastal resources in a Mediterranean marine protected area. *Fisheries Research*, 108(1), 214-217.
- Francour, P. (1997). Fish assemblages of *Posidonia oceanica* beds at Port-Cros (France, NW Mediterranean): assessment of composition and long-term fluctuations by visual census. *Marine Ecology*, 18(2), 157-173.
- Froese, R. and D. Pauly. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
- Galil, Bella S., Agnese Marchini, and Anna Occhipinti-Ambrogi. "East is east and West is west? Management of marine bioinvasions in the Mediterranean Sea." *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 201 (2018): 7-16.
- García-Charton, J. A. i A. Pérez-Ruzafa, 1999. Ecological heterogeneity and the evaluation of the effects of marine reserves. *Fish. Res.*, 42: 1-20.
- Garcia-Charton JA, Perez-Ruzafa A (2001) Spatial pattern and the habitat structure of a Mediterranean rocky reef fish local assemblage. *Marine Biology* 138: 917-934.
- Garcia-Charton JA, Perez-Ruzafa A, Sanchez-Jerez P, Bayle-Sempere JT, Renones O, Moreno D (2004) Multiscale spatial heterogeneity, habitat structure, and the effect of marine reserves on Western Mediterranean rocky reef fish assemblages. *Mar Biol* 144: 161-182.
- Garrabou, J., Gómez-Gras, D., Medrano, A., Cerrano, C., Ponti, M., Schlegel, R., ... & Harmelin, J. G. (2022). Marine heatwaves drive recurrent mass mortalities in the Mediterranean Sea. *Global Change Biology*, 28(19), 5708-5725.
- Giakoumi S, Scianna C, Plass-Johnson J, Micheli F and others (2017) Ecological effects of full and partial protection in the crowded Mediterranean Sea: A regional meta-analysis. *Sci Rep* 7: 1-12.
- Giakoumi, S., Pey, A., Di Franco, A., Francour, P., Kizilkaya, Z., Arda, Y., ... & Guidetti, P. (2019). Exploring the relationships between marine protected areas and invasive fish in the world's most invaded sea. *Ecological Applications*, 29(1), e01809.
- Gómez, S., Carreño, A., & Lloret, J. (2021). Cultural heritage and environmental ethical values in governance models: Conflicts between recreational fisheries and other maritime activities in Mediterranean marine protected areas. *Marine Policy*, 129, 104529.
- Grane-Feliu, X., Bennett, S., Hereu, B., Aspillaga, E., & Santana-Garcon, J. (2019). Comparison of diver operated stereo-video and visual census to assess targeted fish species in Mediterranean marine protected areas. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 520, 151205.
- Guidetti, P. (2000). Differences among fish assemblages associated with nearshore *Posidonia oceanica* seagrass beds, rocky-algal reefs and unvegetated sand habitats in the Adriatic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 50(4), 515-529.
- Guidetti P., Dulčić J., 2007. - Relationships among predatory fish, sea urchins and barrens in Mediterranean rocky reefs across a latitudinal gradient. *Mar. Environ. Res.*, 63 (2): 168-184.

- Guidetti P, Baiata P, Ballesteros E, Di Franco A, Hereu B, Macpherson E, Micheli F, Pais A, Panzalis P, Rosenberg AA, Zabala M, Sala E (2014) Large-scale assessment of Mediterranean marine protected areas effects on fish assemblages. *PLoS One* 9(4): e91841.
- Guidetti P, Sala E (2007) Community-wide effects of marine reserves in the Mediterranean Sea. *Mar Ecol Prog Ser* 335: 43-56.
- Harmelin-Vivien M, Le Direach L, Bayle-Sempere J, Charbonnel E, Garcia-Charton J A, Ody D, Valle C (2008) Gradients of abundance and biomass across reserve boundaries in six Mediterranean marine protected areas: Evidence of fish spillover?. *Biological conservation*, 141(7): 1829-1839.
- Harmelin, J.G. – 1987. Structure et variabilité de l'ichtyofaune d'une zone rocheuse protégée en Méditerranée (Parc national de Port-Cros, France). P.Z.N.I. *Marine Ecology*, 8: 263-284.
- Harmelin-Vivien, M. L., j. G. Harmelin, C. Duval, R. Galzin, P. Lejeune, G. Barnabé, F. Blanc, R. Chevalier, J. Cucler & G. Laserre, 1985. Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons: methodes et problemes. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 40: 467-539.
- Hereu, B., Rovira, G., Aspillaga, Casals, D., Ortega, J. (2020). Seguiment de les poblacions de peixos vulnerables a l'activitat pesquera. 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 2020. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. pp. 13–92.
- Hereu, B., Rovira, G., Ortega, J., Casals, D. (2020). Seguiment de les comunitats algals i les poblacions de garotes 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 2019. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. pp 67-94.
- Luckhurst, B. & K. Luckhurst, 1978. Analysis of the influence of the substrate variables on coral reef fish communities. *Mar. Biol.*, 49: 317- 323.
- Micheli F, Benedetti-Cecchi L, Gambaccini S, Bertocci I, Borsini C, Osio GC, Romano F (2005) Cascading human impacts, marine protected areas, and the structure of Mediterranean reef assemblages. *Ecological Monographs* 75: 81-102.
- 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.
- Morey, G., Moranta, J., Massuti, E., Grau, A., Linde, M., Riera, F., Morales-Nin, B. (2003). Weight-length relationships of littoral to lower slope fishes from the western Mediterranean. *Fisheries Research*, 62(1): 89–96.
- Ordines, F., Moranta, J., Palmer, M., Lerycke, A., Suau, A., Morales-Nin, B., & Grau, A. M. (2005). Variations in a shallow rocky reef fish community at different spatial scales in the western Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 304, 221-233.

- Pinnegar, J. K., Polunin, N. V. C., Francour, P., Badalamenti, F., Chemello, R., Harmelin-Vivien, M. L., ... & Pipitone, C. (2000). Trophic cascades in benthic marine ecosystems: lessons for fisheries and protected-area management. *Environmental Conservation*, 27(2), 179-200.
- Reñones, O., Moranta, J., Coll, J., & Morales-Nin, B. (1997). Rocky bottom fish communities of Cabrera Archipelago national park (Mallorca, western Mediterranean).
- Sala E., Ballesteros E., Dendrinós P., Di Franco A., Ferretti F., Foley D., Frascchetti S., Friedlander A., Garrabou J., Güçlüsoy H., Guidetti P., Halpern B.J., Hereu B., Karamanlidis A.A., Kizilkaya Z., Macpherson E., Mangialajo L., Mariani S., Micheli F., Pais A., Riser K., Rosenberg A.A., Sales M., Selkoe K.A., Starr R., Tomas F., Zabala M., 2012. The structure of Mediterranean reef ecosystems across environmental and human gradients, and conservation implications. *Plos One*, 7 (2): 1-13 (e32742).
- Sciberras M, Jenkins SR, Mant R, Kaiser MJ, Hawkins SJ, Pullin AS (2013) Evaluating the relative conservation value of fully and partially protected marine areas. *Fish Fish* 16: 58-77.
- Thibaut T, Blanfuné A, Boudouresque C.F., Personnic S., Ruitton R., Ballesteros E., Bellan-Santini D., Bianchi C.N., Bussotti S., Cebrian E., Cheminée A., Culioli J.M., Derrien-Courtet S., Guidetti P., Harmelin-Vivien M., Hereu B., Morri C., Poggiale J.C., Verlaque M., 2017. An ecosystem-based approach to assess the status of Mediterranean algae-dominated shallow rocky reefs. *Mar. Pollut. Bull.*, 117: 311-329.
- Vergés, A., Steinberg, P. D., Hay, M. E., Poore, A. G., Campbell, A. H., Ballesteros, E., ... & Wilson, S. K. (2014). The tropicalization of temperate marine ecosystems: climate-mediated changes in herbivory and community phase shifts. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1789), 20140846.

Seguiment de les poblacions de grans decàpodes

Julia Ortega, David Díaz, Anabel Muñoz, Graciela Rovira, David Casals, Mikel Zabala, Cristina Linares, Bernat Hereu

- A les estacions mostrejades enguany s'ha censat pràcticament el mateix nombre de grans decàpodes al Cap de Creus que al 2020.
- Al PN Del Cap de Creus destaca l'absència de grans decàpodes de classes de talla gran.

- La costa del Montgrí segueix essent la zona on s'ha observat l'assentament i reclutament més elevat.
- Tot i que enguany s'han registrat abundàncies més elevades que al 2020, tots els individus censats són llagostes petites.
- No s'observa recuperació demogràfica de la llagosta vermella (*P. elephas*) dins l'àrea protegida de les Illes Medes.

Aquest capítol ha de ser citat com:

Ortega, J., Díaz, D., Muñoz, A., Rovira, G., Casals, D., Zabala, M., Linares, C. i Hereu, B. (2023). Seguiment de les poblacions de grans decàpodes. *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 d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural, pp. 133–152.

Introducció

Els crustacis decàpodes presenten una gran varietat de formes, fruit de seva adaptació evolutiva als diferents hàbitats. En aquest grup trobem moltes de les espècies marines més conegudes, des dels crancs, escamarlans i llagostins, fins a les llagostes, les cigales o els crancs ermitans. Els censos del seguiment de grans decàpodes del Parc Natural de Cap de Creus i del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, es centren en quatre espècies ben conegudes. Dues d'aquestes espècies, la llagosta vermella (*Palinurus elephas*) i l'esclop (*Scyllarides latus*), pertanyen a la família Palinuridae, la cranca o cabra de mar (*Maja squinado*) pertany a la família Majidae i per últim, el llobregant o llamàntol (*Homarus gammarus*), a la família dels Nephropidae. D'aquestes quatre espècies, la llagosta representa el descriptor principal d'aquest estudi, ja que es tracta de l'espècie actualment més important tant com a recurs pesquer com per l'interès que desperta per part dels escafandristes. A més, la llagosta s'utilitza sovint com a espècie emblemàtica del bon estat de conservació dels hàbitats on viu, és sinònim de qualitat i la seva presència a les nostres costes és un valor afegit per qualsevol zona turística. Malauradament, hi ha espècies de grans decàpodes que a les costes catalanes ja no es poden considerar d'interès pesquer degut a la manca de captures regulars. Hom coneix que espècies de grans decàpodes com el llamàntol, l'esclop o la cabra de mar, representaven fa unes dècades captures freqüents o es podien observar bussejant. La sobrepesca a la qual han estat sotmeses n'ha determinat la seva quasi completa desaparició, i, com en el cas de la cranca, es poden considerar espècies pràcticament extintes. Per aquesta raó, actualment s'estan duent a terme diversos projectes d'investigació i reintroducció focalitzats en aquestes espècies de grans decàpodes. És per això que bàsicament centrarem l'estudi del descriptor grans decàpodes al seguiment i evolució de la llagosta vermella.

La llagosta vermella (*P. elephas*) (Crustacea: Decapoda: Palinuridae) és una espècie de gran interès econòmic, tradicionalment vinculada a les activitats pesqueres artesanals de les costes de la Mediterrània occidental (Díaz, 2012). A l'interès pesquer s'hi afegeix un innegable valor turístic, lligat al caràcter d'espècie bandera o emblemàtica que indubtablement té en la gastronomia i el busseig d'esbarjo. La popularització de les activitats subaquàtiques ha convertit moltes zones, atractives i ben conservades de la costa Mediterrània, en punts calents on els turistes esperen contemplar, sobretot, espècies emblemàtiques com el corall, les gorgònies, els grans peixos i la mateixa llagosta. D'aquesta manera, l'espècie esdevé d'interès per a l'economia dels pobles mariners tant si la seva activitat principal és la pesca, cosa ja rara al nostre país, com si, seguint la tendència actual, és el turisme. Paradoxalment, la importància creixent ve acompanyada d'una evident rarificació a les costes catalanes d'espècies com el corall, la llagosta i els grans peixos. Això obliga a l'administració a gestionar amb molta cura les seves poblacions per intentar canviar aquesta tendència.

Un punt clau en la gestió de les espècies de grans decàpodes rau en conèixer els factors que causen la seva rarificació. De fet, la pesca artesanal és el factor més important de la davallada de la població, en part degut a la seva gran eficiència en la captura d'aquestes espècies. Això es veu afavorit, de ben segur, per la manca de control i compliment de la normativa pesquera, que tot i ser restrictiva, no es compleix fil per randa. Per altra banda, factors com la depredació o la destrucció dels hàbitats són elements clau que determinen la presència de la llagosta en un espai

natural. En tots aquest factors, en certa manera l'administració hi pot intervenir per tal d'afavorir la recuperació de les poblacions. Contràriament, el reclutament, és un factor essencial en la dinàmica poblacional d'aquestes espècies sobre el qual no podem intervenir, i que és determinant per l'evolució de la població. Entenem com a reclutament el nombre d'individus nous que provenen de l'assentament larvari i que s'incorporen a la població en una fase que són explotables (Muñoz *et al.* 2021).

Seguir el reclutament a la població explotable, passa per realitzar pesques experimentals, a la fi de minimitzar l'esforç i emprar tècniques menys invasives per el medi natural, i a la vegada establir amb més cura la dinàmica poblacional. Però per tal d'emprar un mètode menys invasiu es va decidir avaluar els individus recent assentats, els anomenats post-puérulus (Diaz *et al.* 2004). Aquesta fase pràcticament només pot ser avaluada per escafandristes amb un elevat grau d'experiència, ja que la seva detecció es veu dificultada per tenir una mida reduïda i una gran capacitat per mimetitzar-se amb l'entorn, fet que els hi fa passar desapercebuts davant els bussejadors menys experimentats durant el primer any de vida al fons. Tanmateix, per poder pescar llagostes amb els actuals ormeigs (tresmall llagoster), han de passar un mínim de 3 anys, quan els anomenats reclutes passen a formar part de la fracció capturable, que no legalment comercialitzable. A més, el seguiment d'individus recent assentats, ofereix un índex independent de la pesqueria que resulta essencial per obtenir un valor de la dinàmica anual de l'espècie (Muñoz *et al.* 2021). Per aquest motiu, és molt important poder establir un índex d'assentament anual de l'espècie a les nostres costes, ja que això permetrà obtenir una capacitat de gestió de les poblacions a llarg termini i poder determinar les àrees amb millor capacitat de recuperació de les poblacions.

Pel que fa al seguiment de grans decàpodes, l'objectiu d'aquest treball ha estat avaluar la població de llagosta (*P. elephas*) al Parc Natural de Cap de Creus i al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, detectar zones d'assentament i la abundància d'individus adults, així com avaluar l'eventual presència d'altres grans decàpodes com el llamàntol (*H. gammarus*), l'esclop (*S. latus*) i cranca (*M. squinado*).

Material i mètodes

Estacions de mostreig

Entre Juliol i Setembre del 2022, es van dur a terme censos de grans decàpodes al Parc Natural de Cap de Creus (Figura 1) i al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter (Figura 2). S'han mostrerjat un total de 6 estacions al Parc Natural de Cap de Creus i 6 estacions al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter; 4 d'aquestes a les Illes Medes i 2 a la costa del Montgrí (Taula 1). El mostreig es va dur a terme mitjançant censos visuals amb escafandre autònom. A cada mostreig van participar dos submarinistes amb una àmplia experiència en la realització d'aquests censos visuals. Com les abundàncies de gran decàpodes són molt baixes i aquestes espècies tenen un hàbitat molt definit, els transsectes de mostreig no van ser realitzats a l'atzar, sinó dins de l'hàbitat que prèviament es coneix com a idoni per la presència de l'espècie.

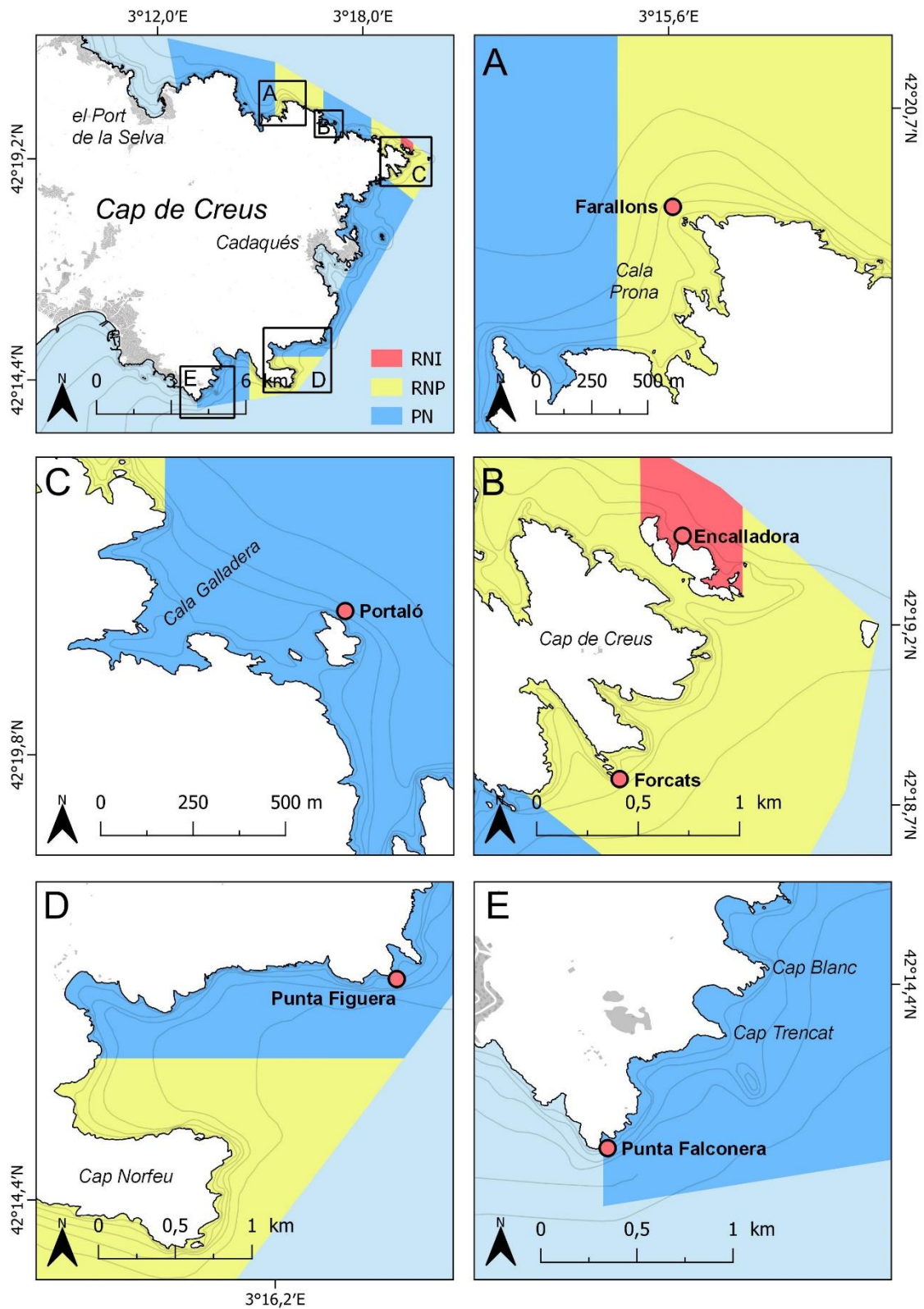


Figura 1. Estacions de mostreig de grans decàpodes al Parc Natural de Cap de Creus de l'any 2022. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

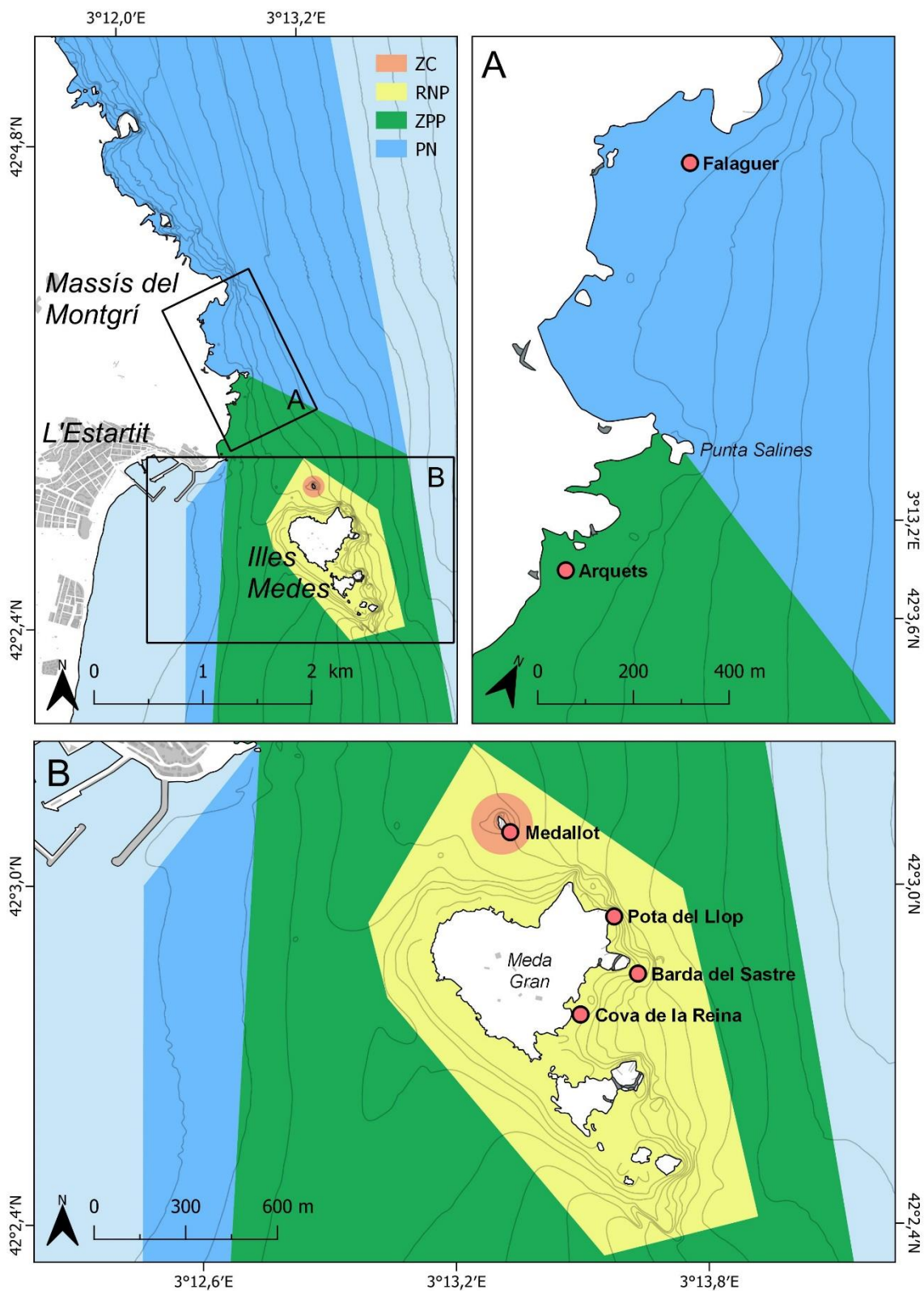


Figura 2. Estacions de mostreig de grans decàpodes al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter de l'any 2022. Grau de protecció: Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN).

Metodologia d'estudi

Les poblacions dels grans decàpodes han estat estimades mitjançant censos visuals amb escafandre autònom per un equip de dos persones, que prospecten un transecte adreçat a trobar el màxim nombre de decàpodes. Tots els mostrejos s'han realitzat amb llanterna ja que durant les hores diürnes, les espècies objectiu es troben encauades en refugis i en condicions de baixa lluminositat. Per cada transecte, es va comptar el nombre d'individus de cada espècie i s'ha anotat la longitud del cefalotòrax (LC) segon la següent subdivisió: menor de 25 mm LC (post-puérulus), T1: entre 25 i 60 mm LC, T2: entre 60 i 80 mm LC, T3: entre 80 i 120 mm LC i T4: majors de 120 mm LC, el sexe (quan és possible), la fondària i el tipus de fons. També s'han enregistrat altres observacions destacables com presència d'arts de pesca, zones de post-puérulus, o presència d'espècies invasores (Figura 3).



Figura 3. Fotografies del mostreig de llagostes al Cap de Creus l'any 2022.

A cada cens, cada observador prospecta un corredor d'una amplada d'uns 2 m, que es pot reduir a un metre dins de coves, a profunditats elevades o en aigües brutes, i també durant els censos dels individus més petits. Cada cens dura aproximadament 5 minuts i, a cada immersió, l'observador realitza un màxim de 6 censos. Si sumem l'esforç dels dos observadors podem tenir un màxim de 12 censos, per una durada en total d'una hora efectiva d'observació per immersió. Desplaçant-se a una velocitat mitjana de 10 metres per minut, cada observador prospecta per cada transecte una superfície d'aproximadament 50-100 m².

Taula 1. Estacions de mostreig de grans decàpodes de l'any 2022. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Zona de Control (ZC); Reserva Natural Parcial (RNP); Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN).

Parc	Prot.	Estació	Data	Fondària màx. (m)
Cap de Creus	RNI	Encalladora	2022-07-21	38
	RNP	Farallons	2022-07-19	37
		Forcats	2022-07-20	34
	PN	Portaló	2022-07-19	36
		Punta Figuera	2022-07-20	35
		Punta Falconera	2022-07-18	30
Medes i Montgrí	ZC	Medallot	2022-09-19	30
	RNP	Pota del Llop	2022-09-19	40
		Barda del Sastre	2022-09-20	40
	ZPP	Cova de la Reina	2022-09-16	14
		Arquets	2022-09-18	22
	PN	Falaguer	2022-09-18	24

La llagosta i els altres grans decàpodes tenen una distribució extremadament contagiosa i fidel a roques o indrets determinats. Fora d'aquests indrets, la probabilitat de trobar-ne és molt reduïda. Sovint l'amplada de la zona propícia és tan limitada, que el segon observador no té opció de fer recomptes positius. Essent zero tots els seus censos, la inclusió dels seus resultats en el còmput total rebaixa sistemàticament les estimes de densitat. De la mateixa manera, és molt important tenir en compte que qualsevol cens realitzat fora de les zones o dels habitats on més sovint viuen els grans decàpodes pot dur a estimes de densitats que s'apropen a zero tot i la presència d'individus en un punt concret del transecte. Tot això fa que convertir els resultats dels censos a valors de densitat, així com es pot fer per molts organismes amb distribucions menys agregades, no tingui massa sentit en el cas dels grans decàpodes. Pel baix nombre d'individus censats i per les diferències a nivell dels recorreguts duts a terme a les diferents localitats (llargada, durada, profunditats, etc.), aquest any hem optat per proporcionar dades de densitats de grans decàpodes en individus per minut mostrejat.

Finalment, per calcular la biomassa en grams (pes fresc, W) en el cas de les llagostes, s'han utilitzat les següents fórmules de conversió, en funció de si es tractava d'individus mascles o femelles, on CL és la longitud del cefalotòrax en mm:

$$W = 0,0012 \cdot CL^{2,882} \text{ (mascles, rang 45-169 mm LC)}$$

$$W = 0,0016 \cdot CL^{2,834} \text{ (femelles, rang 41-142 mm LC)}$$

Parc Natural de Cap de Creus

Llagostes

Enguany s'han mostrejat llagostes a 6 estacions del Parc Natural del Cap de Creus, on, en total, s'han censat 26 llagostes (Figura 3). Aquest resultat segueix la tendència de l'any 2020, en el què es van censar 25 llagostes a aquestes mateixes estacions. S'han registrat abundàncies molt baixes a la majoria d'estacions, exceptuant Punta Falconera (PN) i Punta Figuera (PN). Punta Falconera és l'estació amb una abundància més elevada, amb 10 individus. A més a més, aquesta ha augmentat respecte l'any 2020, en què es van trobar 8 llagostes. En canvi, a Punta Figuera s'han identificat 8 llagostes, 5 menys que a l'anterior estudi (Figura 4).

A l'estació de l'Encalladora (RNI), seguint la tendència dels últims anys, no es va trobar cap individu de llagosta. A les estacions de Farallons i Forcats, incloses dins la Reserva Natural Parcial, el nombre de llagostes registrat ha estat molt baix, amb valors de 4 i 1, respectivament. En ambdues estacions, però, aquest valor ha augmentat lleugerament respecte al 2020 (Figura 4).

Degut al baix nombre d'individus i la variabilitat observada entre estacions, en cap dels anys mostrejats s'ha observat un efecte clar de la protecció sobre la abundància de llagostes. Enguany, però, les estacions catalogades amb la figura de protecció de Parc Natural compten amb un nombre més elevat d'individus (Figura 4).

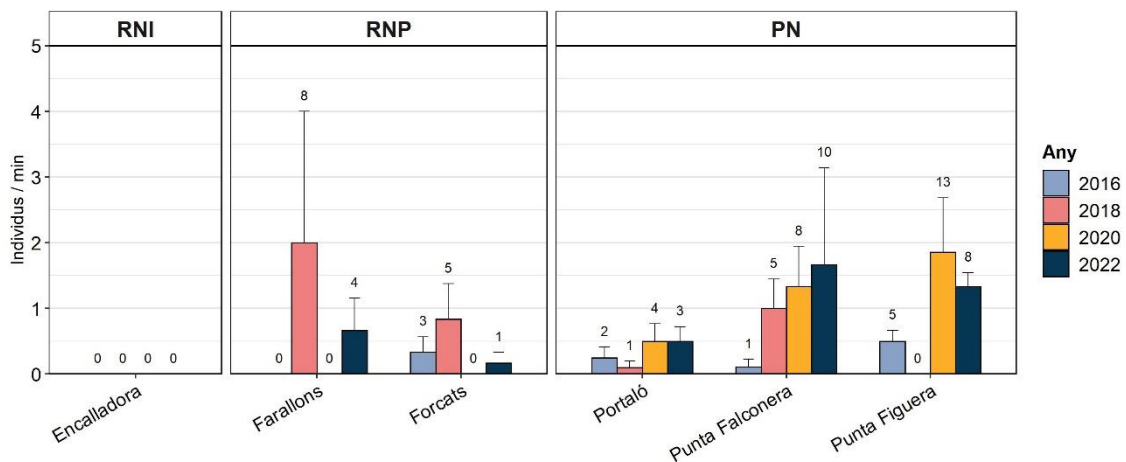


Figura 4. Mitjanes de les abundàncies (individus/minut) de llagostes a les estacions mostrejades al Parc Natural de Cap de Creus als anys 2016, 2018, 2020 i 2022. Els números damunt de les barres indiquen el nombre d'individus censats. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI); Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

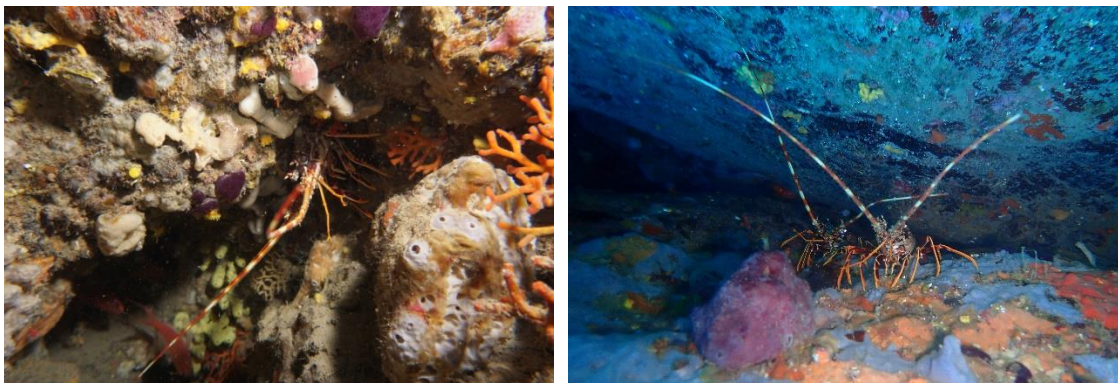


Figura 5. Fotografies d'exemplars de llagostes al Cap de Creus l'any 2022.

L'anàlisi de l'estructura de les classes de talla (Figura 6), mostra que únicament trobem individus recent assentats (reclutes) i petits de la classe de talla T1.

Es va poder observar una predominança de la classe de talla T1, amb un total de 20 llagostes. Aquest valor ha augmentat respecte al 2020, en el què es van comptabilitzar 11 individus d'aquesta classe de talla, que també va ser la predominant. La majoria d'elles (n=10) van ser censades a l'estació de Punta Falconera, 4 a Punta Figuera, 4 a Farallons, 1 a Portaló i 1 a Forcats (Figura 6).

Pel que fa als reclutes, 4 van ser censats a Punta Figuera i 2 a Portaló. A diferència del 2020, enguany no s'han trobat individus de les classes de talla T2, T3 i T4 (Figura 6).

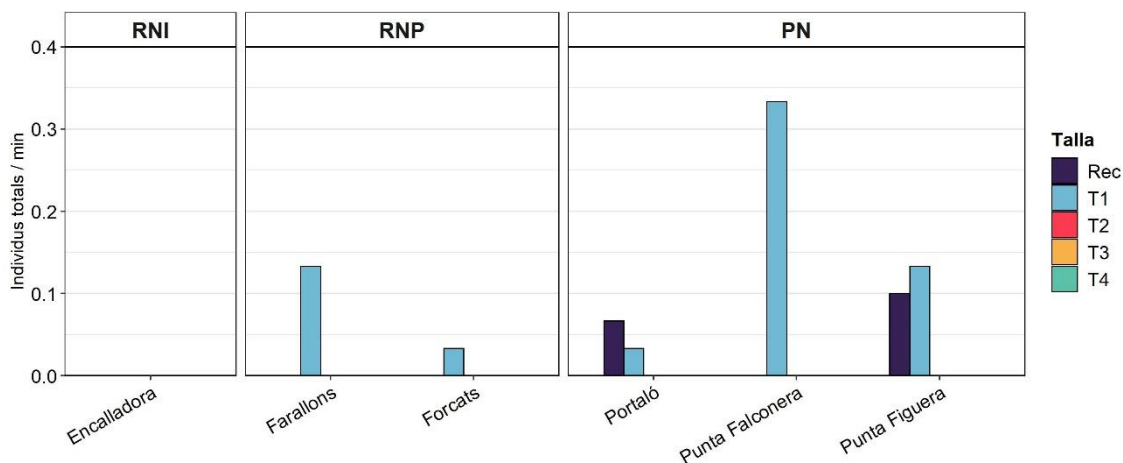


Figura 6. Distribució en funció de la classe de talla del total d'individus de llagosta censats al Parc Natural de Cap de Creus a l'any 2022. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI); Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

Altres decàpodes

Enguany, al Parc Natural del Cap de Creus, s'ha observat un individu de *Scyllarides latus* a l'estació de Punta Falconera que pertany a la classe de talla T1 (27mm LC).

No es va observar cap exemplar de llamàntol (*H. gammarus*) ni de cabra de mar (*M. squinado*).

Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter

Llagostes

Aquest any s'han mostregjat llagostes a 6 estacions del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, a les quals s'han censat 81 llagostes. Aquest valor és força més elevat que al 2020, ja que fa 2 anys es van censar 55 llagostes a aquestes mateixes estacions.

De les estacions mostrejades, Falaguer (PN) presenta el valor més elevat, amb un total de 27 llagostes censades, 22 individus més que al 2020. L'estació d'Arquets (ZPP) també mostra una elevada abundància de llagostes (n=25). Les estacions situades a les zones estrictament protegides de les Illes Medes (zones RNP i ZC) varen mostrar una menor abundància de llagostes, tot i que ha augmentat aquest valor al Medallot, Barda del Sastre i Cova de la Reina (Figura 7).

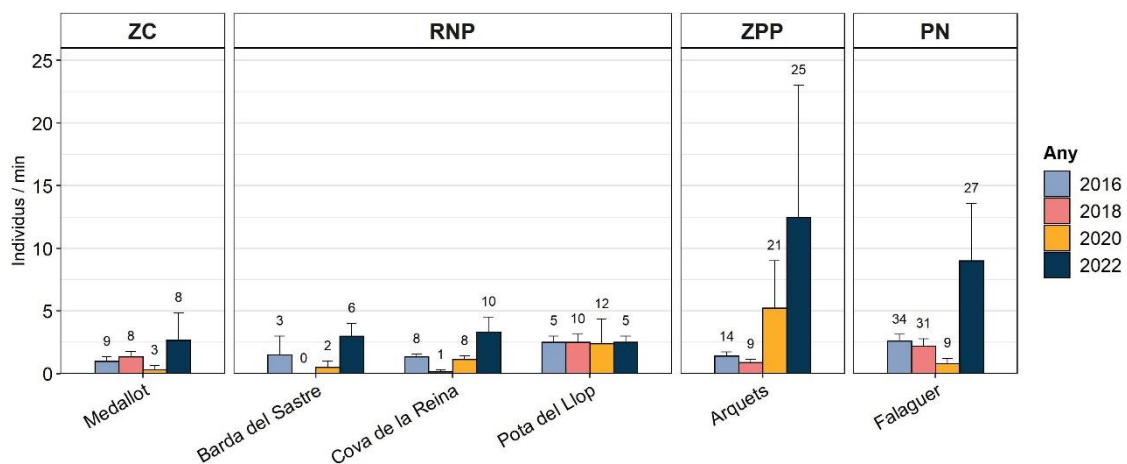


Figura 7. Mitjanes de les abundàncies (individus/minut) de llagostes a les estacions mostrejades al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter als anys 2016, 2018, 2020 i 2022. Els números damunt de les barres indiquen el nombre d'individus censats. Grau de protecció: Zona de Control (ZC); Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN).

Pel que fa a la distribució de classes de talla, les llagostes recent assentades (Rec) van ser les més abundants, amb 46 individus, 10 de les quals van ser censades a l'estació d'Arquets (ZPP). També son elevats el nombre de reclutes a Falaguer (n=17) i Cova de la Reina (n=10). La classe de talla més abundant és la T1, de la qual es van trobar 19 exemplars, la majoria d'ells a l'estació Falaguer (PN). La resta de llagostes amb classe de talla T1 es troben distribuïdes a les estacions de Barda del Sastre i Pota del Llop (Figura 8).

Es va trobar 1 llagosta de talla T4 a l'estació de Medallot (ZC), però cap individu de les classes de talles T2 i T3 (Figura 8).

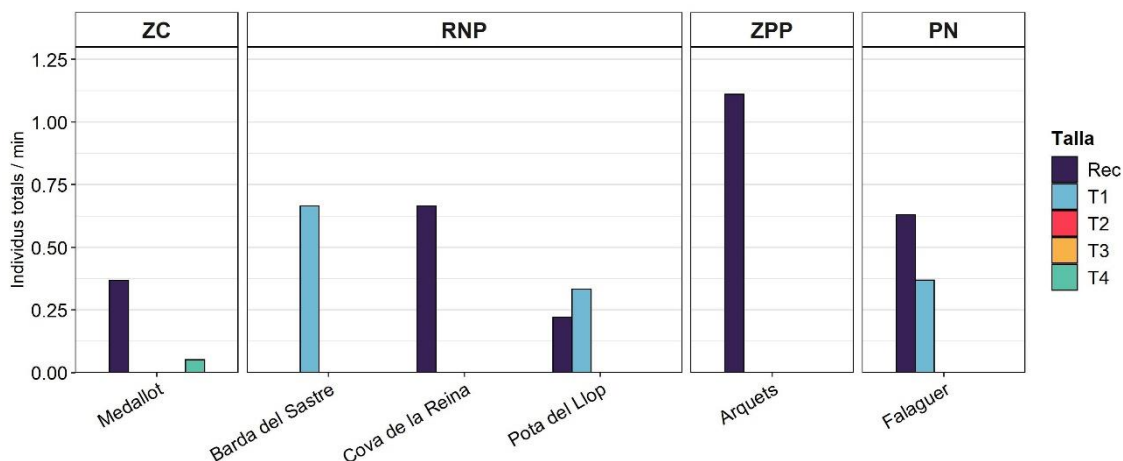


Figura 8. Distribució en funció de la classe de talla del total d'individus de llagosta censats al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter a l'any 2022. Grau de protecció: Zona de Control (ZC); Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN).

Evolució temporal de l'abundància i la biomassa a les Illes Medes

Les dades obtingudes enguany es varen afegir a la sèrie de dades històrica disponible per a les Illes Medes. Com ja es comentava als informes de seguiment dels anys 2014, 2016, 2018 i 2020, les abundàncies i biomasses de llagostes actuals es troben molt per sota dels valors que s'observaven a inicis de la dècada del 1990. Les dades d'enguany mantenen la tendència observada des de l'any 2004, que manté els valors baixos després de la davallada observada entre els anys 1994 i 2002. De fet, els valors obtinguts aquest 2022 són els més baixos registrats durant tota la sèrie temporal (Figura 9).

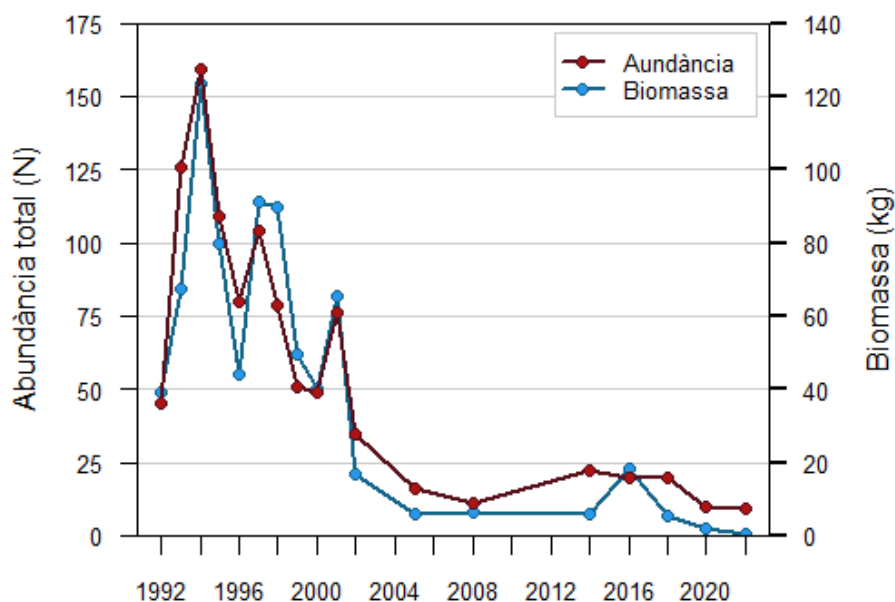


Figura 9. Evolució temporal del nombre total de llagostes observades a les Illes Medes, exceptuant els individus recent assentats. L'abundància es representa com el nombre total d'individus, i la biomassa en grams de pes fresc. Cal destacar que no hi ha dades per tots els anys.

Altres decàpodes

Enguany es va trobar només un esclop (*S. latus*) de talla gran (T3: 110 mm LC) a l'estació de Barda del Sastre

No es va observar cap exemplar de llamàntol (*H. gammarus*) ni de cabra de mar (*M. squinado*).

Discussió

Parc Natural de Cap de Creus

Tenint en compte les estacions mostrejades enguany al Parc Natural del Cap de Creus, el nombre total de grans decàpodes censats és pràcticament el mateix que al 2020: 25 i 26 individus, respectivament. Si ho comparem amb anys anteriors, aquests valor han augmentat lleugerament, ja que al 2018 els resultats mostraven abundàncies de 19 individus.

La distribució de llagostes a les estacions d'aquest Parc Natural és similar als anys anteriors: es mantenen les abundàncies més elevades les estacions amb la categoria de Parc Natural, sent especialment elevades a Punta Falconera (10 llagostes) i Punta Figuera (8 llagostes). A Punta Falconera l'abundància de llagostes ha augmentat progressivament des de el 2016; i a Punta Figuera s'ha mantingut l'abundància registrada a l'últim mostreig. Els resultats a aquesta estació destaquen pel considerable augment d'abundàncies respecte al 2018, on el registre va ser nul. Aquest valor ha augmentat lleugerament a les estacions mostrejades dins la Reserva Natural Parcial, on al 2020 no es va trobar presència de llagostes: Farallons i Forcats. Enguany es repeteix el mateix resultat nul que al 2016, 2018 i 2020 a l'Encalladora (RNI).

Si ens fixem en la distribució de les classes de talla, veiem que hi ha una predominança de la talla T1 (25 – 60 mm LC), amb un 77% dels individus censats. Aquests es troben distribuïts a les estacions de Parc Natural i Reserva Natural Parcial: son especialment presents a Punta Falconera (PN) (38%), tot i que també en trobem, de més a menys abundància, a Farallons (RNP), Punta Figuera (PN), Portaló (PN) i Forcats (RNP).

Paral·lelament, els individus ressent assentats (reclutes) també hi son presents, especialment a Portaló i Punta Figuera. Aquesta última estació, junt amb Punta Falconera, ofereixen fons de coral·ligen amb una elevada rugositat que son un bon refugi per a les llagostes de talles petites. Aquest resultat és similar a l'obtingut al 2020.

La distribució de classes de talla d'aquest 2022 mostra una dominància de llagostes de classes de talla petita (T1) i recent assentades (reclutes), i una absència total de classes de talla T2 (60 - 80mm LC), T3 (80 - 120mm LC) i T4 (majors de 120mm LC). En el darrer cens de 2020, aquestes classes de talla grans eren presents a algunes de les estacions del Parc Natural, com Portaló i Punta Falconera. El fet que aquest resultat sigui tan diferent del trobat als seguiments del 2016, 2018 i 2020 es deu a la pròpia dinàmica poblacional de l'espècie i possiblement a altres factors implicats, com la pesca o el furtivisme (Díaz *et al.* 2011).

Si analitzem l'efecte del nivell de protecció al Parc Natural del Cap de Creus vers l'abundància de llagostes, podem observar que no hi ha cap efecte significatiu, però sí que es manté el patró de les Illes Medes i el Montgrí: a les zones amb categories de protecció més estrictes (RNI i RNP), on les llagostes no es troben condicionades per l'efecte de la pesca i on teòricament esperaríem registrar abundàncies més elevades, aquestes han resultat ser menors. De fet, aquest 2022 els valors en aquestes zones han estat nuls a la zona amb major grau de protecció (L'Encalladora). Cal destacar, a diferència del 2020, que s'han trobat alguns individus a les estacions dins la Reserva Natural Parcial, tot i que amb valors inferiors als de les estacions de Parc Natural.

Aquests resultats es deuen a l'efecte de la protecció en poblacions poc estables i una dinàmica molt dirigida pels processos anuals d'assentament. L'efecte de la depredació sobre les llagostes juvenils es molt més elevat en zones on els depredadors són més abundants, que habitualment són les zones on hi ha més nivell de protecció i la pesca no hi és permesa. Això fa que l'assentament i supervivència d'individus immadurs a les zones protegides sigui complicada (Díaz *et al.* 2011). Per tant, si tenim en compte que, segons els resultats obtinguts enguany, la major part dels exemplars que formen part de la població són individus immadurs, aquests seran més abundants en zones on hi hagi menys depredadors. Casos com aquest, en el què l'efecte reserva no afavoreix clarament la dinàmica de grans decàpodes, s'ha observat en altres ocasions (Hunt *et al.* 1991; MacDiarmid i Breen 1993).

Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter

En aquest Parc Natural enguany s'han mostrejat les 6 estacions històriques del seguiment, iniciat el 1992. En aquestes s'han censat un total de 82 grans decàpodes: 52 llagostes a la Zona del Montgrí, i 29 llagostes i 1 esclop a les Medes. Es tracta d'un nombre elevat de llagostes, ja que al 2020 per a aquestes mateixes estacions es van censar 55 llagostes. Tot i així, cal remarcar que el 63% dels individus es va veure entre l'estació Falaguer (PN) amb 27 individus que representen el 33% del total, i Arquets (ZPP), amb 25 individus sent un 30%. A més, l'estació de Falaguer és la que ha registrat un canvi més significatiu als seus resultats, ja que la densitat s'ha recuperat després de la baixada observada el 2020 (34 individus al 2016, 31 al 2018 i 9 al 2020), ja que s'han censat 18 llagostes més que a l'últim mostreig.

L'estació del Falaguer mostra aquesta alta densitat de llagostes de classe talla petita degut a que té un hàbitat òptim per a l'assentament. A més, degut a que té una fase de dispersió molt llarga que fa que tinguin unes poblacions obertes, aquesta espècie mostra també una alta variabilitat interanual associada als anys en què el reclutament és bo (Muñoz *et al.* 2021). Tot i així, en ambdós casos, les llagostes censades pertanyen a classes de talla petites (reclutes i T1), patró que ja es va observar al 2018 i 2020. El fet que només es vegin individus juvenils i que aquests no assoleixin talles més elevades, fa sospitar que el furtivisme (facilitat per la concentració de llagostes petites en esclotxes de molt fàcil accés) o l'incompliment de la normativa pesquera la pesca d'aquesta espècie pot tenir un paper important (Díaz *et al.* 2011), i explicaria també aquestes fluctuacions entre mostrejos.

A les 3 estacions de la Reserva Natural Parcial de les Illes Medes (Barda del Sastre, Pota del Llop i Cova de la Reina) s'han trobat abundàncies relatives similars. Barda del Sastre i Cova de la Reina destaquen pel lleu augment d'abundàncies respecte el 2020. En aquest últim cas, l'existència d'una cova amb refugis resulta idoni per a als individus juvenils, i pot donar lloc a què les densitats augmentin.

A l'estació de Medallot (ZC), on l'accés i la pesca es troben totalment prohibits, l'abundància també ha augmentat. Al 2018 va patir una davallada en els resultats i enguany sembla que s'ha recuperat, reprenent els resultats del 2016 i 2018 (8 llagostes censades). A més, és l'única estació on s'ha censat un individu de talla gran (T4).

Seguint el patró trobat al 2016, 2018 i 2020, i tenint en compte la distribució d'abundàncies per estació, a les estacions de les Illes Medes es troben menys exemplars de llagosta que a la zona de la costa del Montgrí. Aquests resultats són els esperats, ja que la pressió per depredació és molt més elevada a la zona més protegida, efecte explicat anteriorment en el cas del Parc Natural del Cap de Creus.

És important recalcar que, excepte 1 exemplar, tots els individus censats al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter són reclutes i de talla petita (T1). De fet, hi ha estacions com Arquets o Cova de la Reina on tots els individus censats ha estat reclutes recent assentats. Tenint en compte la idoneïtat de les fondàries mostrejades i el tipus d'hàbitat, esperaríem trobar més exemplars adults i de talles grans. Cada anys és més comú no trobar grans abundàncies de llagostes als llocs on en anys anteriors s'hi havien registrat valors elevats.

Tenint en compte que es van censar 26 llagostes reclutes al 2016, 42 al 2018 i 35 al 2020 per a aquestes mateixes estacions, enguany sembla haver estat un any bo per a l'assentament, amb 46 exemplars recent assentats. La variabilitat en les dades d'assentament de la sèrie temporal indica, com ja ha estat demostrat estudiant els índex d'assentament de diferents localitats mediterrànies (Muñoz *et al.* 2021), que aquest procés està sotmès a condicions ambientals que controlen el patró anual, de manera que no tenen relació directa amb les poblacions establertes a la zona on s'assenten. Les fluctuacions d'aquest procés són complexes de predir, tot i que tenen una forta influència en l'estat futur de les poblacions que s'han de gestionar.

Illes Medes

En la sèrie temporal acumulada (anys 1992-2022) de biomassa i abundància a les Illes Medes, malgrat ser incompleta, es pot constatar la baixa capacitat de recuperació demogràfica de la llagosta vermella (*P. elephas*) dins l'àrea protegida de les Medes. S'observa com, des de l'any 2002, les poblacions de llagosta de les Illes Medes no superen els 40 individus. Aparentment aquest valor límit no té sentit biològic, però és cert que algun cop s'havien assolit valors similars com a valors més baixos de la sèrie. Des de l'any 2004, però, sembla ser el valor màxim límit a sobrepassar. Observant la sèrie temporal (Figura 9), el declivi de la població de llagostes és evident i constant al llarg dels anys fins a l'actualitat, tot i que segurament han augmentat les mesures de protecció de l'espècie.

Paral·lelament als baixos valors d'abundància d'aquesta espècie, l'evolució de la biomassa segueix la mateixa tendència i no s'observa un manteniment d'individus adults de talla gran que, en tot cas, podria mantenir una biomassa constant independentment del baix reclutament anual (Díaz, 2012).

Degut a la constància dels valors baixos en l'abundància de llagostes al llarg dels anys, s'entén aquest declivi com a una situació irreversible i difícilment recuperable. Únicament podrien ser considerades recuperables, amb una bona gestió, aquelles zones on el reclutament és prou elevat tot i les fluctuacions anuals pròpies del procés.

Les baixes abundàncies de la població de llagostes de la reserva contrasta amb la població de la Reserva Marina de les Illes Columbretes (Goñi *et al.* 2006, 2011), on l'evolució és favorable. Creiem que la població a la Reserva Marina de les Illes Medes ha assolit valors límit irrecuperables degut a les següents circumstàncies:

- 1) L'àrea de la reserva és petita (el seu perímetre és de 200m), tenint en compte el moviment de les llagostes (Díaz *et al.* 2011, Follesa *et al.* 2019).
- 2) L'hàbitat on el reclutament és viable és molt restringit.
- 3) La pressió de la depredació dels peixos sobre les fases juvenils de la llagosta és elevat.
- 4) La pesca és intensiva a les zones que envolten a la reserva marina.
- 5) En l'entorn de la reserva hi ha indicis que es podrien estar pescant talles il·legals (< 90 mm LC).
- 6) El busseig intensiu a la zona té un impacte en l'hàbitat de l'espècie i, per tant, en les abundàncies.
- 7) Poca constància pel que fa a l'assentament en els darrers anys.

Segons el nostre criteri expert, podríem dir que les llagostes es troben pràcticament extingides, *sensu stricto* de les Illes Medes, ja que amb la zonació actual d'aquesta zona la població és difícilment recuperable. No obstant, creiem que aquesta situació podria millorar si s'implementessin mesures de gestió pesquera addicionals a la reserva marina.

Costa del Montgrí

La costa del Montgrí es tracta d'un cas singular i diferent a les altres grans àrees. El litoral d'aquesta zona és de fons rocós continu fins a confluïr amb al límit amb la sorra, que arriba fins als 40-45 metres de fondària i on, degut a la naturalesa calcària del substrat, es troben hàbitats òptims per a l'assentament de llagostes (Abelló *et al.* 2007, Díaz *et al.* 2011, Díaz, D., 2012).

Per tant, aquesta zona és un lloc potencialment ideal per a l'assentament de llagostes (Díaz *et al.* 2011; Marí *et al.* 2002). Tot i així, degut a la sobrepesca i a la pesca irresponsable de talles inferiors a la mínima legal, difícilment es troben exemplars de talles superiors als 90 mm LC. Malgrat aquesta sobrepesca, el reclutament en certes localitats és realment excepcional i, en certa forma, compensa la forta mortalitat per pesca, tot i que presenta fluctuacions anuals degudes a la

variabilitat anual associada a processos oceànics. Gràcies a aquest hàbitat idoni que presenta la costa del Montgrí, aquesta zona presenta un alt potencial de reclutament, independent de les poblacions adultes (Díaz *et al.* 2011). És per això que creiem que es tracta d'una zona totalment adequada per a dur a terme un pla de rescat de la població de llagosta vermella.

Un dels problemes trobats en totes les estacions de Montgrí-Medes és la manca de talles reproductores superiors a 90 mm LC. Això comporta que el potencial reproductor de la població és molt baix, de manera que aquesta només es pot recuperar amb la inclusió de poblacions d'altres àmbits geogràfics mitjançant processos connectius de dispersió larvària, que sembla que es el procés més rellevant en una espècie amb una fase larvària molt llarga com aquesta (Babbucci *et al.* 2010, Palero *et al.* 2011).

Pel que fa als resultats referents al nivell de protecció, esperàriem que l'abundància fos més elevada a les zones més protegides, però aquesta hipòtesis no s'ha complert. Això ho veiem reflectit en els valors de densitat de la costa del Montgrí. Els resultats d'aquesta monitorització mostren clarament que la població de llagostes (*P.elephas*) de la costa del Montgrí-Medes és una població oberta, que evita l'extinció local gràcies a una dinàmica metapoblacional en la que actua com embornal (*sink*) i que sobreviu gràcies a una font de residència desconeguda (*source*) que cada any garanteix el seu rescat a través de l'assentament (Muñoz *et al.* 2021). Per a poder determinar l'origen d'aquesta font caldria estudiar la dinàmica larvària, però aquesta recerca és complicada ja que la fase de vida larvària planctònica és molt llarga (5-6 mesos). Hem d'entendre que llocs com les roques del Falaguer han de ser considerades com uns dels punts més excepcionals d'assentament de llagostes de la Mediterrània occidental.

D'altra banda s'ha pogut demostrar que l'assentament anual és significatiu al llarg de la sèrie temporal, i aquest dona lloc a una fase de mortalitat juvenil especialment important dins les Illes Medes, ja que la densitat de peixos depredadors és més elevada dins la reserva.

És cert, però, que l'elevada densitat de peixos a les Illes Medes és excepcional a la costa catalana. Així doncs, a nivell més general, la depredació no és la causa de les baixes densitats de llagostes. Es tracta d'una espècie amb un creixement molt lent que no pot suportar el gran esforç de pesca a què està sotmesa actualment. És per això que la principal causa del declivi en les poblacions de llagosta vermella a Catalunya és la sobrepesca. A més, els pescadors rarament compleixen la mida legal de captura, i aquest seria un factor clau a corregir si es tingués la intenció de recuperar les poblacions de llagostes.

Altres grans decàpodes

Les poblacions de grans decàpodes d'interès pesquer és anecdòtica tant al Montgrí com a les Illes Medes i al Cap de Creus. Cal remarcar que, tal i com era d'esperar, no s'ha trobat cap cabra de mar (*M. squinado*) ni al Cap de Creus ni al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. De fet, la cranca no s'ha observat en cap de les observacions dutes a terme en els darrers 20 anys en aquest últim parc i tampoc no es té constància de cap captura regular de l'espècie a la Costa Brava (Díaz *et al.* 2012).

La presència de llamàntols (*H. gammarus*) al llarg dels anys de seguiment en les Illes Medes i costa del Montgrí, sembla molt fluctuant. Mai s'han vist exemplars juvenils i tots els exemplars s'han trobat en el límit més profund de les immersions. L'hàbitat preferit semblen ser petits caus solitaris o fons detrítics. Les abundàncies d'aquests exemplars són, en molts casos, fluctuacions de la pròpia població i per tant si els censos es poguessin fer en una altra època de l'any, es podria determinar si existeix un efecte de l'estacionalitat anual, igual que passa amb els esclops (*S. latus*). És sabut que en altres zones del mar Mediterrani, els esclops fan agregacions durant els mesos de maig i juny en aigües poc profundes. És per això que seria adequat dur a terme censos de l'espècie en aquesta època de l'any. Tot i així,enguany s'han registrat dos exemplars d'aquesta espècie (de talles T1 i T3), un a cada Parc Natural estudiat.

Conclusions

Parc Natural de Cap de Creus

A les estacions mostrejades enguany s'ha censat pràcticament el mateix nombre de grans decàpodes al Cap de Creus que en l'anterior exercici 2020. La gran variabilitat en el procés d'assentament ha fet que la potencial abundància total de llagostes, especialment recent assentades, hagi estat baix. Destaca en aquest parc, a diferència del 2020, l'absència de classes de talla gran. És clau en aquestes poblacions, que mostren un fort declivi, conèixer on són els punts idonis per a l'agregació. Creiem que tot i que és molt complex d'esbrinar, caldria fer un esforç en aquest sentit.

Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter

La costa del Montgrí segueix essent la zona on s'ha observat l'assentament i reclutament més elevat. Tot i que enguany s'han registrat abundàncies més elevades que al 2020, tots els individus censats són llagostes petites (reclutes i T1), pel que no veiem recuperació demogràfica de la llagosta vermella (*P. elephas*) dins l'àrea protegida de les Illes Medes. Així, el declivi d'aquesta població ha de ser entès irreversible ja que en una situació tant deprimida resulta difícilment recuperable. Únicament es podrien considerar susceptibles a recuperació, amb l'aplicació d'una gestió adequada, les zones on el reclutament és constant i consistent, tot i les fluctuacions naturals del procés.

Recomanacions per a la gestió

Degut a què la població de llagostes es troba altament deprimida i que pràcticament no existeixen individus adults (enguany no s'ha observat cap exemplar adult), aquesta és irrecuperable simplement amb la creació de figures de protecció, que afavoreixen les talles grans i els individus assentats.

Per tant, les nostres recomanacions són:

- a) Continuar mostrejant les estacions històriques de seguiment de grans decàpodes a la zona del Massís del Montgrí i les Illes Medes.
- b) Gestionar adequadament les principals zones d'assentament de la zona, essent considerades com a hàbitats essencials per al creixement de la població d'aquesta espècie.
- c) Promoure el coneixement de la normativa de pesca i biologia de la llagosta a tots els pescadors artesanals de la zona, ja que s'ha detectat un gran desconeixement, però no per falta de voluntat dels implicats.
- d) Intensificar la vigilància en les embarcacions que es dediquen a la captura de la llagosta, així com el control de les ventes que es fan a la llotja.

A més d'aquestes recomanacions generals, al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, si es té interès en dur a terme un pla de rescat per la població de llagostes, es recomana: a) promoure a la costa del Montgrí una àrea d'especial interès per la protecció de la llagosta, b) imposar una moratòria de pesca de llagosta durant els pròxims 5 anys, i c) incloure la participació del sector pesquer en l'estudi continuat de l'assentament de l'espècie, per tal de poder avaluar la capacitat de recuperació de les poblacions de llagosta.

Bibliografia

- Abelló, P., Díaz, D., Baringo, P., Recasens, L., Andrés, B., 2007. La llagosta: desenvolupament i hàbitat dels juvenils. *PescaMar*, 4: 11-12.
- Babbucci, M.; Buccoli, S.; Cau, A.; Cannas, R.; Goñi, R.; Díaz, D.; Marcato, S.; Zane, L.; Patarnello, T., 2010. Population structure, demographic history, and selective processes: Contrasting evidences from mitochondrial and nuclear markers in the European spiny lobster *Palinurus elephas* (Fabricus, 1787). *Mol. Phylogenet. Evol.* 2010, 56, 1040–1050.
- Díaz, D.; Zabala, M.; Linares, C., Hereu, B.; Abelló, P., 2004. Increased predation of juvenile spiny lobster (*Palinurus elephas*) in a marine protected area. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 39.
- Díaz, D., Lorente, A., Sacanell, M., 2011. La situació crítica de la llagosta vermella al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. *Omnis Cellula* 27.
- Díaz, D., 2012. Els grans decàpodes de la costa del Montgrí i les illes Medes. El fons marí de les Illes Medes i el Montgrí: quatre dècades de recerca per a la conservació. *Recerca i territori* Volum 4. Hereu, B., i Quintana, X.
- Goñi, R., Quetglas, A. and Reñones, O., 2006. Spillover of spiny lobsters *Palinurus elephas* from a marine reserve to an adjoining fishery. *Marine Ecology Progress Series*, 308: 207–219.

- Goñi, R., Hilborn, D., Díaz, S., Mallol, S., Adlerstein, 2011. Net contribution of spillover from a marine reserve to fishery catches. *Marine Ecology Progress Series* 400, 233-243
- Hunt JH, Matthews TR, Forcucci D, Hedin B, Bertelsen RD, 1991. Management implications of trends in the population dynamics of the Caribbean spiny lobster, *Panulirus argus*, at Looe Key National Marine Sanctuary. Final Report to NOAA. Florida Marine Research Institute, Marathon, FL.
- Follesa, M. C., Cuccu, D., Cannas, R., Sabatini, A., Deiana, A.M. and Cau, A., 2019. "Movement patterns of the spiny lobster *Palinurus elephas* (Fabricius 1787) from a central western Mediterranean protected area", *Sci*, vol. 73, no. 3, pp. 499-506
- MacDiarmid AB, Breen PA., 1993 Spiny lobster population change in a marine reserve. In: Battershill C.N., Creese R., Schiel D., Jones G., MacDiarmid A.B. (eds) Proceedings of the 2nd International Temperate Reef Symposium. National Institute of Water and Atmospheric Research, Wellington, 47–56
- Marí, M., Díaz, D., Abelló, P., Zabala, M., 2002. Avaluació de la població de llagosta vermella *Palinurus elephas* de les illes Medes. exercici 2002. Dipòsit digital UB. <http://hdl.handle.net/2445/25547>.
- Muñoz A, Goñi R, Linares C, Kersting D, Stobart B, Mallol S, Zabala M, Díaz D., 2021 Exploration of the inter-annual variability and multi-scale environmental drivers of European spiny lobster *Palinurus elephas* (Decapoda:Palinuridae) settlement in the NW Mediterranean. *Marine Ecology*. DOI: 10.1111/maec.12654
- Palero F, Abello P, Macpherson E, Beaumont M, Pascual M., 2011. Data from: Effect of oceanographic barriers and overfishing on the population genetic structure of the European spiny lobster (*Palinurus elephas*). doi:10.5061/dryad.299h8



Seguiment de les praderies de posidònia i de les poblacions de nacres

Neus Sanmartí, Javier Romero, Marta Pérez, Julia Ortega, David Casals, Graciela Rovira

CAP DE CREUS

- Les praderies de cap de Creus es troben en una situació global d'estabilitat. Majoritàriament, el seu estat és bo, llevat de tres casos on considerem l'estat moderat (Guillola, Portlligat i Pelosa).
- Després de cinc campanyes de seguiment entre 2014 i 2022, sembla que en els tres casos els valors subòptims dels indicadors es deuen a factors o esdeveniments antics, més que no pas a situacions dins del període estudiat.

MONTGRÍ I MEDES

- L'estat de les praderies és bo, excepte la part superficial de Montgó i la Meda Petita. No tenim una explicació clara per aquest fet, que probablement també obeeix a factors anteriors al període estudiat.

EFFECTE DEL FONDEIG

- L'ancoratge no sembla tenir efecte significatiu sobre les variables d'abundància de les plantes (densitat i cobertura), ni sobre l'estat macroscòpic (qualitatiu) de les praderies..

POBLACIONS DE NACRES

- Les poblacions de nacres han patit mortalitats massives, i el nombre d'individus supervivents als Parcs Naturals Marins de Catalunya és molt reduït.

Aquest capítol ha de ser citat com:

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 d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. Direcció General de Polítiques Ambientals. Pp 153-236.

Introducció

Les fanerògames o angiospermes marines formen un grup de plantes singular, relativament petit (unes 70 espècies a tot el món), de plantes terrestres adaptades secundàriament a la vida en el mar. Tanmateix, les funcions ecològiques que duen a terme són molt importants (Romero, 2004; Romero *et al.* 2012). Des d'un punt de vista taxonòmic, són espermatòfits o fanerògames, és a dir, plantes amb flor, arrel, tija i fulles, amb llavors embolcallades per un fruit (angiospermes) i emparentades, tot i que de manera llunyana, amb herbes terrestres com ara les gramínies (monocotiledònies). La seva diferenciació histològica i la seva anatomia, com així també els seus òrgans florals, són resultat d'una història evolutiva terrestre, i les separen de manera molt clara d'altres vegetals marins com ara les algues, grup molt diversificat, heterogeni, polifilètic i nombrós, però de constitució i estructura més simple. Les angiospermes marines, a més de flors, presenten una diferenciació clara de fulles, tiges i arrels. Són precisament les arrels les que 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.

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. A tall d'exemple, podem esmentar:

- a) el seu paper com a constructores d'hàbitat, pel fet que tant les fulles com les tiges, modificades en forma de rizomes (parcialment enterrats, alguns d'ells amb creixement horitzontal i d'altres amb creixement vertical), formen un suport físicobiològic que dona protecció o proveeix de substrat a una enorme varietat d'espècies vegetals i animals;
- b) 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;
- c) 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 d'angiospermes 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. Dos exemples, força diferents, són especialment aplicables al cas de les praderies: la pressió exercida per la nàutica d'esbarjo, i en particular pels fondejos (activitat susceptible de regulació), i els possibles efectes de l'escalfament global (aspecte no susceptible de regulació, però amb què cal estar atent). Per l'òrgan gestor dels espais protegits és essencial disposar d'informació fiable sobre l'estat d'aquests ecosistemes, tant per determinar i avaluar mesures i actuacions, com per saber l'evolució del patrimoni submarí que tenen sota la seva custòdia.

De les cinc espècies de fanerògames marines existents a la Mediterrània (excloses les pertanyents al gènere *Ruppia*), a Catalunya es coneix la presència de tres: *Posidonia oceanica*, coneguda popularment com a alga de vidriers, *Cymodocea nodosa*, de nom popular algueró o alga de les nimfes, i *Zostera noltii*. Una quarta espècie, *Zostera marina*, havia estat vista, almenys a Portlligat, cala Jonquet (badia de Guillola) i a la badia dels Alfacs (delta de l'Ebre), si bé és pràcticament segur que ja no es trobi a les costes catalanes. Més concretament, en l'àrea protegida del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter trobem només *P. oceanica* i *C. nodosa*. Pel que fa a l'àrea que correspon al Parc Natural de Cap de Creus, a més d'aquestes dues espècies, trobem també *Z. noltii*.

Malgrat que durant les campanyes i prospeccions es para atenció a possibles localitzacions de *C. nodosa* i *Z. noltii* i al seu estat, tal com constava al plec de condicions, el gruix dels esforços del seguiment s'han centrat a *P. oceanica*. Aquesta elecció es basa en un seguit de raons:

- i. És la que forma les praderies amb un valor ecològic més elevat, tant pel que fa a funcions ecològiques (biodiversitat, producció, etc.) com a serveis ecosistèmics.
- ii. És la més abundant i la que forma praderies més extenses.

- iii. És la més sensible a alteracions antròpiques, pel qual pot donar informació sobre la qualitat general del medi.

Val a dir, també, que les praderies de *P. oceanica* es troben en l'annex I de la Directiva Hàbitats (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.

Finalment, i com ja s'ha dit, les praderies d'angiospermes marines, i en particular les de *P. oceanica*, hostatgen una rica comunitat animal. Un dels organismes singulars d'aquesta comunitat és el mol·lusc *Pinna nobilis*, endèmic de la Mediterrània. És probablement el bivalve de major mida de les nostres aigües, i les seves poblacions han estat greument alterades per l'home, tant per pertorbacions mecàniques (fondejos, xarxes de pesca, etc.) com per captures amb finalitats ornamentals, fins a conduir-les a una situació que alguns autors havien qualificat de vulnerable (Guallart i Templado, 2012). Per aquest motiu, l'espècie es troba en l'annex IV de la Directiva Hàbitats (Directiva 92/43/CEE, de 21 de maig). En anys anteriors, les dades obtingudes pel nostre equip varen demostrar una certa recuperació de les poblacions de *Pinna nobilis*, especialment en els punts on l'ancoratge d'embarcacions era mínim o nul (Romero *et al.* 2014, Romero *et al.* 2016). Ara bé, a finals de 2016, les poblacions de *Pinna nobilis* de la Mediterrània occidental es varen començar a veure afectades de manera molt dràstica per l'arribada d'un protozou paràsit (*Haplosporidium pinnae*) que en causava la seva mort (Catanese *et al.* 2018); en alguns casos, sembla que un micobacteri també produïa infeccions i mortalitat (Carella *et al.* 2019), aïlladament o conjuntament amb el protozou. L'epizoòtia va començar per les aigües del sud de la península Ibèrica, i ben aviat s'estengué pel Llevant i les Balears. En una primera fase, les poblacions catalanes varen semblar quedar al marge, fins al punt que al seguiment de 2016 no es varen detectar símptomes d'aquesta mortalitat a cap de Creus ni a Montgrí- Medes, més enllà d'un 8% d'individus morts, xifra aparentment atribuïble a la mortalitat natural (Romero *et al.* 2016). Malauradament, a finals de 2017 i, i molt especialment, a principis de 2018, la mortalitat per la parasitosi es va disparar a les costes catalanes fins a arribar a provocar la desaparició de la quasi totalitat de les poblacions a ambdós espais protegits. L'interès en conservació d'aquest mol·lusc, com espècie emblemàtica, la seva vulnerabilitat a aquest paràsit i la seva associació a les praderies d'angiospermes marines, especialment de *P. oceanica*, fan que obtenir informació sobre les seves poblacions, en el marc del seguiment de les praderies dels espais marins protegits de Catalunya, sigui d'una especial oportunitat, malgrat la pràcticament total extinció local de l'espècie.

L'objectiu del present treball, per tant, és avaluar l'estat de les praderies de *P. oceanica* així com detectar possibles individus vius de *P. nobilis* en els Parcs Naturals Marins de Catalunya (Cap de Creus i Montgrí, Illes Medes i Baix Ter) per tal d'obtenir una diagnosi del seu estat actual, relacionar-la amb les activitats que s'hi desenvolupen, comparar-lo amb l'estat passat i aportar informació contrastada per seguir l'evolució d'aquests ecosistemes en els pròxims anys.

Material i mètodes

El treball s'ha dut a terme en dues-tres grans fases: presa de dades al camp (aproximació qualitativa i aproximació quantitativa) i elaboració de la informació obtinguda. El mostreig i la presa de dades de camp s'han dut a terme mitjançant busseig amb escafandre autònom, per part d'un equip de quatre bussejadors experimentats en treball de camp amb *P. oceanica* i un barquer a superfície com a mesura de seguretat. En alguns casos s'han fet també observacions en apnea.

Els herbeis de *Posidonia oceanica*

Pel seguiment dels alguers de *P. oceanica*, i com als exercicis anteriors (2014, 2016, 2018 i 2020), s'ha utilitzat una simplificació del mètode desenvolupat pels membres de l'equip de treball per diagnosticar l'estat ecològic de les masses d'aigua a partir de variables biològiques d'aquesta espècie i de l'ecosistema que forma. Aquest mètode es basa en la construcció d'un índex biòtic (*Posidonia oceanica* Multivariate Index: POMI, Romero *et al.* 2007), acceptat oficialment per la UE durant el desplegament de la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/EC), després d'un rigorós procés d'intercalibració (López i Royo *et al.* 2011; Mascaró *et al.* 2012). Aquest índex no s'aplica en la seva totalitat per no ser necessari en espais naturals protegits ni estar dissenyat pels objectius del seguiment, però d'ell se n'han extret les mètriques (variables) i metodologies més adients. Part d'aquest mètode, a més, ja s'havia emprat anteriorment en el seguiment de la Reserva Marina de les Illes Medes des de l'any 1984 (Romero *et al.* 2012), de forma que la utilització de la mateixa metodologia i les mateixes estacions de mostreig emprades fins al moment podrà donar continuïtat a les sèries temporals obtingudes fins ara per membres de l'equip de treball, que són les més llargues de tota la Mediterrània en aquests hàbitats. Com a complement a aquestes mesures, i seguint la metodologia dels anys anteriors, s'han efectuat una sèrie de prospeccions qualitatives per ampliar el coneixement de les praderies, tot obtenint un conjunt de descriptors basats en l'observació. Això es fa per tal d'ampliar l'aproximació fonamentalment intensiva (i quantitativa) del mètode esmentat abans amb una aproximació extensiva (i qualitativa), potser menys precisa, però amb la qual som capaços d'abastar escales espacials de major magnitud.

Aproximació qualitativa

L'aproximació qualitativa (extensiva) s'ha basat en observacions sobre la superfície més gran possible de cada una de les praderies o estacions estudiades (vegeu apartat sobre estacions). A cada estació, aquestes observacions es varen fer seguint una sèrie de recorreguts, fonamentalment de dos tipus: uns que anaven des del límit superficial de la praderia fins al límit profund, que també s'inspeccionava amb un cert detall (o bé a l'inrevés, del profund al superficial), i uns altres que se centraven en el límit superficial. Segons la fondària i la distància a recórrer, les observacions es feien en apnea o amb equips de busseig autònom; per distàncies llargues, ens vàrem ajudar d'un parell de petits escúters submarins. En alguns casos, es van modificar aquestes pautes per tal d'adaptar-les a les característiques de les praderies.

La major part dels recorreguts varen ser filmats amb càmera de vídeo submarí i, a la vegada, el bussejador anotava tot un seguit d'observacions de característiques de l'herbei rellevants per la seva diagnosi, algunes d'elles sistemàtiques (protocol·litzades) i altres oportunistes. L'equip de superfície, des de l'embarcació, seguia els bussejadors i anotava, les posicions GPS de tots aquells punts d'interès (límits, estructures notables, etc.). Un cop a terra, es varen visualitzar els enregistraments en vídeo i se'n va extreure la informació pertinent, tot combinant-la amb les anotacions preses a l'aigua. Per tal d'estandarditzar al màxim la presentació de resultats, per a cada estació hem elaborat una mena de petit dossier que consta de quatre parts:

- a) Un mapa on es representen els recorreguts fets i s'assenyala la toponímia més important
- b) Una fitxa-resum descriptiva
- c) Una descripció que podríem dir-ne *narrativa* de la praderia, enguany resumida als canvis detectats respecte al 2020.
- d) Una fitxa-resum de la seva diagnosi.

Els continguts dels ítems b) i d) s'expliquen amb detall en l'apartat de resultats, per facilitar una millor comprensió.

Aproximació quantitativa

[Nota: no citem explícitament les taules d'estadística per alleugerir l'informe; el lector interessat les podrà trobar en annex]

Les variables que es mesuren són la densitat, la cobertura i el grau d'enterrament dels feixos. També es prenen dades complementàries sobre l'abundància de la macrofauna d'equinoderms (garotes i holotúries). A més, es comproven les fites del límit profund, o se'n posen de noves si hi manquen. Tot i tenir una llarga experiència mostrejant en herbeis de *P. oceanica*, abans de començar la primera estació els bussejadors passen per un procés d'intercalibració, de forma que tots ells estimen la densitat i cobertura en un mateix quadrat (comparant els resultats i ajustant la metodologia i els criteris si s'escau), per tal de mitigar biaixos per l'efecte de la subjectivitat del mostrejador.

Densitat

La densitat és el nombre de peus (generalment anomenats feixos) per unitat de superfície. Els feixos de *P. oceanica* són agrupacions individualitzades de fulles (de 3 a 7 fulles per feix) que s'uneixen per la base, producte de la ramificació de les tiges (anomenades rizomes en estar parcialment o totalment enterrades). La densitat és un descriptor bàsic, generalment associat a la vitalitat de la praderia, així com una primera aproximació a altres variables quantitatives ecològicament rellevants (producció, biomassa, etc.). La densitat s'estima a partir del recompte del nombre de feixos que trobem a l'interior d'un quadrat de 40x40 cm, el qual està dividit en 4 subquadrats de 20x20 cm amb l'objectiu de facilitar el comptatge. A cada punt de mostreig (o subestació, veure més endavant) es fan 10 mesures de densitat, anotant els feixos presents a

cada subquadrat. Els 10 quadrats es distribueixen a l'atzar sobre la superfície que constitueix el punt 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 a l'atzar se sol fer mitjançant algun criteri adequat, com ara situar-se 1 m per sobre el fons i deixar-lo caure (Pergent *et al.* 1995), nedar un cert nombre de cops d'aleta en direccions aleatòries, o disposar una cinta mètrica sobre la qual es determinen unes distàncies a l'atzar per fer les mesures. Nosaltres vam fer servir la segona d'aquestes opcions. És molt important recordar que si algun quadrat o algun dels seus subquadrats cau en una zona sense feixos, resta invalidat i es fa una nova col·locació a l'atzar. Pel càlcul de la densitat, es considera que cada quadrat de 40x40 cm és una rèplica, i per tant el nombre de rèpliques és de 10 per punt de mostreig o subestació. La densitat s'expressa en feixos m⁻².

Cobertura

La cobertura és la fracció del substrat recobert per *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 (clapes o clarianes, tant de sorra com de mata morta; Romero, 1986). Igual que la densitat, la cobertura és una expressió de l'abundància de la planta, associada a la vitalitat de l'herbei, encara que a una altra escala d'observació.

La cobertura s'estima mitjançant transectes de 10 m de longitud, disposats en direccions aleatòries amb origen en un punt situat dins d'un radi no superior a 5 metres al voltant del punt que defineix la subestació. 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 punt 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 dels feixos

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.

Intensitat de floració

La floració de *P. oceanica* té lloc, principalment, entre els mesos de setembre i novembre. Aquest fenomen és de caràcter molt heterogeni, tant en l'espai com en el temps, i sembla ser relativament freqüent a determinades àrees geogràfiques (per exemple, les illes Balears), mentre que a la costa catalana és més limitat. Certs estudis relacionen períodes de temperatures altes amb un increment en la intensitat de floració de les praderies de *P. oceanica* (Ruiz *et al.* 2018). Encara que no es tracta d'una variable relacionada amb l'estat de l'herbei, sempre que es detecta floració, per tal d'avaluar la seva intensitat, es comptabilitzen les inflorescències dins els quadrats de densitat. Entenem com a intensitat de floració el nombre d'inflorescències trobades en un quadrat dividit pel nombre de feixos total en aquell mateix quadrat, expressat en percentatge.

Seguiment del límit profund

El límit profund de distribució de les praderies està molt freqüentment determinat per la transparència de l'aigua. La cinètica (canvis en el temps) d'aquest límit proporciona informació sobre variacions en l'extensió de les praderies per la seva part fonda, que és generalment també la més sensible. El seguiment dels possibles canvis pot fer-se amb mètodes cartogràfics, molt costosos, o bé amb tècniques *in situ* (fitació) molt més econòmiques i, paradoxalment, molt més precises.

La tècnica de fitació emprada consisteix en, un cop localitzat el límit de distribució profund de l'herbei, clavar-hi un cert nombre de barres de ferro (entre 5 i 10) tot resseguint el límit, separades deu metres cada una de la següent, i cada barra just a tocar la darrera planta viva del lloc que li

pertaoca. D'aquesta manera queden, marcats entre 40 i 90 metres de límit de l'herbei. Les barres, de 2 m de llargària, es claven 1 m en el substrat, deixant 1 m vist fora del sediment. Es pren la profunditat a la base de cada barra, i a la barra considerada origen es deixa anar un globus de descompressió per poder georeferenciar-la (posició GPS) des de la superfície. S'anoten també les característiques del límit (Boudouresque i Meinesz, 1982; Pergent *et al.* 1995), és a dir, si és net, progressiu o regressiu, si hi ha evidències de mata morta més enllà del límit, etc. Aquesta tècnica de seguiment s'ha aplicat a les estacions "completes", és a dir, les que tenien subestació profunda i subestació superficial (vegeu l'apartat sobre les estacions). En totes les estacions ja hi havia fites instal·lades d'anys anteriors (algunes anteriors a les campanyes de seguiment pròpiament dites), de manera que el que s'ha fet enguany és controlar les fites existents (comprovant, per cada una d'elles, si seguia tocant l'última posidònia viva, o bé si la praderia havia retrocedit o avançat, i quant). Per raons d'optimització logística, les barres es varen visitar en el moment de les campanyes extensives, encara que el descriptor es considera quantitatiu i per això s'explica aquí.

Macrofauna associada

Entre la macrofauna més conspícua que podem trobar a les praderies de *P. oceanica* destaquen sobretot els equinoderms, que, com a herbívors (la garota comuna, *Paracentrotus lividus*) o com a detritívors (la garota de pues blanques, *Sphaerechinus granularis* i les holotúries, *Holothuria* spp.), hi tenen papers ecològics importants.

Per a l'estimació de l'abundància d'equinoderms, s'inspeccionen curosament els quadrats de densitat (vegeu l'apartat sobre densitat, 10 rèpliques per subestació) i s'anota el nombre de garotes i la seva espècie (encara que gairebé sempre es tracta de la garota comuna, *P. lividus*) i d'holotúries (*Holothuria polii* o complex *Holothuria tubulosa-mamatta*). Aquest mostreig, amb 10 quadrats de 40x40 cm, és molt probablement insuficient per fer una bona apreciació de les poblacions d'equinoderms, de manera que les dades resultants cal considerar-les només informació complementària.

Les poblacions de Pinna nobilis

En anys anteriors (2014 i 2016), l'estudi de les poblacions de nacres s'havia fet mitjançant transectes de 50 x 2 metres. El 2018, i per culpa de l'alta mortalitat per la parasitosis, el nombre d'individus vius trobats als transectes va ser molt reduït, fet pel qual les dades dels transectes es varen complementar amb observacions fora de transecte, per tal de trobar el màxim d'individus vius.

Enguany, tal com vàrem fer el 2020, ens hem centrat en la cerca de nacres vives tant durant les immersions de la part qualitativa com de la quantitativa. Això suposa un estalvi de temps que s'ha invertit en altres feines (ampliació de punts de mostreig; vegeu apartat següent).

Estacions de mostreig

Per tal de permetre que les sèries temporals que es van obtenint en aquest seguiment tinguin continuïtat, i així responguin a les seves finalitats, les estacions de mostreig han de ser sempre les mateixes. Així, hem seguit mostrejant a les estacions que es van acordar el 2014 amb els responsables dels espais protegits, estacions que abasten un ventall prou ampli de praderies, que inclou diferents àmbits, diferents nivells de protecció, i diferents zones dins les àrees protegides.

Definim com a estació una localització concreta dins de les àrees d'estudi (per exemple, una cala o un punt de la costa), i com a subestació, o punt de mostreig, una fondària concreta dins d'aquesta localització. Les fondàries escollides s'han fixat en 5 i 15 metres, per tal de fer les dades comparables. En alguns casos, i per la naturalesa de la praderia, ha calgut ajustar-les una mica. Un cop definides les estacions, les observacions qualitatives es fan sobre el conjunt de l'estació, mentre que la presa de dades quantitatives es fa a cada subestació (i en el límit profund pel que fa a les barres). Per tant, hi ha tantes fitxes qualitatives com estacions i tantes preses de dades quantitatives com subestacions. El seguiment va començar amb un total de 13 estacions: 8 a cap de Creus i 5 a Montgrí-Medes (3 a les illes Medes i 2 a la costa del Montgrí; taula 1, i figures 1 i 2). D'aquestes, 8 (4 a cap de Creus, i 4 a Montgrí Medes) constaven de dues subestacions, corresponents a les dues fondàries-tipus, i les altres 5 tenien una única subestació, el que donava un total de 21 subestacions o punts de mostreig quantitatiu. El 2016 es va afegir la subestació profunda de Taballera, i el 2020 es va afegir una segona subestació superficial a l'estació de Guillola (Guillola-Jonquet) i una altra estació a cala Rustella (només mostreig quantitatiu i només subestació superficial). Enguany, hem afegit un mostreig qualitatiu a Portlligat (dos recorreguts, un superficial i un profund) i dos a Rustella (un de superficial i un de profund). Això fa un total de 14 estacions, amb 24 subestacions (taula 1 i figures 1 i 2). A més, també hem realitzat una exploració de la praderia de cala Bona i del seu límit inferior (aquesta estació no es comptabilitza en el total d'estacions)

Per reduir la variabilitat espacial de les dades, és important que les mesures per cada subestació es facin sempre al mateix lloc, és a dir, dintre d'una superfície d'uns 500 m² que no varii d'un any a l'altre. Així, totes les subestacions estan georeferenciades amb una opció avançada del GPS. Aquesta opció permet fer una mitjana de les coordenades preses durant un temps mínim de 10 minuts, el que augmenta la precisió de la posició.

Taula 1. Estacions mostrejades en el seguiment de fanerògames i nacres de l'any 2022. **Prot:** grau de protecció, on **PN:** zona de Parc Natural, **RNP:** zona de Reserva Natural Parcial; **Fond.:** fondària en metres.

Zona	Prot	Estació	Codi	Subestació	Fond.
Cap de Creus	RNP	Cala Culip	CCPOSI-2	Cul-SUP	5
		Cala Culip	CCPOSI-2	Cul-FONS	17
		Cala Jugadora	CCPOSI-3	Jug-SUP	5
		Cala Jugadora	CCPOSI-3	Jug-FONS	15
		Norfeu Nord	CCPOSI-6	Norfeu N	15
	PN	Cala Guillola	CCPOSI-4	Guill-SUP	5
		Cala Guillola	CCPOSI-4	Guill-FONS	15
		Guillola-Jonquet	CCPOSI-4	Guillola-Jonquet	5
		Portlligat	CCPOSI-5	Portlligat	4,5
		Cala Taballera	CCPOSI-1	Tab-SUP	6,5
Medes i Montgrí	PN	Cala Taballera	CCPOSI-1	Tab-FONS	16
		Platja de la Pelosa	CCPOSI-7	Pelosa	5
		Cala Montjoi	CCPOSI-8	Montj-SUP	5
	RNP	Cala Montjoi	CCPOSI-8	Montj-FONS	16
		Cala Rustella	CCPOSI-9	Rustella	5
		Montgó	MMPOSI-5	Montg-SUP	5
		Montgó	MMPOSI-5	Montg-FONS	16
		Cala Pedrosa	MMPOSI-4	Pedrosa	6,5
		Meda Petita	MMPOSI-1	MedPet-SUP	7
		Meda Petita	MMPOSI-1	MedPet-FONS	15
RNP	Meda Gran 1	MMPOSI-2	MedGran1-SUP	5	
	Meda Gran 1	MMPOSI-2	MedGran1-FONS	15	
	Meda Gran 2	MMPOSI-3	MedGran2-SUP	5	
	Meda Gran 2	MMPOSI-3	MedGran2-FONS	15	

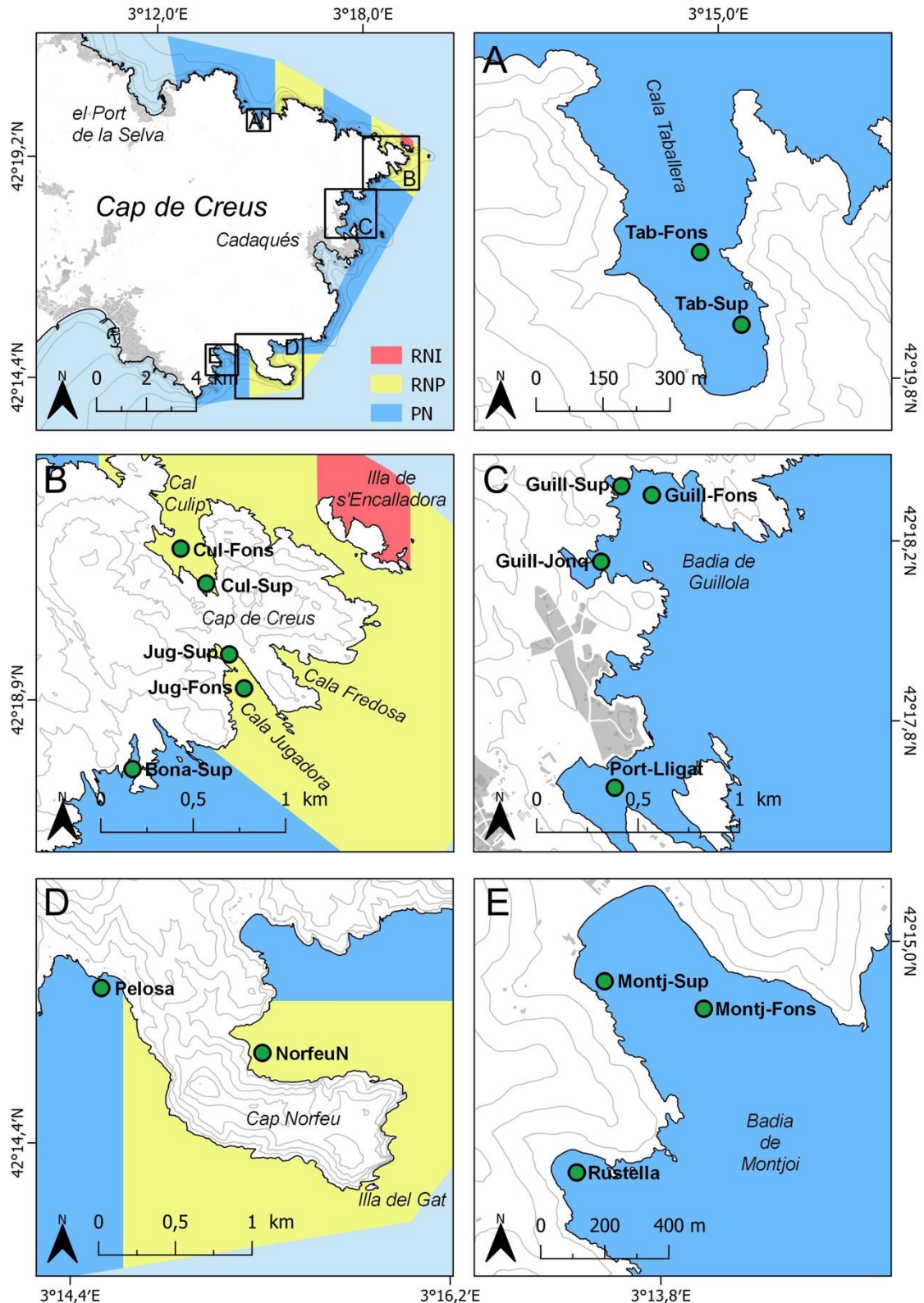


Figura 1. Localització de les subestacions (punts verds) del seguiment de posidònia i nacres al Parc Natural de Cap de Creus. Els colors del mapa indiquen els diferents graus de protecció. **PN:** zona de Parc Natural (blau), **RNP:** zona de Reserva Natural Parcial (groc-verd pàl·lid) i **RNI:** zona de Reserva Natural Integral (vermellós).

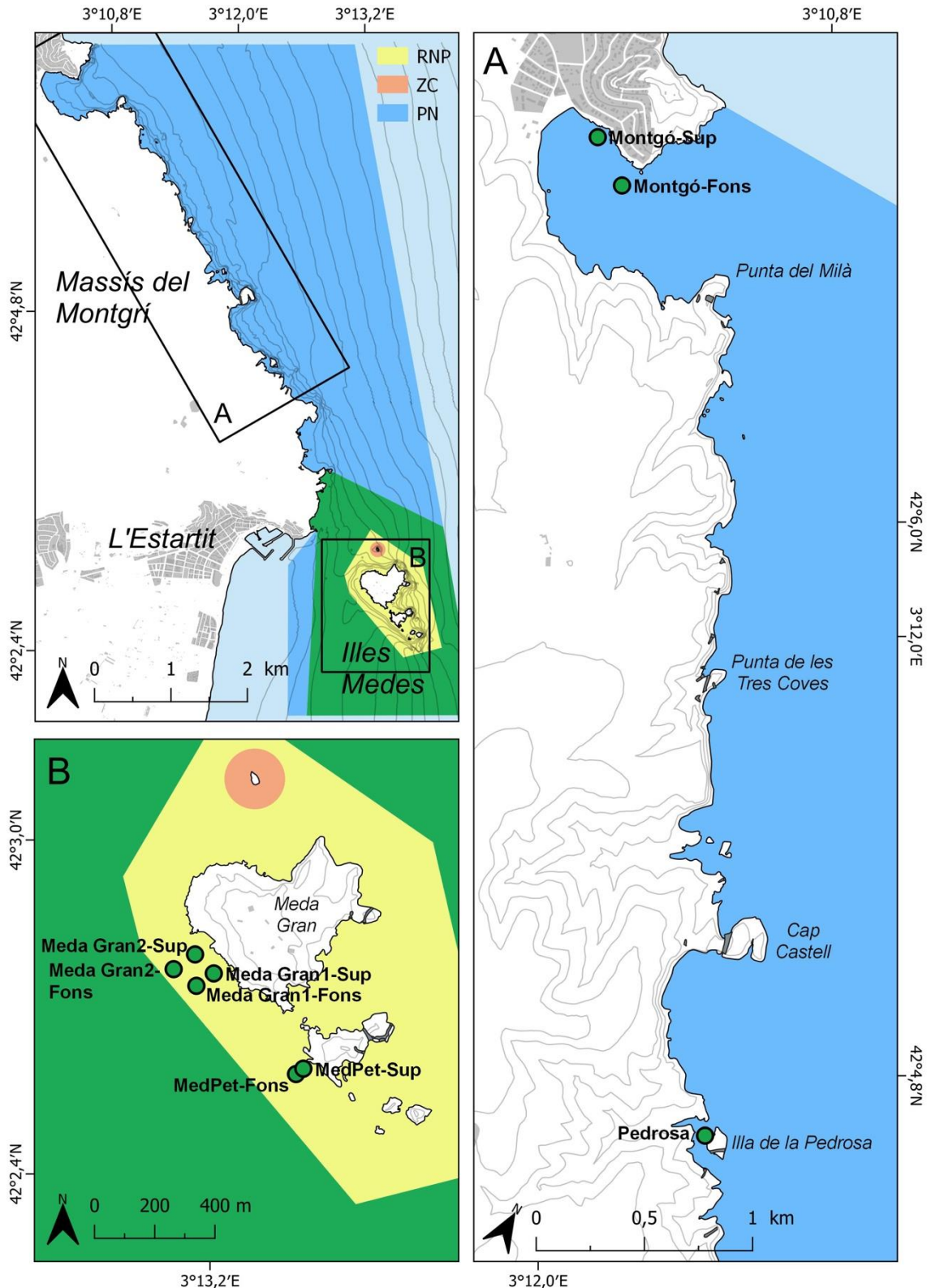


Figura 2. Localització de les subestacions (punts verds) del seguiment de posidònia i nacres al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Els colors del mapa indiquen els diferents graus de protecció. **PN:** zona de Parc Natural (blau), **RNP:** zona de Reserva Natural Parcial (groc-verd pàl·lid) i **ZPP:** zona Perifèrica de Protecció (verd).

Descripció de campanyes tipus

Es descriuen a continuació dos dies de campanya, un corresponent a l'aproximació qualitativa i un altre a la quantitativa. La descripció correspon a una situació ideal, és a dir, en la qual no es presenten dificultats o imprevistos, com podrien ser mala mar, corrent fort, dificultat en localitzar el límit, poca visibilitat o altres contingències que alenteixen el ritme de treball. Evidentment, la varietat de morfologies de les cales i dels seus herbeis solen provocar modificacions sobre el model bàsic descrit aquí.

Dia de campanya per les observacions qualitatives

L'equip el formen quatre bussejadors, A, B, C, D i un barquer. En primer lloc, i vista la previsió meteorològica i l'estat de la mar, es decideixen els objectius de la jornada. Un cop decidits, es carrega la barca amb els equips, el material de mostreig i 8 ampolles d'aire de 15 litres més una de seguretat de 10 litres, i es navega fins a l'estació. Recordem que, per raons logístiques d'optimització, el seguiment de les fites al límit profund, que tractem com a mesura quantitativa, es va fer simultàniament a les observacions qualitatives *stricto sensu*, i per tant s'inclou aquí.

Arribats a l'estació, i mitjançant la sonda manual i el GPS, se situa la barca el més a prop possible del punt georeferenciat on es troben les fites i es tira l'àncora procurant que caigui per fora del límit (si no, els submarinistes la traslladen a mà; a les illes Medes s'amarra l'embarcació a la boia més propera possible al límit). Baixen A i B seguint el cap de l'àncora, i la situen fora de l'herbei o en una clapa sense vegetació, si és necessari, i a partir de l'àncora neden un màxim de 50 metres cap a mar obert (si l'àncora està situada a l'herbei) o cap a terra (si l'àncora està situada a fora de l'herbei), tot desplegant una cinta mètrica per facilitar el retorn al punt d'origen. Un cop trobat el límit, es busquen les fites i es comprova el seu estat. Cal dir que la precisa georeferenciació dels punts on estan les fites en anys anteriors ha permès, enguany, escurçar notablement aquest pas amb un 100% d'encerts (àncora a menys de 10 metres de les fites) al primer intent. A i B prenen les dades indicades a l'apartat de metodologia i fan, a més, un recorregut pel límit per tal d'observar les seves característiques i fer-ne fotos o vídeos. Un cop acabada la feina, pugen a superfície amb una parada de seguretat allargada. Temps al fons: uns 30-40 minuts.

A continuació C i D marquen des de superfície el rumb a seguir i baixen amb un escúter cadascú. D'aquesta manera fan un recorregut des del límit profund fins a la superfície, en alguns casos amb una boia que permeti situar-los des de l'embarcació. C i D van filmant el recorregut i anotant les observacions pertinents, fins que troben el límit superficial de la praderia. La barca els segueix gràcies a la boia (o a les bombolles, si fa bon temps), i es van prenent posicions amb el GPS per conèixer per on s'ha passat exactament. Al final del recorregut C i D pugen a superfície, amb parada de seguretat. Temps al fons: uns 30 minuts.

Un cop fet aquest recorregut, que normalment segueix l'eix longitudinal de la cala, la barca se situa a prop del límit som, i la zona s'inspecciona nedant o amb petites apnees, en parelles de bussejadors (A, B i C, D) mentre el barquer actua com a suport i ajuda a georeferenciar punts destacables.

Durant totes les observacions, s'està especialment atent a la possible presència de nacres vives.

Habitualment, es poden fer dues estacions en un dia, fent un descans i avituallament a bord després d'aquesta feina i repetint-la en una altra estació a la tarda.

Un cop tot enllestit, es navega fins a port, es descarreguen els equips i altre material i es porta tot fins a la base. Es netegen els equips, es porten les ampolles a carregar i es passen a net totes les dades i observacions de la jornada; s'arxiva i documenta el material fotogràfic i videogràfic.

Dia de campanya per la presa de dades quantitativa

La descripció que fem correspondria a un dia de campanya fet en una estació on tenim tant subestació profunda com superficial. L'equip el formen quatre bussejadors, A, B, C, D i un barquer. Com abans, primer es decideixen els objectius de la jornada, es carrega la barca amb els equips, el material de mostreig i 8 ampolles d'aire de 15 litres més una de seguretat de 10 litres, i es navega fins a l'estació.

Arribats a l'estació, i mitjançant la sonda manual i el GPS, se situa la barca sobre la subestació profunda i s'hi tira l'àncora, excepte a les illes Medes (o altres zones amb fondeig regulat), on s'amarra a una boia. Hi baixen A i B formant una parella i C i D formant-ne una altra, i en primer lloc col·loquen l'àncora en un lloc que no malmeti cap planta (clarianes, clapes sense vegetació...). A continuació es fan les mesures, totes elles en una superfície de 500 m² al voltant de l'àncora. Els dos equips fan mesures de densitat (i paràmetres associats) i cobertura fins a enllestir la feina, i després fan un recorregut en un radi de 25 metres al voltant de la subestació per tal d'observar-ne les característiques generals i prendre'n imatges. Després pugen a superfície allargant les parades de descompressió o fent una parada de seguretat si no és el cas. Temps al fons: entre 60 i 90 minuts.

Després d'un temps de descans, se situa l'embarcació sobre una fondària de 5 metres per fer la subestació superficial. Es canvien les parelles (o en algun cas el barquer substitueix a algun dels bussejadors), i es prenen dades de densitat i cobertura com abans. Es procura que no hi hagi parelles fixes i que tots els bussejadors participin en les mesures de totes les variables, el qual evita possibles biaixos. Un cop enllestides aquestes tasques, ambdós equips pugen a superfície. Temps al fons: uns 90 minuts. L'objectiu és fer dues subestacions per dia, encara que si les condicions són bones, es pot arribar a fer-ne tres. Durant tot el mostreig, s'està, igual que abans, especialment atent a la possible presència de nacres vives.

Un cop tot enllestit, es navega fins a port, es descarreguen els equips i altre material i es porta tot fins a la base. Es netegen els equips, es porten les ampolles a carregar i es passen a net totes les dades i observacions de la jornada; s'arxiva i documenta el material fotogràfic i videogràfic.

Per a la realització de tot el mostreig és necessari, per una banda, material de navegació i submarinisme i per l'altra, material pel recompte i observació de les variables (taula 2).

Taula 2. Relació de material necessari per realitzar el mostreig del seguiment de praderies de posidònia.

- Embarcació pneumàtica	- Bossa de reixa per portar el material
- 4 equips complets d'immersió autònoma	- Cintes mètriques (de 10 i 50 m) i piquetes de ferro per fixar-les
- 8 ampolles (15 l)	- Quadrats de PVC de 40x40 cm subdividits en 20x20 cm
- 1 ampolla d'aire de reserva (10 l)	- Pissarres subaquàtiques amb llapis i regle
- GPS	- Barres metàl·liques, brides i martell
- Sonda manual	- 4 cintes mètriques d'un metre
- Boia de superfície i globus de descompressió	- 2 escúters (propulsors submarins)
- Càmera fotogràfica i de vídeo	

Campanyes 2022

Per poder desenvolupar les tasques de seguiment, el nostre equip ha realitzat 30 immersions a les estacions de cap de Creus, i 14 immersions a les estacions del Montgrí i les illes Medes, totes elles en grups de 2 a 4 persones, el que representa 142 immersions individuals. Addicionalment, es van realitzar un total de 27 recorreguts superficials (amb un total de 34 recorreguts individuals), tot l'anterior fet en 17 dies de campanya.

Taula 3. Relació de les estacions i esforç de mostreig realitzat. La columna “fondàries” es refereix als punts visitats a cada estació (sup.: zona superficial; fons: zona profunda; fites: límit profund); a més, a totes elles es van fer els recorreguts d’observació indicats. Les immersions de la part qualitativa són de 2 o 3 persones, els recorreguts de 2 a 4 persones i les immersions de la part quantitativa de 4 persones. Entre parèntesis s’indica el nombre d’immersions totals. El nombre de dies de mostreig fa referència al nombre de dies totals invertits en l’estudi de l’estació. L’apartat qualitatiu inclou també el control de les fites.

	Estació	Codi	Fondàries	Nombre immersions (qualitatiu)	Nombre recorreguts superficials	Nombre immersions (quantitatiu)	Dies de mostreig
CAP DE CREUS	Taballera	CCPOSI-1	sup., fons, fites	2 (4)	3 (3)	2 (8)	2
	Culip	CCPOSI-2	sup., fons, fites	2 (4)	3 (3)	2 (8)	2
	Jugadora	CCPOSI-3	sup., fons, fites	2 (4)	2 (2)	2 (8)	2
	Guillola	CCPOSI-4	sup., fons, fites	3 (6)	4 (4)	3 (12)	4
	Portlligat	CCPOSI-5	sup.	1 (2)	1 (2)	1 (4)	0,5
	Norfeu N	CCPOSI-6	fons	1 (2)	0	1 (4)	1
	Pelosa	CCPOSI-7	sup.	1 (2)	1 (1)	1 (4)	1
	Montjoi	CCPOSI-8	sup., fons, fites	2 (4)	2 (2)	2 (8)	2
	Rustella	CCPOSI-9	sup.	1 (2)	2 (2)	1 (4)	0,5
	TOTAL				15 (30)	18 (19)	15 (60)
	Estació	Codi	Fondàries	Nombre immersions (qualitatiu)	Nombre recorreguts superficials	Nombre immersions (quantitatiu)	Dies de mostreig
MEDES-MONTGRÍ	Montgó	MMPOSI-5	sup., fons, fites	2 (4)	3 (3)	2 (8)	1,5
	Pedrosa	MMPOSI-4	sup.	1 (2)	0	1 (4)	1
	Meda Gran2	MMPOSI-3	sup., fons, fites	2 (4)	2 (4)	2 (8)	1
	Meda Gran1	MMPOSI-2	sup., fons, fites	2 (4)	2 (4)	2 (8)	1,5
	Meda Petita	MMPOSI-1	sup., fons, fites	1 (2)	2 (4)	2 (8)	1
	TOTAL				8 (16)	9 (15)	6 (36)

Anàlisi de dades

La variabilitat en les dades dels principals descriptors mesurats ha estat avaluada mitjançant tècniques d’anàlisi de la variància. Per tal de no dur a terme anàlisis sobre resultats obvis i que només servirien per fer feixuga la memòria, hem reduït l’aplicació de les tècniques estadístiques; tanmateix, i per aquest motiu, les referències estadístiques a l’apartat de resultats s’han mantingut en un mínim estricte, i les taules de les anàlisis s’inclouen al final com annexes.

Les anàlisis fetes han estat les següents:

- i. Per les variables densitat, cobertura i enterrament s’ha avaluat la significació estadística de les diferències entre subestacions d’un mateix àmbit geogràfic (cap de Creus o Montgrí-

- Medes) considerant independentment les dues fondàries (superfície o fons, és a dir, 5 o 15 metres o fondària assimilable). S'ha utilitzat l'anàlisi de la variància d'un factor (subestació), i aplicant, en cas de resultar significatiu, el test *post-hoc* de Tukey per esbrinar entre quines subestacions apareixien les diferències.
- ii. S'han avaluat les possibles tendències temporals globals de la densitat, cobertura i enterrament, per cada zona (cap de Creus i Montgrí-Medes) i fondària (5 o 15 metres). S'han utilitzat models lineals considerant l'any com a variable contínua (2014 a 2022) i l'estació com aleatòria. S'ha comparat el model simple (només any) amb el model estès (any i estació), escollint el simple sempre que l'estès no millorés significativament l'ajust segons el AIC (Aikake's Information Criterion); amb el model escollit s'han fet els contrastos d'hipòtesis pel factor any.
 - iii. S'ha avaluat la significació estadística de les possibles tendències temporals en els valors de densitat, cobertura i enterrament per cada subestació (de manera independent), entre els anys 2014 i 2022. Això s'ha realitzat mitjançant una anàlisi de la variància amb, com a variable independent contínua l'any (2014 a 2022).

Per totes les variables, s'ha testat la seva normalitat i homoscedasticitat mitjançant inspecció visual dels residus (representacions dels residus amb els valors ajustats i complets). El llindar de significació de tots els tests estadístics s'ha establert a $p=0,05$. Les dades que no complien amb la hipòtesi de normalitat han estat transformades o bé amb l'arrel quadrada o bé amb el logaritme. Tots els càlculs estadístics han estat fets amb el programari lliure "R" (R Core Team, 2022), paquets lmer i aov, i la llibreria lme4 (Bates *et al.* 2014).

Resultats

Els resultats es presenten separatament per cada un dels espais naturals estudiats (Cap de Creus i Montgrí-Medes). Per cada àmbit geogràfic, l'exposició de resultats s'estructura en un apartat de resultats qualitius i un altre de quantitius.

PARC NATURAL DE CAP DE CREUS

Avaluació qualitativa de les estacions

A continuació es mostren els resultats de l'anàlisi qualitativa, ordenant les estacions del nord cap al sud. Com ja s'ha dit, per cada estació hi ha quatre elements: una fitxa-resum general de la praderia, una descripció narrativa, una altra fitxa-resum per la seva diagnosi i un mapa de cada estació amb els recorreguts fets. A les fitxes, es ressalta en negreta tot allò que enguany difereix d'allò que es va trobar el 2020. Igualment, i per tal de fer l'informe menys feixuc, la descripció narrativa s'ha abreujat molt respecte del que es va escriure el 2018, i només s'expliquen els canvis

produïts des de llavors (si n'hi ha). S'ha de tenir present que aquestes novetats tant poden representar canvis com aspectes que van passar desapercebuts en el seu moment. Per tal de fer més entenedores les explicacions, presentem en primer lloc les dues fitxes-tipus (la general i la de diagnosi), on s'indiquen les opcions que poden assignar-se per cada descriptor i estació.

Descripció: nom de la cala				
	Límit superior	Zona central	Límit profund	S'aplica a la zona central ¹ ?
Profunditat (m)	En metres	Interval, en metres	En metres	SI
Morfologia	Rectilini, ondulat, retallat, a taques, amb esglabó ²			NO
Relleu	Acusat (>1 m), moderat (0,5-1 m), escàs (0,25 a 0,5 m), absent (<0,25 m)			SI
Altres espècies³	<i>Zostera noltii</i> o <i>Cymodocea nodosa</i>			NO
Tipologia	Progressiu (presència de <i>runners</i> , rizomes horitzontals que s'estenen a partir de la praderia), estable, regressiu (en funció de la presència de mata més enllà del límit)			NO
Clarianes (abundància)	Abundants, poc abundants, escasses, absents			SI
Clarianes (mida)	Grans (més de 5 m ²), mitjanes (entre 1 i 5 m ²), petites (menys d'1 m ²)			SI
Clarianes (substrat)	Mata, roca, sorra			SI
Anomalies densitat⁴	Sí/No			SI
Anomalies cobertura⁴	Sí/No			SI
Feixos arrencats	Abundants, escassos, no			SI
Macroalgues	En la praderia o fora, recobriment, espècies ⁵			SI
Deixalles	Abundància (molt abundants, poc abundants, escasses, no) i tipus (plàstics, envasos, restes orgàniques, etc.)			SI
Fondejos	Presència i tipus (ecològics, mort amb cadenes o sense, altres)			SI
Observacions	Qualsevol observació addicional d'interès			SI

¹Algunes observacions no s'apliquen a la zona central; les caselles corresponents apareixen ombrejades a les taules.

²Segons Boudouresque i Meinesz (1982) i Pergent *et al.* (1995).

³No s'aplica a la zona profunda; la casella corresponent apareix ombrejada a la taula.

⁴Densitats o cobertures visualment i apreciablement inferiors a les que correspondria per la seva fondària.

⁵Només en quantitats anormals o espècies exòtiques.

Diagnosi: nom de la cala		
Estat	Excel·lent/bo/acceptable/pobre/dolent ^{1,2}	
Síntomes de degradació	Nivell de preocupació	Observacions
Llistat d'aspectes preocupants (mata, clarianes, morts, regressió...)	Lleu, moderat, alt, molt alt ¹	Justificació i aclariments

¹Criteri expert.

²Malgrat que es fa servir un criteri expert (apreciacions consensuades entre els membres de l'equip), en general l'estat no pot ser "excel·lent" si hi ha algun aspecte preocupant de nivell "alt" o "moderat", ni pot ser "bo" si hi ha algun aspecte preocupant de nivell "alt" o dos o més de nivell "moderat".

Cala Taballera

Descripció: CALA TABALLERA			
	Límit superior	Zona central***	Límit profund****
Profunditat (m)	5	5-11,5	17-18
Morfologia	Retallat i a taques		Retallat
Relleu	Moderat	Escàs	No
Altres espècies	No		
Tipologia	Estable/ regressiu*		Estable/progressiu/regressiu*****
Clarianes (abundància)	Escasses	Poc abundants	Escasses
Clarianes (mida)	Petites	Petites/mitjanes	Mitjanes
Clarianes (substrat)	Mata/sorra	Mata	Mata
Anomalies densitat	No	No	No
Anomalies cobertura	No	No	No
Feixos arrencats	Abundants	No	No
Macroalgues	No	No	No
Deixalles	Abundants**	Escasses	No
Fondejos	No	No	No
Observacions	Alguns intermata	canals	

*cantó E: estable; cantó W: regressiu.

**de tota mena.

***es refereix a la praderia situada a la zona central de la cala (vegeu text).

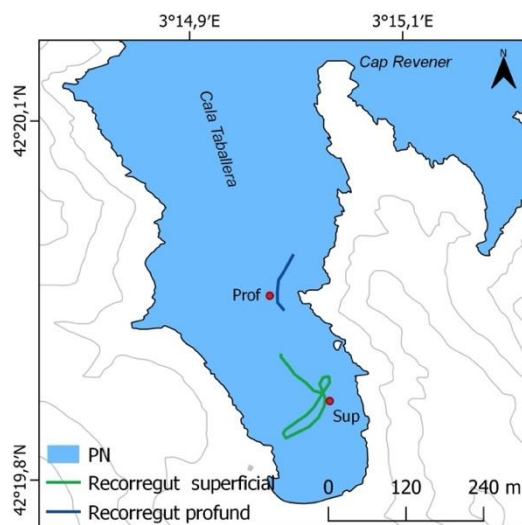
****correspon al límit profund de la part lateral de la cala, cantó E.

*****segons la zona, el regressiu és el menys freqüent.

Els canvis observats respecte de les campanyes del 2020 són lleus i probablement no significatius.

Pel que fa a la praderia que ocupa la part central de la cala, entre els 5 i els 8-11,5 metres, és destacable l'elevat nombre de feixos arrencats més enllà del límit, on la mata s'estén uns 3 m lineals aproximadament, com en anys anteriors.

No hi ha res destacable pel que fa a la zona fonda del costat de llevant de la cala, que va ser la visitada.



Diagnosi cala Taballera	
Estat	Bo
Síntomes de degradació	Nivell de preocupació Observacions
Algun límit regressiu	Lleu
Feixos arrancats	Lleu
Deixalles	Moderat

Cala Culip

Descripció: CULIP			
	Límit superior	Zona central	Límit profund
Profunditat (m)	2-5	3,5-23	23
Morfologia	Rectilini/a taques		Retallat
Relleu	Alguns esglaons	Escàs***	No
Altres espècies	No		
Tipologia	Estable (rarament regressiu)		Regressiu
Clarianes (abundància)	Escasses	Abundants entre 20 i 17 m, escasses de 17 a 12, absents a menys de 10 m. Clariana gran (5 m ²) de sorra i una mica de mata als 17 m	Abundants
Clarianes (mida)	Petites*	Grans a prop del límit profund, progressivament menors fins els 10 m	Mitjanes
Clarianes (substrat)	Mata/roca	Mata (sorra als canals intermata)	Mata
Anomalies densitat	No	No	No
Anomalies cobertura	No	No	Baixa cobertura
Feixos arrencats	Escassos	Abundants****	No
Macroalgues	No	No	No
Deixalles	Escasses	Abundants	No
Fondejos	Diversos morts**	Escassos*****	No
Observacions	Límit superior molt heterogeni, depenent de la zona	Gran amplitud batimètrica amb marcada heterogeneïtat	La praderia acaba en fons de cascall i rodòlits

*llevat d'una gran zona de mata morta a prop de l'embarcador i una altra a la zona de s'Arenella, probablement antigues.

**dos grans morts de ciment i altres més petits a la zona propera a la barraca.

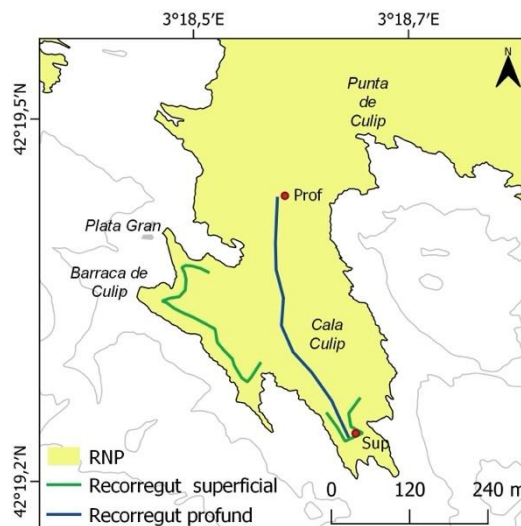
***només canals intermates a uns 12 m, a prop d'afloraments rocosos; relleu absent a la resta.

****acumulats en una gran clariana amb fullaraca i altres algues (*Codium bursa*)

*****es va observar només un bloc cilíndric (dels nombrosos observats al 2018) sense cap ni cadena a uns 12 m.

La praderia de cala Culip és una de les més extenses i heterogènies de la zona, fet pel qual les observacions qualitatives són relativament menys fiables com a representació de la seva totalitat.

Anotem, com a principals diferències respecte del 2020, l'acumulació de gran quantitat de feixos arrancats, fullaraca en la gran clariana de sorra observada l'any 2020, a uns 17 metres de fondària. Enguany, s'han tornat a detectar xucles al llarg del recorregut profund; aquests peixos poden causar alteracions a l'herbei en construir les seves zones de posta.



Diagnosi cala Culip

Estat	Moderat	
Síntomes de degradació	Nivell de preocupació	Observacions
Gran zona de mata morta vora l'embarcador i a s'Arenella	Moderat	
Algunes deixalles	Lleu	
Clarianes a la part central	Lleu	
Feixos arrancats	Lleu	
Morts de ciment abundants a la part central i algun prop de la platja	Lleu	Els centrals no varen ser observats ni el 2020 ni el 2022
Límit profund regressiu i amb grans clarianes amb mata	Alt	El límit profund ha patit una clara regressió, aparentment entre 2001 i 2014. Actualment continua estabilitzat

Cala Jugadora

Descripció: CALA JUGADORA			
	Límit superior	Zona central	Límit profund
Profunditat (m)	2	11-21	19-22
Morfologia	Molt complex*		Rectilini
Relleu	Acusat	No	Esglaó de mata parcial 1 m
Altres espècies	<i>Zostera noltii</i>		
Tipologia	No atribuïble*		Regressiu
Clarianes (abundància)	Escasses	Escasses per sota dels 16 m	Escasses
Clarianes (mida)	Petites**	Petites; una de mitjana cap als 12-13 metres	Mitjanes i petites
Clarianes (substrat)	Mata/sorra	Mata	Mata
Anomalies densitat	No	No	No
Anomalies cobertura	No	No	No
Feixos arrencats	No	Escassos	No
Macroalgues	Algues filamentosos damunt <i>Zostera noltii</i>	No	No
Deixalles	No	No	No
Fondejos	Morts d'abaliment de la zona de bany i algun altre	Un***	No
Observacions	Restes d'antigues estructures d'esculls de posidònia		

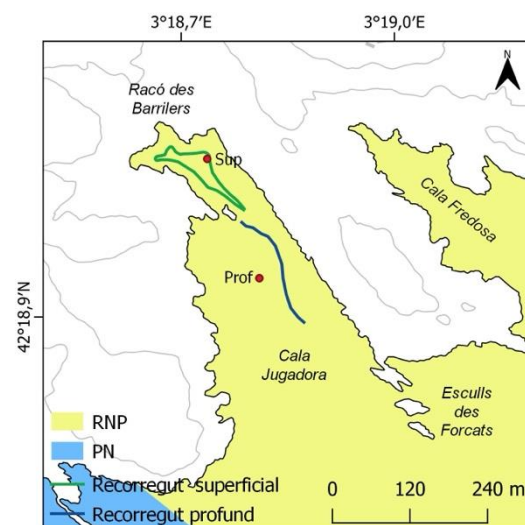
*la part interior de la cala és un mosaic complex de roca, mata, praderia i taques de posidònia i roca.

**llevat de la mata morta de les estructures de possibles esculls relictos i una gran taca de sorra central.

***un petit mort de ciment.

La part interior de cala Jugadora (limitada per un illot) està ocupada per una praderia de posidònia heterogènia que s'estén entre els 2 i els 6-7 metres de fondària, amb diverses taques denses de *Zostera noltii*. A la part exterior s'hi troba una praderia de posidònia més regular, que s'estén des d'uns 8 metres fins més enllà dels 20.

Enguany, en la part interior, hem tornat a observar la presència de grans acumulacions d'algues filamentosos sobre la praderia de *Zostera noltii* (de la zona que queda protegida per l'escull barrera o *récif-barrière* de posidònia relict). Aquestes acumulacions ja es van observar el 2018 però no el 2020.



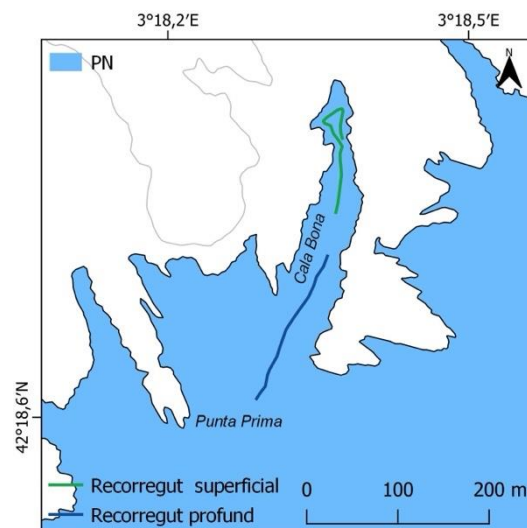
Diagnosi cala Jugadora		
Estat	Bo	
Síntomes de degradació	Nivell de preocupació	Observacions
Grans zones de mata morta a la part interna	Lleu	Corresponents a estructures de mata tipus escull relictas, probablement de gran antiguitat
Algues filamentosas	Lleu	Fora de praderia de posidònia però sobre la de <i>Zostera noltii</i>
Límit profund regressiu	Moderat	Regressió probablement antiga
Morts de ciment a la part interna	Lleu	Petit mort de ciment a la part interior, d'abalisament de la zona de bany

Cala Bona

Aquesta cala no forma part de les estacions de seguiment, però es visita regularment per certificar la presència de fanerògames marines altres que *Posidonia oceanica* i fer-ne una valoració qualitativa. Enguany, s'hi van fer dos recorreguts, un entre la superfície i els 3 m de fondària, a la seva part més interior, i l'altre cap a l'exterior de la cala.

A la part més interior, separada de la resta per una elevació del fons creada per la mateixa praderia de posidònia, hi trobem un mosaic de taques de mata morta, de petits rodals de posidònia i una bona representació d'altres espècies, concretament *Cymodocea nodosa* i *Zostera noltii*. No s'observen canvis rellevants en aquesta zona.

Pel que fa al recorregut cap al límit profund, s'observen algunes clapes grans de sorra amb restes de conquilles enmig d'una praderia contínua que acaba als 15,8 metres de profunditat amb un límit net.



Badia de Guillola

La badia de Guillola és una de les cales més grans de cap de Creus, amb la boca orientada a xaloc. La seva estructura és complexa, amb una línia de costa retallada que conté nombrosos entrants, racons i diverticles, i un nombre elevat de platges i platgetes de còdols. La podem considerar dividida en dues grans subunitats, una d'elles, més gran, cap a llevant (més exactament cap al NE), que inclou la platja de Guillola, la platja de Sant Lluís i la platja d'en Noues i l'altra, més petita, cap a ponent (més exactament cap al SW), amb es Jonquet, el racó d'en Paquela i les

platges d'en Ballesta i Talladofins. Per abastar aquesta heterogeneïtat, aquestes dues parts varen ser explorades separatament, prenent com a límit una línia imaginària que aniria des de l'illot d'es Jonquet, en direcció aproximadament NW, fins a la punta d'en Paquela, amb un recorregut superficial i un de profund a cada una d'elles.

Guillola E

Descripció: GUILLOLA E			
	Límit superior*	Zona central	Límit profund
Profunditat (m)	3-5 (0,5)	10-20	20-22
Morfologia	Variada**		Retallat/a taques
Relleu	De moderat a acusat en alguns trams***	Esglaons de mata a 10 i 12 m	No
Altres espècies	No		
Tipologia	Variada**		Regressiu
Clarianes (abundància)	Escasses	Abundants entre 12 i 17 m; escasses a la resta	Abundants
Clarianes (mida)	Grans	Mitjanes i grans entre 10 i 17 m; petites a la resta	Mitjanes
Clarianes (substrat)	Mata/sorra	Mata entre 12 i 17 m, sorra a profunditats més grans	Mata/cascall
Anomalies densitat	No	No	No
Anomalies cobertura	No	Cobertures baixes entre 12 i 17 m	Cobertures baixes a prop del límit****
Feixos arrencats	No	Escassos/abundants	No
Macroalgues	No	No	No
Deixalles	No	Abundants	No
Fondejos	No	Si*****	No
Observacions	Zona molt heterogènia amb diverses fàcies		La praderia acaba en un fons de cascall. La mata morta s'estén fins a 22-23 metres

*de la platja de Sant Lluís a passat la platja de Guillola.

**coexisteixen diversos tipus de límit, alguns de nets i rectilinis, d'altres a taques i en alguns casos taques alternant amb mata morta (platja de Guillola).

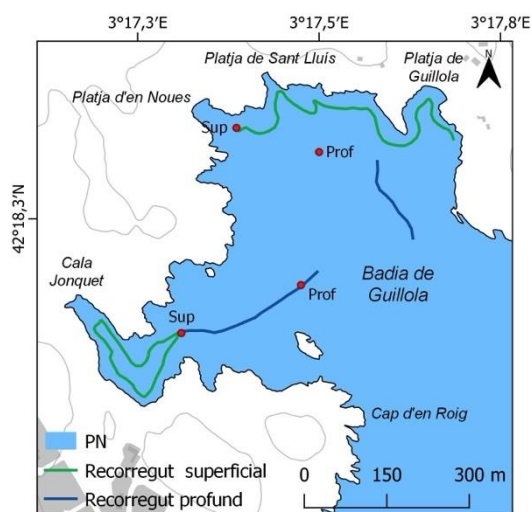
***relleu acusat prop de la platja d'en Noues.

****la part de la praderia més propera al límit és, de fet, un conjunt de taques de planta alternant amb taques de mata i cascall.

***** tres morts amb *boyarines* al costat de llevant de la platja de Guillola i un mort cilíndric amb cadena i sense *boyarí* al centre de la platja.

La part superficial del cantó E de Guillola presenta una fisonomia variada que no sembla haver sofert canvis en l'interval 2020-2022, i que inclou praderia densa, roques, estructures de relleu i algunes clapes grans de mata morta.

Enguany, a la zona central, a més de l'esglaó de mata observat el 2018 i 2020, s'observa un altre petit esglaó (probablement antic) a 10 metres de profunditat donant pas a una taca mitjana de sorra i cascals. No trobem canvis significatius en la zona del límit profund respecte del 2020, que es manté cap als 21 metres de profunditat.



Diagnosi Guillola E

Estat	Moderat	
Símptomes de degradació	Nivell de preocupació	Observacions
Algunes zones de mata morta a la part superficial	Lleu	
Zona amb grans clarianes de mata morta, entre 12 i 15 metres de fondària	Alt	Se'n desconeix l'origen
Límit profund amb grans clarianes i clarament regressiu	Alt	El 1998 a la part més a prop de la platja de Sant Lluís el límit es trobava a 20 m, a 24 a l'altura de la punta d'es Gavià. A manca d'un seguiment més precís, aquesta regressió sembla estabilitzada

Guillola W

Descripció: GUILLOLA W			
	Límit superior*	Zona central	Límit profund
Profunditat (m)	1	7 -21	20-21
Morfologia	Rectilini/ondulat/retallat**		Rectilini
Relleu	Esglaó de mata	Esglaó de mata a 9-10 m	No
Altres espècies	<i>Z. noltii</i> (<i>C. nodosa</i> desapareguda)***		
Tipologia	Estable****		Estable
Clarianes (abundància)	Escasses	Abundants (a 10-14 m)	No
Clarianes (mida)	Grans*****	Grans (a 9-14 m i 14-18 m)	-
Clarianes (substrat)	Mata	Mata (a 9-14 m)/ sorra (14-19 m)	-
Anomalies densitat	No	No	No
Anomalies cobertura	No	Baixes cobertures entre 9 i 14 m	No
Feixos arrencats	No	Escassos	No
Macroalgues	No	No	No
Deixalles	No	No	No
Fondejos	Morts d'abalisament de la zona de bany	No	No
Observacions	Zona molt complexa, amb el límit molt heterogeni		

*aquest conjunt d'observacions es refereixen a cala Jonquet

**coexisteixen diversos tipus de límit, uns nets i poc retallats (cala Jonquet) i d'altres a taques i ondulats.

***diversos rodals de *Z. noltii* entre 6 i 0,2 metres

****més enllà (cap a la superfície) d'aquest límit estable, apareixen alguns rodals de *P. oceanica* que arriben a aigües molt somes, en ocasions amb les fulles que sobresurten de l'aigua, juntament amb algunes taques de mata morta.

*****clariana important a 4-6 m de profunditat.

L'exploració de la zona superficial dona resultats similars a la del 2020, confirmant la complexitat del mosaic, amb taques de mata morta, de posidònia viva, de diversos substrats inorgànics i de *Zostera noltii*, així com una possible estructura tipus escull barrera relicte. La presència de *Zostera noltii* continua sent notable i potser amb tendència a augmentar aquest darrers anys (des del 2018). S'haurà de confirmar en els propers anys de seguiment.

La part central i profunda no presenta canvis destacables respecte el 2020 i la pradera continua presentant símptomes de mal estat, sobretot dels 10 fins als 18 metres de fondària, on apareix un esglaó de mata que dona pas a una zona on s'alternen taques de posidònia i clapes de mata morta i continua amb la gran clariana de sorra (14 m) seguida d'una zona de mata morta amb algunes taques de posidònia.

Diagnosi Guillola W		
Estat	Moderat	
Síntomes de degradació	Nivell de preocupació	Observacions
Grans zones de mata morta a la part superficial	Lleu	Corresponents a construccions de mata, són molt somes
Clariana amb mata a uns 6 m de fondària	Moderat	
Zona amb molta mata morta, empobrida, entre 10 i 14 metres de fondària	Alt	Se'n desconeix l'origen, aquesta zona ja estava alterada el 1998
Gran clapa de sorra a uns 14 metres de fondària	Lleu	Ja existia el 1998, probablement és una estructura natural força antiga
Morts de ciment	Lleu	Petits morts de ciment d'abaliment de la zona de bany

Badia de Portlligat

Descripció: PORTLLIGAT			
	Límit superior*	Zona central	Límit profund
Profunditat (m)	2-6 m	7-14	15
Morfologia	Variada**		Rectilini
Relleu	Moderat/acusat	Esglaó de mata a 10 m	Moderat
Altres espècies	No***	No	No
Tipologia	Estable		Regressiu
Clarianes (abundància)	Abundants	Abundants	Escasses
Clarianes (mida)	Grans/mitjanes	Mitjanes/grans	Mitjanes
Clarianes (substrat)	Mata/sorra	Mata/sorra	Mata
Anomalies densitat	No	No	No
Anomalies cobertura	No	No	No
Feixos arrencats	Escassos	Escassos	No
Macroalgues	No	No	No
Deixalles	No	Escasses****	No
Fondejos	Ecològics	Ecològics	No
Observacions	Zona molt heterogènia		La praderia acaba en un esglaó de mata a partir del qual s'estén mata morta

*zona que va des de just en front de la platja de Sant Antoni fins a la punta d'Es Vaillet (vegeu mapa).

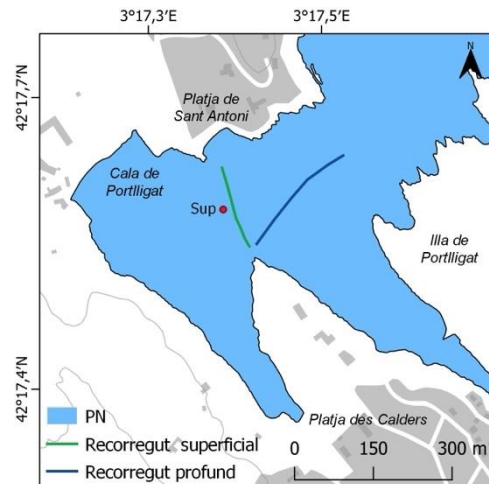
**trobem diferents tipus de límits.

***a la zona explorada no s'ha trobat presència d'altres espècies de fanerògames però a diversos indrets marginals (costa sota el Molí, platja de Calders, platja de Sant Antoni...) trobem *Cymodocea nodosa* i *Zostera noltii*.

****una cadena gran de pocs metres.

A Portlligat trobem la praderia més extensa de totes les del Parc Natural de Cap de Creus, que s'estén entre quasi la superfície i uns 15 metres de fondària. Enguany, a diferència del 2020, s'hi van fer dos recorreguts, un entre la platja de Sant Antoni i la punta d'Es Vaillet, i l'altre des de la punta d'Es Vaillet fins al límit profund.

L'exploració al llarg del primer recorregut es va realitzar amb *snorkel* i, tot i que amb certes limitacions per les embarcacions circulants i la mala visibilitat, cosa que va fer minvar la precisió i representativitat de les observacions. En general, es va observar una gran heterogeneïtat amb molt de relleu, format per esglaons de mata i abundants clarianes amb mata i sorra (més rarament). Els límits superiors visitats arribaven fins al metre i mig aproximadament i es trobaven sobre roca, encara que a la platja de Sant Antoni el límit és encara més superficial, amb les fulles de la planta sortint de l'aigua. Recordem la presència recent d'altres dues espècies d'angiospermes marines (*Cymodocea nodosa* i *Zostera noltii*) diversos indrets marginals (costa sota el Molí, platja de Calders, platja de Sant Antoni...) i, més antigament, (finals dels 90) a les parts centrals.



Pel que fa a la praderia explorada cap al límit profund, també es va observar molta heterogeneïtat. Trobem zones de praderia contínua (a uns 9 metres de profunditat), on també observem clapes mitjanes de sorra i mata que donen pas a la zona central fins arribar al límit. Destaquem la repetició de l'estructura esglaó-mata i fullaraca acumulada observada en varies profunditats (a 10, 13,5 i 15 metres, límit profund) i amb varies alçades d'esglaó (1 i 0,5 metres). El límit profund es troba a 15 metres i és clarament regressiu.

Diagnosi Portlligat		
Estat	Moderat	
Síntomes de degradació	Nivell de preocupació	Observacions
Grans zones de mata morta a tota la seva superfície	Moderat	Cal recordar els impactes que van causar sobre la praderia el camps de boies no controlat abans de la regulació
Extensions de mata morta en la seva perifèria	Moderat	
Deixalles	Escasses	
Sediment de color fosc (anòxia)	Lleu	Molt probablement d'origen natural
Fondejos ecològics	Lleu	Els fondejos són en l'actualitat ecològics

Norfeu Nord

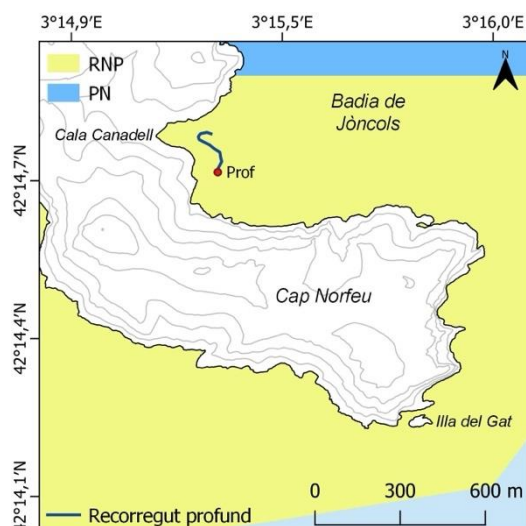
Descripció: NORFEU N (CALA CANADELL)*			
	Límit superior	Zona central*	Límit profund
Profunditat (m)	No visitat	7-13 m	No visitat
Morfologia	-		-
Relleu	-	Escàs/Moderat	-
Altres espècies	-		-
Tipologia	-		-
Clarianes (abundància)	-	Abundants**	-
Clarianes (mida)	-	Mitjanes	-
Clarianes (substrat)	-	Sorra/cascal	-
Anomalies densitat	-	No	-
Anomalies cobertura	-	No	-
Feixos arrencats	-	No	-
Macroalgues	-	No	-
Deixalles	-	Poc abundants***	-
Fondejos	-	Morts de les boies de bany	-
Observacions	-		-

*el recorregut central és diferent que el d'anys anteriors, és per això que la descripció d'aquesta zona central varia respecte dels altres anys.

**les clarianes corresponen a les zones no vegetades de roca, més que no pas a fenòmens de degradació o erosió.

***algun plàstic i una àncora amb la seva cadena (4 m aproximadament) i un tros de cap.

La praderia que anomenem "Norfeu Nord" se situa en una zona entre cala Canadell, la costa del Tabal i la punta del Lloar. Aquest any, i per tal conèixer més a fons la zona central de la praderia (poc explorada fins el moment en les campanyes de seguiment), es va fer un recorregut en direcció a la platja del Canadell, en comptes de cap al límit profund (com es van fer els anys anteriors). Això ens ha permès observar la heterogeneïtat de la praderia, que es troba en forma d'un mosaic complex amb clapes mitjanes i petites de cascall, blocs de pedra petits i mitjans i alguns petits esglaons. Cal destacar que, almenys una de les boies de bany (agafada a un gran mort quadrat) es trobava enmig de la praderia i presentava ben bé 2 m de cadena que s'arrossegava pel voltant, doblegant i, probablement, trencant alguns feixos.



Diagnosi Norfeu Nord		
Estat	Bo/molt bo	
Síntomes de degradació	Nivell de preocupació	Observacions
Praderia a taques grans i disperses	Nul	Aquesta estructura és totalment natural
Fondejos	Lleu	Un mort de les boies de bany sobre la praderia amb la cadena arrossegant-se per damunt

Platja de la Pelosa

Descripció: PELOSA			
	Límit superior	Zona central	Límit profund
Profunditat (m)	1,5-5	5-22	22
Morfologia	Taques/retallat		Retallat i net
Relleu	Acusat	Acusat a la part més soma, absent o lleu a la resta	No
Altres espècies	No		
Tipologia	Estable		Regressiu
Clarianes (abundància)	Abundants*	Abundants**	Escasses
Clarianes (mida)	Mitjanes	Petita**	Petites
Clarianes (substrat)	Sorra	Mata	Mata
Anomalies densitat	No	No	No
Anomalies cobertura	No	Sí **	No
Feixos arrencats	No	No	No
Macroalgues	No	<i>Caulerpa cylindracea</i>	<i>Caulerpa cylindracea</i>
Deixalles	Escasses	Escasses	No
Fondejos	Nombrosos (mort i cadena; s'han incorporat <i>boyarines</i> ¹)	Nombrosos (mort i cadena; s'han incorporat <i>boyarines</i>) ^{***}	No
Observacions	El límit superior s'apropa a la platja en els seus extrems E i W, i se'n allunya a la part central		-

*les clarianes corresponen a l'estructura a taques, i són gairebé totes de sorra. També hi trobem canals intermata.

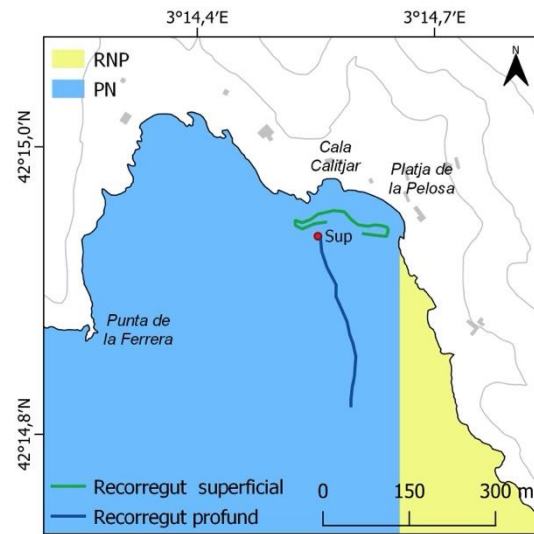
**a partir dels 6 m (zona central) o 8 m (zona E) la cobertura va disminuint i, passada una petita zona de transició, la praderia desapareix, deixant pas a una gran extensió de mata morta, que s'estén fins els 16 m, on torna a aparèixer la praderia; aquesta gran clariana va ser causada per l'explosió d'una mina. Les observacions de la zona central corresponen a la franja més superficial, abans d'entrar a la gran clariana.

***a més dels funcionals, gran mort al mig d'una clariana.

¹*Boyarín*, en castellà, fa referència a una petita boia o flotador que fan servir les arts de pesca o es col·loca a l'orinc de l'àncora; també s'utilitza per tal que les gasses d'un fondeig no s'enfonsin o perquè la cadena d'un mort no s'arrossegui pel fons. No hem trobat paraula equivalent en català.

L'exploració de la zona superficial, ha permès comprovar que no ha patit grans canvis respecte del 2020. Aquesta zona és complexa, irregular i amb molt de relleu, i fins i tot en algunes zones (sobretot cap el costat de llevant) s'observen algunes estructures en forma d'"illes" de posidònia i algunes de mata.

La part més profunda tampoc sembla haver patit canvis, i es manté sense recuperació aparent la gran clariana provocada per la detonació d'una mina a la zona el mes d'octubre de 2013. Enguany, per primera vegada, es va detectar la presència de *Caulerpa cylindracea* en dues de les zones explorades. Per una banda, es va observar una taca moderadament densa en la gran clariana de mata, a uns 10-12 m de profunditat i d'uns 8-10 m d'extensió en sentit del màxim pendent. Per altra banda, també es va tornar a observar a uns 19 m, on la praderia està esclarissada i a taques i més enllà del límit inferior (20-22 m) amb una extensió que superava els 200 m² i amb una elevada densitat.



Diagnosi Pelosa		
Estat	Moderat	
Síntomes de degradació	Nivell de preocupació	Observacions
Gran extensió de mata morta, que s'estén des dels 6-8 metres fins als 18 metres	Moderat	La causa és amb gairebé total seguretat la detonació d'una mina. El fenomen sembla estabilitzat, i la recuperació de la zona pot trigar unes quantes dècades, pel cap baix
Deixalles abundants	Moderat	
Morts de ciment	Moderat	Grans morts de ciment amb cadenes, corresponents al camp de boies existent. S'han incorporat <i>boyarines</i>
Afectacions del temporal Glòria	Lleu	En termes quantitius, les afectacions van ser modestes i enguany no s'han vist canvis respecte l'any 2020
Presència de l'alga invasora <i>Caulerpa cylindracea</i>	Lleu	No sembla afectar la praderia en si. Caldrà fer un seguiment

Cala Montjoi

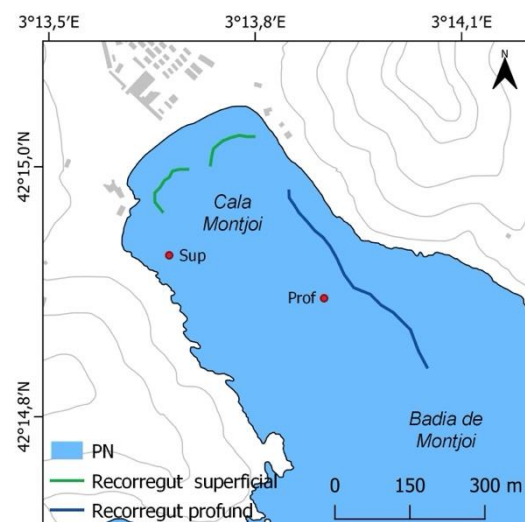
Descripció: CALA MONTJOI			
	Límit superior	Zona central*	Límit profund
Profunditat (m)	1,5-2	5-16	22,5
Morfologia	A taques/esglaó parcial		A taques
Relleu	Acusat	De moderat a acusat entre 5 i 6,5 m; absent a la resta	No
Altres espècies	No		
Tipologia	Estable		Parcialment regressiu
Clarianes (abundància)	Escasses	Poc abundants	Abundants
Clarianes (mida)	Mitjanes	Mitjanes i grans	Petites
Clarianes (substrat)	Mata/sorra	Sediment gruixut	Mata
Anomalies densitat	No	No	No
Anomalies cobertura	No**	No	No
Feixos arrencats	Abundants	Escassos	Escassos
Macroalgues	Sí (sobre mata)	No	<i>Caulerpa cylindracea</i>
Deixalles	Abundants	Escasses	No
Fondejos	Nombrosos (mort i cadena, als quals s'han incorporat <i>boyarines</i> ; alguns ecològics)	Nombrosos (mort i cadena; s'han incorporat <i>boyarines</i> ; alguns ecològics)	No
Observacions	Moltes clarianes a prop del límit, però la cobertura es recupera ràpidament dels 20 metres cap amunt		

*a la zona central de la cala hi ha un ampli canal de retorn sense vegetació.

**observacions d'erosió, d'excavació

Tant la part superficial com la part profunda mantenen les característiques observades el 2020, amb una excepció: l'increment de la densitat i extensió de *Caulerpa cylindracea* al límit inferior de la praderia.

L'exploració de la part superficial confirma l'heterogeneïtat de la zona on trobem força relleu (esglaons de fins a 1,5-2 m de desnivell), i un mosaic de posidònia amb taques de sorra i mata, on en alguns casos, s'acumula la fullaraca morta. Cap a la zona de llevant, observem un mort sense cadena i amb una petita boia lligada a un cap (d'un metre i mig de longitud aproximadament) a uns 4 m de profunditat i entre les taques de posidònia. Pel que fa a les afectacions del temporal Glòria observades el 2020 sembla que no han experimentat grans canvis aquest any.



Pel que fa a la part profunda, destaquem l'increment en la densitat i extensió de *Caulerpa cylindracea* al límit profund (22 m), abastant uns 30 metres seguint el límit (15 m el 2020), i estenent-se cap a fora fins a 50 metres (10 m el 2020).

Diagnosi Montjoi		
Estat	Bo	
Síntomes de degradació	Nivell de preocupació	Observacions
Alguns feixos arrancats	Lleu	
Algunes clarianes amb mata a zones intermèdies i somes	Lleu	
Morts de ciment grans amb cadena i <i>boyarín</i> . Altres morts més petits	Moderat	Corresponen al camp de boies (els grans) i a l'abalisament de zones de bany (els petits)
Límit profund parcialment regressiu i bastant esclarissat	Lleu	La regressió sembla de poca importància
Presència de l'alga invasora <i>Caulerpa cylindracea</i>	Lleu	No sembla afectar la praderia en si
Afectacions del temporal Glòria	Lleu	En termes quantitius, les afectacions van ser modestes i enguany no s'han vist canvis respecte l'any 2020

Cala Rustella

Descripció: RUSTELLA			
	Límit superior	Zona central	Límit profund
Profunditat (m)	1,5-5	7-15,5	No visitat
Morfologia	Taques		-
Relleu	Acusat	Acusat a la part més soma, absent o lleu a la resta	-
Altres espècies	No	No	
Tipologia	Estable		-
Clarianes (abundància)	Abundants**	Abundants**	-
Clarianes (mida)	Mitjanes	Mitjanes	-
Clarianes (substrat)	Roca	Sorra/mata***	-
Anomalies densitat	No	No	-
Anomalies cobertura	No	No	-
Feixos arrencats	No	Escassos	-
Macroalgues	No	No	-
Deixalles	No	No	-
Fondejos	Morts d'abaliment de la zona de bany****	No	-
Observacions	Zona molt heterogènia		-

*el recorregut profund no va arribar fins el límit i no tenim informació sobre aquest.

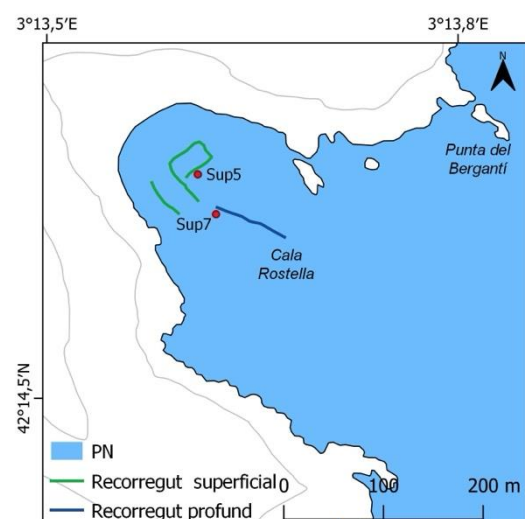
**principalment de blocs de pedra amb canals intermata.

***als 8,5 m amb substrat arenós alternant amb mata i amb molt detritus acumulat. A partir del 9,5 m la praderia esdevé densa i contínua.

****almenys una boia de bany (no visitades totes).

La praderia de Cala Rustella, situada a la banda sud de la badia de Montjoi, és força heterogènia.

L'exploració de la zona superficial ha permès veure la seva complexitat. El límit som és a taques i retallat, sobre roca (als laterals de la cala) o alternant amb blocs de roca (al centre), on arriba fins a 1 m de profunditat. Des dels límits soms i fins a uns 5,6 m, la praderia presenta molt de relleu i és morfològicament molt irregular, amb algunes taques denses sobre fons de blocs de roca, alguns canals intermates, poca mata morta i amb zones on la praderia és més contínua.



Enguany, a més del recorregut superficial, s'ha fet per primera vegada, dins del programa de seguiment, un exploració de la zona intermitja, des dels 7 m fins als 15,5, en direcció de la cala al fons (SE). Els primers metres recorreguts (fins als 9,5 m), trobem grans clarianes amb substrat

sorrenc (amb molt de fullaraca) alternant-se amb taques de mata i de posidònia elevades. La praderia és contínua a partir dels 10 m i fins als 15,5 m, on la praderia continua fins al límit profund que no vam arribar a explorar.

Diagnosi Rustella		
Estat	Bo/Molt bo	
Síntomes de degradació	Nivell de preocupació	Observacions
Zona superficial amb abundants clapes sense planta	Nul	Causada per l'abundància de blocs de roca
Grans clarianes amb substrat sorrenc i detritus a uns 8,5 m	Lleu	
Morts de ciment	Lleu	Petits morts de ciment d'abaliment de la zona de bany

Avaluació quantitativa de les estacions

[Nota: no citem explícitament les taules d'estadística per alleugerir l'informe; el lector interessat les podrà trobar en annex]

Densitat

A les subestacions superficials, els valors de densitat obtinguts (taula 4, Figura 3, esquerra) són força variables, i significativament diferents entre moltes estacions; en destaquen els valors extrems de Guillola-Jonquet (320 ± 25 feixos m^{-2}) i de Pelosa (791 ± 47 feixos m^{-2}). A grans trets, podríem dir que les subestacions superficials més denses són Guillola i Pelosa, i les menys denses Jugadora, Guillola-Jonquet i Portlligat.

Els valors de densitat de les subestacions profundes són inferiors als de les subestacions superficials i més homogenis (Figura 3, dreta). La major part presenten valors compresos entre 200 i 300 feixos m^{-2} . Els valors extrems corresponen a les estacions de Taballera (193 ± 15 feixos m^{-2}) i Norfeu N (366 ± 41 feixos m^{-2}).

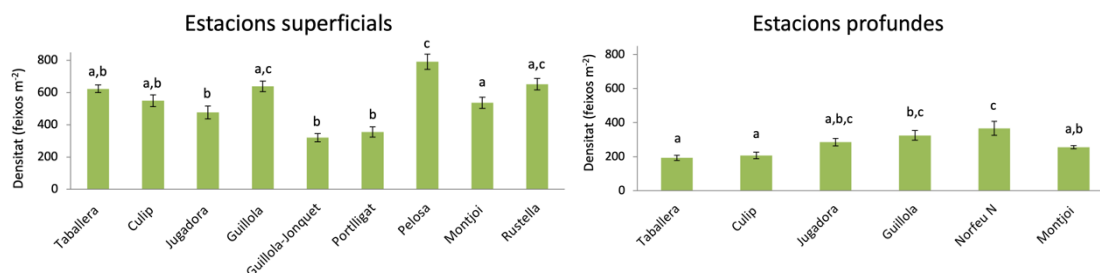


Figura 3. Densitat (en feixos m^{-2}) de les subestacions superficials i profundes de les praderies de cap de Creus. Es donen la mitjana i l'error estàndard. Les subestacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa en la seva densitat. Les anàlisis han estat fetes independentment per les subestacions superficials i profundes, i per tant les lletres són només vàlides dins de cada gràfic.

Cobertura

A grans trets, els patrons trobats a la densitat es repeteixen a la cobertura (taula 4, Figura 4), amb valors més grans a superfície i més petits al fons.

Els valors de les subestacions superficials van de 57 ± 5 % de Portlligat fins al 76 ± 6 % de Pelosa, tot i que no s'observen diferències significatives.

Els valors de cobertura obtinguts per les subestacions profundes són molt homogenis i oscil·len entre el 35 ± 3 % (Jugadora) i el 40 ± 2 % (Taballera) sense diferències significatives entre elles.

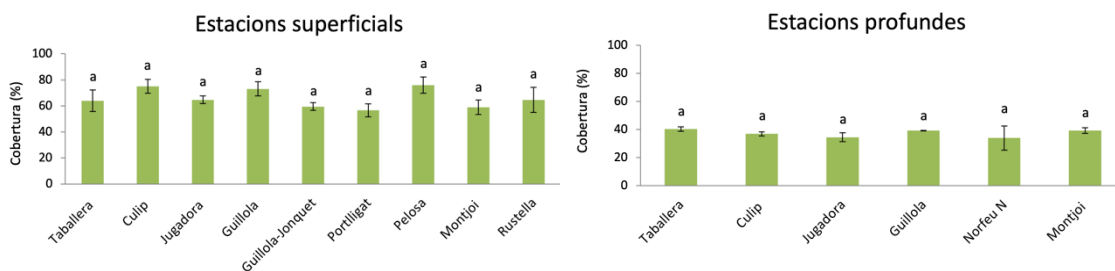


Figura 4. Cobertura (en %) de les subestacions superficials i profundes de les praderies de cap de Creus. Es donen la mitjana i l'error estàndard. Les subestacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa en la seva cobertura. Les anàlisis han estat fetes independentment per les subestacions superficials i profundes, i per tant les lletres són només vàlides dins de cada gràfic.

Enterrament dels feixos

Els valors mitjans d'enterrament obtinguts han estat, en tots els casos, positius (taula 4, Figura 5), 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.

Els valors de les subestacions superficials són força heterogenis, situant-se, la major part, entre els 4 i els 6 cm, i només ultrapassen aquest valor Guillola-Jonquet i Pelosa amb uns 7,2 cm d'enterrament mitjà.

Les subestacions profundes presenten valors lleugerament més elevats que les superficials, per terme general per sobre de 5 cm, amb l'excepció de Montjoi ($4,5 \pm 0,3$ cm) que se situa per sota de les altres.

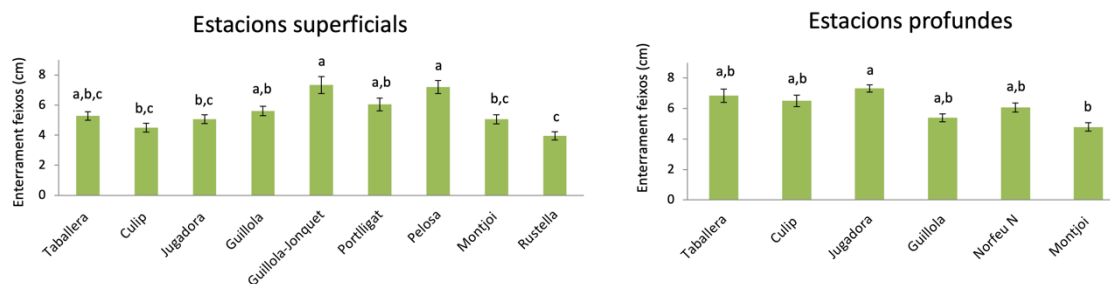


Figura 5. Enterrament dels feixos (en cm) de les subestacions superficials i profundes de les praderies de cap de Creus. Es donen la mitjana i l'error estàndard. Cal recordar que l'enterrament positiu indica un cert descalçament dels feixos. Les subestacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa en el seu enterrament. Les anàlisis han estat fetes independentment per les subestacions superficials i profundes, i per tant les lletres són només vàlides dins de cada gràfic.

Taula 4. Valors dels principals descriptors estudiats a les praderies del Parc Natural de Cap de Creus el 2020. Es presenten la mitjana (\bar{y}) i l'error estàndard (ES).

Subestació	Densitat (feixos m ⁻²)		Cobertura (%)		Enterrament (cm)	
	\bar{y}	ES	\bar{y}	ES	\bar{y}	ES
Taballera sup	623	24	64	8	+5,3	0,3
Taballera prof	193	15	40	2	+6,8	0,4
Culip sup	549	36	75	5	+4,5	0,3
Culip prof	207	20	37	1	+6,5	0,4
Jugadora sup	476	40	65	3	+5,1	0,3
Jugadora prof	285	21	35	3	+7,3	0,2
Guillola sup	638	33	73	5	+5,6	0,3
Guillola prof	325	29	39	0	+5,4	0,3
Guillola-Jonquet	320	25	59	3	+7,3	0,6
Portlligat	355	31	57	5	+6,0	0,4
Norfeu N	366	41	34	9	+6,1	0,3
Pelosa	791	47	76	6	+7,2	0,4
Montjoi sup	537	35	59	6	+5,1	0,3
Montjoi prof	256	9	39	2	+4,8	0,3
Rustella	652	36	65	10	+4,0	0,3

Intensitat de floració

Vàrem trobar floració a 5 subestacions superficials (d'un total de 9), mentre que no es van trobar flors a les subestacions profundes. La subestació de Taballera superficial és la que va presentar més intensitat de floració, amb un 3,8 %, mentre que Montjoi la que menys amb un 0,3 %. Les altres estacions on es va observar floració van ser Guillola (1,7 %), Pelosa (0,8 %) i Rustella (1,6 %).

A causa de les dates de les campanyes, algunes de les inflorescències es trobaven en estadis molt inicials del seu desenvolupament (la inflorescència encara no era visible com a tal, però sí ho eren les fulles modificades a partir de les quals creixen), mentre que altres inflorescències ja es trobaven en els primers estadis (petites i poc desenvolupades). Això pot haver fet subestimar la intensitat real de floració a la zona de cap de Creus (vegeu, comparativament, les dades per la zona de Montgrí-Medes, mostrejada quinze dies després). D'altra banda, l'absència de flors a la resta de subestacions, i en especial a les més fondes, podria ser deguda a un cert retard en la floració. En qualsevol cas, les dades de floració no són rellevants pels objectius del seguiment, fet pel qual les subestimes probables no tenen rellevància per les conclusions del present informe.

Seguiment del límit profund

S'han valorat i comprovat les fites existents en els límits profunds de les estacions de cala Taballera, cala Culip, cala Jugadora, cala Guillola i cala Montjoi (taula 5). La cinètica dels límits pel període 2020-2022 és pràcticament estable (de fet, molt lleugerament regressiva: -2,2 cm de mitjana), i pel conjunt del seguiment (2014-2022), aquesta mitjana és de -9 cm. Malgrat aquesta xifra, i donat que, per aquest període vuit anys, hi ha estacions estables, d'altres que avancen i d'altres que retrocedeixen, la diagnosi global és d'estabilitat. Cal afegir, però, dues consideracions: primera, que en períodes anteriors a 2014, i que situem aproximadament entre 2007 (en un cas 1998) i 2014, es van produir regressions força més importants, almenys a les estacions on tenim dades antigues (Culip, Jugadora, Montjoi); segona, que hi ha una estació (Jugadora) on sembla que la regressió antiga ha continuat, almenys fins el 2018, si bé és cert que alentida (vegeu, però, la nota a peu de la taula 5 sobre la praderia de cala Jugadora pel període 2018-2020). Caldrà restar amatents a l'evolució d'aquesta praderia en els anys vinents.

Taula 5. Resum de l'estat i de la fitació dels límits profunds estudiats a les praderies de cap de Creus. S'esmenta la fondària de les fites, l'any o anys de fitació i el nombre de barres o fites, els canvis nets en els diferents períodes de temps i el canvi acumulat durant tot el seguiment (2014-2022). Els canvis positius corresponen a progressió, els negatius a regressió de la praderia.

Estació	Fondària (m)	Fitació (any)	Canvi net anterior a 2014 (cm)	Canvi net 2014-2016 (cm)	Canvi net 2016-2018 (cm)	Canvi net 2018-2020 (cm)	Canvi net 2020-2022 (cm)	Canvi acumulat 2014-2022 (cm)
Taballera	15-19	2016 (9 barres, una de perduda el 2020)	Sense dades	Sense dades	+ 2 (8 barres)	+ 4	+ 3	+ 9
Culip	23-24	1998 (límit profund, 10 barres; 5 descartades el 2018) 2007 (límit lateral ¹ , 5 barres) 2018 (límit profund 6 barres)	- 210 (5 barres)		0 (4 barres)	+ 3,3	- 4	- 3
Jugadora	19-21	2007 (5 barres; una de perduda el 2016) 2018 (6 barres)	- 33 (5 barres)	- 3 (4 barres)	- 25	- 10 ²	- 7	- 45
Guillola	21-22	2014 (5 barres) 2018 (1 barra)	sense dades	- 4	0 (4 barres)	- 5	- 6	- 15
Montjoi	22-23	2007 (5 barres) 2018 (5 barres)	- 60	+ 2	+ 11	- 6	+ 3	+ 10

¹No es fa seguiment del límit lateral.

²Aquest valor és dubtós, i està molt influït per les barres velles. Val a dir que el mètode perd precisió quan les fites estan molt lluny del límit, com és el cas. Si tenim en compte només les noves barres, molt més precises, la regressió baixa a - 0,8 cm.

Macrofauna associada

S'ha trobat molt poca abundància de garotes i holotúries en els quadrats de mostreig i només en dues subestacions. A la subestació de Guillola profunda s'han comptat $0,6 \pm 0,9$ holotúries m⁻² i a la subestació de Taballera superficial, $5,63 \pm 1$ garotes m⁻². Aquestes dades tenen una representativitat limitada, ja que el mostreig no està optimitzat per aquests organismes.

Les poblacions de nacres

En el conjunt d'observacions fetes a estacions de cap de Creus, no s'ha observat cap exemplar de nacra viva. Val a dir que l'any 2016 vàrem trobar, en total, 107 individus als transectes, que el 2018 la xifra es va reduir a 9 i el 2020 a 1. Tenint en compte que la superfície explorada el 2016 i 2018 (amb transectes de 100 m²) va ser inferior a l'explorada els següents anys (amb un mostreig

més extensiu i centrat en trobar nacres vives), hom pot fer-se una idea de la davallada extrema que han patit les poblacions.

PARC NATURAL DEL MONTGRÍ, LES ILLES MEDES I EL BAIX TER

Avaluació qualitativa de les estacions

A continuació es mostren els resultats de l'anàlisi qualitativa. Per cada estació hi ha: una fitxa-resum general de la praderia, una descripció narrativa, una altra fitxa-resum per la seva diagnosi i un mapa de cada estació amb els recorreguts fets. A les fitxes, es ressaltava en negreta tot allò que enguany difereix d'allò que es va trobar el 2020, i a la descripció narrativa només s'expliquen els canvis produïts des de llavors. S'ha de tenir present que aquestes novetats tant poden representar canvis com aspectes que van passar desapercibuts en el seu moment.

Cala Montgó

Descripció: CALA MONTGÓ			
	Límit superior	Zona central	Límit profund
Profunditat (m)	5-9*	8-16	16-18
Morfologia	Rectilini/esglaó/a taques		Retallat/a taques
Relleu	Escàs	Escàs	Escàs
Altres espècies	No		
Tipologia	Regressiu**		Estable/regressiu
Clarianes (abundància)	Abundants	Escasses/abundants****	Abundants
Clarianes (mida)	Mitjanes	Grans/mitjanes****	Petites
Clarianes (substrat)	Mata	Sorra/mata	Mata
Anomalies densitat	No	No	No
Anomalies cobertura	No	No	No
Feixos arrencats	No	No	No
Macroalgues	No	Caulerpa cylindracea	No
Deixalles	Escasses	No	No
Fondejos	Nombrosos (mort i cadena amb <i>boyarín</i> ***)	Nombrosos (mort i cadena amb <i>boyarín</i>)	No
Observacions			

*el límit superficial és més profund en la part central de la platja i més som als laterals.

**gran heterogeneïtat. És freqüent trobar mata morta abundant entre el límit i la platja. En alguns punts és net i estable, o està barrejat amb roques i blocs.

***alguns de la zona de bany sense *boyarín*.

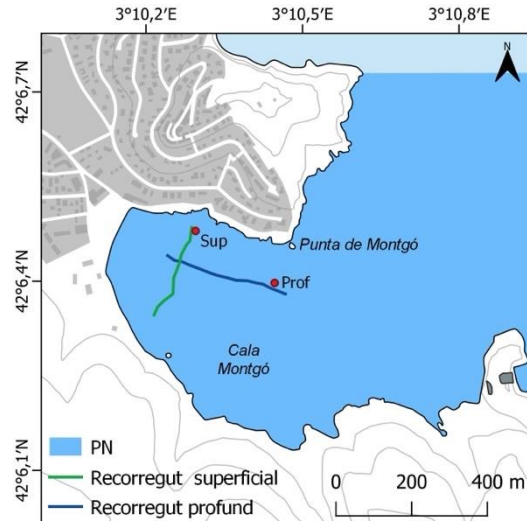
****s'observa una gran clariana a la part central de la praderia, a profunditats entre 16 i 13 metres. A part, s'observen altres clarianes de mida variable entre 12 i 9 metres.

La praderia de cala Montgó és extensa i irregular. No s'han detectat gaires diferències respecte de les observacions del 2020 a excepció d'un petita taca de *Caulerpa cylindracea* a la zona central.

La zona superficial, amb un límit a taques, no sembla haver experimentat grans canvis. Els fondejos (morts de ciment amb cadenes) són nombrosos i amb *boyarines*.

Enguany, es va observar una petita taca (menys de mig metre quadrat) de *Caulerpa cylindracea* a 14,8 m i amb una densitat moderada.

Pel que fa al límit profund, es manté entre 16-18 metres de fondària, molt esclarissat, a taques i irregular, amb molt poca presència de mata més enllà.



Diagnosi cala Montgó

Estat	Moderat	
Síntomes de degradació	Nivell de preocupació	Observacions
Grans zones de mata morta a la part superficial	Moderat	Regressió relativament recent, però d'abans del seguiment (10 anys?)
Clarianes amb mata a fondàries intermèdies	Lleu	
Gran clariana amb sorra	Lleu	Probablement d'origen natural
Límit profund amb nombroses clarianes	Moderat	
Morts de ciment	Moderat	Morts d'abaliment de la zona de bany
Presència de l'alga invasora <i>Caulerpa cylindracea</i>	Lleu	No sembla afectar la praderia en si

Cala Pedrosa

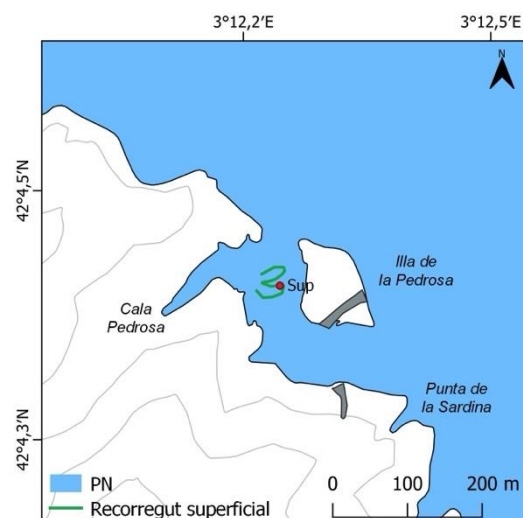
Pradera: CALA PEDROSA*			
	Límit superior	Zona central	Límit profund
Profunditat (m)	5	5-8	8
Morfologia	Retallat/ondulat**		Net
Relleu	No	No	No
Altres espècies	No		
Tipologia	Estable		Estable
Clarianes (abundància)	Escasses		Abundants*
Clarianes (mida)	Petites		Petites/mitjanes
Clarianes (substrat)	Pedra		Pedra/mata
Anomalies densitat	No		No
Anomalies cobertura	No***		Sí*
Feixos arrencats	No		No
Macroalgues	No		No
Deixalles	No		No
Fondejos	Ecològics		Ecològics
Observacions			

*la praderia és molt petita, encaixada entre roques. Al substrat hi trobem rocs i petits blocs, el que li dona a la cobertura una irregularitat considerable, amb nombroses clarianes de mida petita.

**en contacte amb la roca.

***levat de les causades per la presència de blocs.

La praderia de cala Pedrosa, de petites dimensions i relativament esclarissada, té com a principal característica diferencial el seu substrat pedregós. No s'han observat canvis respecte de l'última visita del 2020. En aquesta cala, fa dos anys es va instal·lar un sistema de fondeig ecològic, caldrà veure en futures visites quins resultats dona.



Diagnosi Cala Pedrosa		
Estat:	Bo/molt bo	
Síntomes de degradació	Nivell de preocupació	de Observacions
Praderia de petites dimensions	Nul	Causes naturals
Clapes sense planta	Nul	Causades per l'abundància de pedres
Rodals de mata morta	Lleu	Poc importants

Illes Medes: Meda Gran 1 i 2 i Meda Petita

Descripció: ILLES MEDES - MEDA PETITA			
	Límit superior	Zona central	Límit profund
Profunditat (m)	4,5-7	7-16	16
Morfologia	Mosaic*		Ondulat
Relleu	No**	Lleu	No
Altres espècies	No		
Tipologia	Estable		Regressiu***
Clarianes (abundància)	No	Escasses	Escasses
Clarianes (mida)	-	Mitjanes i petites	Petites
Clarianes (substrat)	-	Mata/cascall	Mata
Anomalies densitat	No	No	No
Anomalies cobertura	No	No	No
Feixos arrencats	No	No	No
Macroalgues	No	No	Dictiotals, <i>Caulerpa cylindracea</i> *****
Deixalles	No	Escasses	No****
Fondejos ¹	No	Mort de ciment	Tres morts*****
Observacions			

¹fondejos ecològics de caragol amb cap.

*la praderia acaba en contacte amb la roca, amb petites taques de plantes entre pedres.

**una estructura circular "marmita de gegant"; a les seves parets signes d'una erosió recent.

***la mata s'estén fins a més de 20 metres de fondària en alguns punts.

****però un bidó metàl·lic més enllà del límit.

*****les dictiotals només es van observar el mes de setembre, *C. cylindracea* es va observar al juliol (no es va visitar el setembre) i es trobava sobre mata i a tocar del límit profund.

***** un fora de la praderia, un altre una mica dins i un just al límit

Descripció: ILLES MEDES - MEDA GRAN (Freuetó a Estació 1)			
	Límit superior	Zona central	Límit profund
Profunditat (m)	2-5	5-14	14,5-16****
Morfologia	Mosaic*		Taques
Relleu	Un petit esglaó	No	No
Altres espècies	No		
Tipologia	Estable/regressiu		Regressiu (zona SE)/estable (zona NW)
Clarianes (abundància)	Abundants	Escasses	Abundants
Clarianes (mida)	Mitjanes i grans	Petites ***	Mitjanes i grans
Clarianes (substrat)	Mata/sorra	Mata	Mata/sorra
Anomalies densitat	No**	No	No
Anomalies cobertura	No	Sí	Sí
Feixos arrencats	No	No	No
Macroalgues	No	No	No
Deixalles	No	Abundants	Escasses
Fondejos ¹	No	No	No

¹Nombrosos fondejos ecològics de caragol amb cap.

*roca, sorra, posidònia i mata.

**alguns feixos enterrats.

***Ilevat d'una gran clariana que es va obrir a mitjans del 90.

Descripció: ILLES MEDES - MEDA GRAN (Estació 1 a Estació 2)			
	Límit superior	Zona central	Límit profund
Profunditat (m)	2-5	6-15	15
Morfologia	Mosaic*		ondulat
Relleu	No	Acusat**	No (zona SE)/petit esglaó 60 cm zona central/esglaó més de 2 m zona NW
Altres espècies	No		
Tipologia	Regressiu		Estable/progressiu
Clarianes (abundància)	Abundants***	Escasses	Escasses (alguns canals intermates zona NW)
Clarianes (mida)	Mitjanes i grans	Petites	Petites
Clarianes (substrat)	Mata/sorra	Mata/sorra	Mata
Anomalies densitat	No	No	No
Anomalies cobertura	No	No	No
Feixos arrencats	No	No	No
Macroalgues	No	No	No
Deixalles	Abundants****	Escasses	Escasses
Fondejos ¹	Un mort*****	Dos morts*****	Un mort

¹Nombrosos fondejos ecològics de caragol amb cap.

*sorra, mata i posidònia; una mica de roca i pedres a l'extrem NW.

**un gran esglaó (13 m de fondària a la base, 10 metres a la part de dalt) i una "marmita de gegant" (estructura erosiva en forma circular) a prop de la superfície.

***observades el 2020, probablement a causa del temporal Glòria.

****tubs de busseig, ampolles de plàstic, etc.

*****sobre mata i entre taques de posidònia.

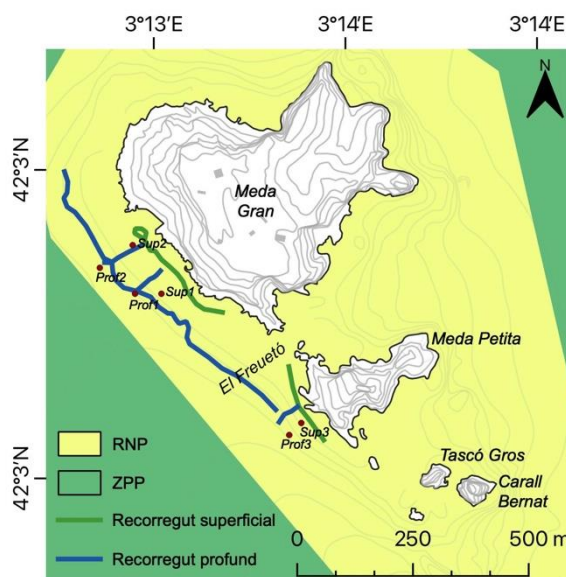
*****junts, corresponen a la boia d'embarcacions per fer *snorkel*, dins la marmita de gegant.

La praderia de les illes Medes, amb una superfície que supera les 8 ha, presenta pocs canvis respecte del 2020.

El límit superficial és molt complex i heterogeni, fet que fa més difícil apreciar canvis. Les afectacions observades pel Glòria l'any 2020 (evidències d'erosió), no semblen haver experimentat canvis.

No hem detectat canvis en cap de les parts centrals de la praderia visitades.

Pel que fa al límit profund, a diferència del 2020, no hem observat el petit graó que probablement va ser originat pel Glòria. Cal destacar la observació d'una petita taca (potser 2 m²) no gaire densa de *Caulerpa cylindracea* al límit inferior de la praderia de la Meda Petita (16 m) que caldrà veure els propers anys com evoluciona.



Diagnosi Illes Medes

Estat:	Bo	
Síntomes de degradació	Nivell de preocupació	Observacions
Presència de mata morta a la part superficial	Lleu	
Clarianes amb mata a fondàries intermèdies	Lleu	
Gran clariana amb sorra que travessa la praderia	Nul	Probablement d'origen natural
Gran clariana de mata entre 10 i 12 metres	Moderat	Oberta per causes desconegudes a finals dels anys 90, sembla estabilitzada
Regressió important del límit profund pel cantó de la Meda Petita	Lleu	Aquesta regressió semblava moderadament activa, almenys ho era en 2014-2016; actualment sembla estabilitzada
Presència de l'alga invasora <i>Caulerpa cylindracea</i>	Lleu	No sembla afectar la praderia en si
Deixalles abundants	Lleu	
Morts de ciment	Lleu	Resten alguns grans morts de ciment sobre la praderia (Meda Petita, embarcador)

Avaluació quantitativa de les estacions

[Nota: no citem explícitament les taules d'estadística per alleugerir l'informe; el lector interessat les podrà trobar en annex]

Densitat

A les subestacions superficials, els valors de densitat obtinguts oscil·len entre el 464 ± 22 feixos m^{-2} (Pedrosa) i 722 ± 53 feixos m^{-2} (Meda Gran 2; taula 6, Figura 6 esquerra). Els valors més alts, observats a Meda Gran 2 i Meda Gran 1 difereixen significativament de la resta d'estacions.

A les subestacions profundes (Figura 6, dreta) els valors són clarament menors i són més homogenis que els de les superficials, i van de 241 ± 11 feixos m^{-2} (Meda Petita) a 271 ± 15 feixos m^{-2} (Meda Gran 2) sense diferències estadístiques entre ells.

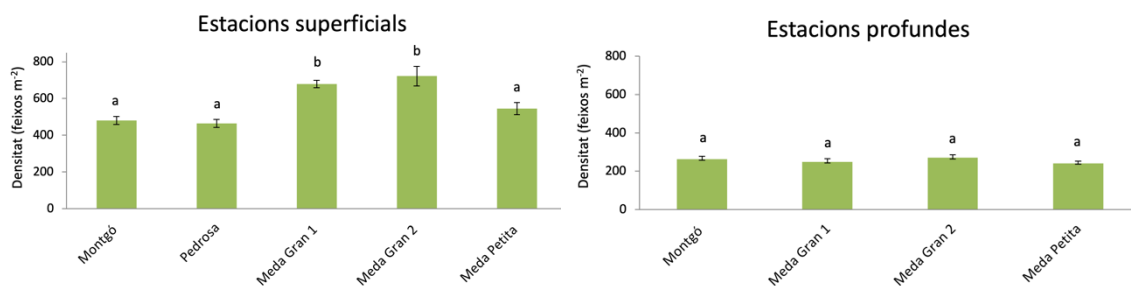


Figura 6. Densitat (en feixos m^{-2}) de les subestacions superficials i profundes de les praderies de Montgrí-Medes. Es donen la mitjana i l'error estàndard. Les subestacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadísticament significativa en la seva densitat. Les anàlisis han estat fetes independentment per les subestacions superficials i profundes, i per tant les lletres són només vàlides dins de cada gràfic.

Cobertura

Els valors de cobertura de les subestacions superficials són molt homogenis (taula 6, Figura 7, esquerra) i varien entre el 58 ± 3 % (Pedrosa) i el 73 ± 10 % (Meda Gran 1) sense diferències significatives entre ells.

A les subestacions profundes (Figura 7, dreta), la cobertura és clarament inferior a la de les superficials, amb poca variabilitat, entre 34 i 47 % (a Montgó i Meda Gran 1, respectivament) i sense diferències significatives.

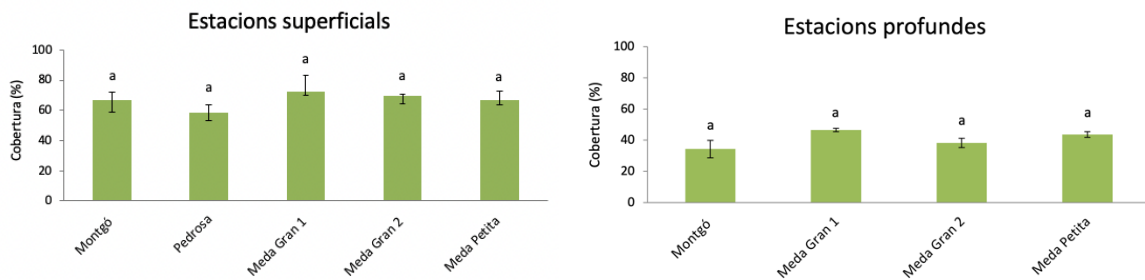


Figura 7. Cobertura (en %) de les subestacions superficials i profundes de les praderies de Montgrí-Medes. Es donen la mitjana i l'error estàndard. Les subestacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadística significativa en la seva cobertura. Les anàlisis han estat fetes independentment per les subestacions superficials i profundes, i per tant les lletres són només vàlides dins de cada gràfic

Enterrament dels feixos

L'enterrament és sempre, almenys en valors mitjans, positiu, indicant per tant que, molt majoritàriament, els peciols de les fulles de les praderies observades es troben fora del sediment i que no es produeixen situacions de colgament dels feixos, llevat de casos molt puntuals. En les subestacions superficials, l'enterrament és força homogeni amb valors que se situen entre els 4 i 5 cm, i només sobrepassa aquest valor Montgó ($6,3 \pm 0,3$ cm). A les subestacions profundes, Meda Petita i Montgó són les que presenten els valors d'enterrament més baixos (5-5,5 cm), mentre que les subestacions de la Meda Gran 1 i 2 presenten valors significativament superiors (6,2 i 6,9 cm respectivament).

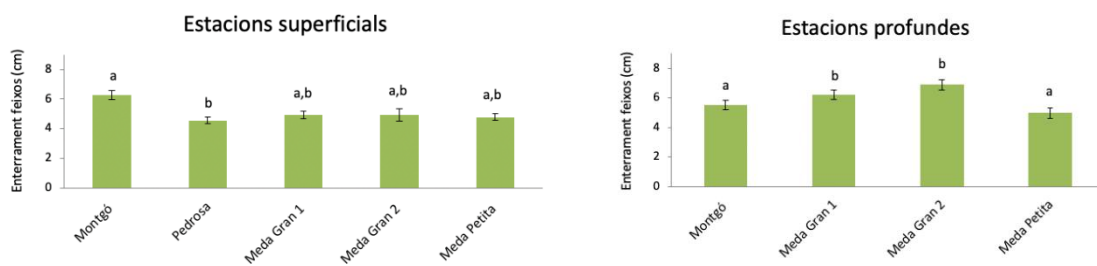


Figura 8. Enterrament dels feixos (en cm) de les praderies de les subestacions superficials i profundes de Montgrí-Medes. Es donen la mitjana i l'error estàndard. Cal recordar que l'enterrament positiu indica un cert descalçament dels feixos. Les subestacions marcades amb la mateixa lletra no difereixen de manera estadística significativa en el seu enterrament. Les anàlisis han estat fetes independentment per les subestacions superficials i profundes, i per tant les lletres són només vàlides dins de cada gràfic.

Taula 6. Valors dels principals descriptors estudiats a les praderies del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter el 2022. Es donen la mitjana i l'error estàndard.

Subestació	Densitat (feixos/ m ²)		Cobertura (%)		Enterrament (cm)	
	\bar{y}	ES	\bar{y}	ES	\bar{y}	ES
Montgó sup	481	22	67	5	+6,3	0,30
Montgó prof	263	16	34	6	+5,5	0,34
Pedrosa	464	22	58	5	+4,6	0,21
Meda Gran 1 sup	679	20	73	10	+4,9	0,24
Meda Gran 1 prof	249	16	47	1	+6,2	0,30
Meda Gran 2 sup	722	53	70	1	+4,9	0,43
Meda Gran 2 prof	271	15	38	3	+6,9	0,32
Meda Petita sup	546	33	67	6	+4,8	0,24
Meda Petita prof	241	11	44	2	+5,0	0,34

Intensitat de floració

S'observa una intensa floració en totes les subestacions de Medes i Montgrí durant les campanyes, fins i tot a les subestacions profundes, fet que no és gaire freqüent. En general, la intensitat de floració és més elevada a les estacions superficials, amb l'excepció de Meda Gran 1 on hi ha gairebé el mateix percentatge de floració a les dues subestacions (proper al 24 %).

La majoria de les inflorescències s'han trobat en estadis avançats (grans i molt desenvolupades) i amb els pistils de les flors de color marronós clarament observables. La major intensitat de floració s'observa a la subestació Meda Gran 2 superficial amb un 31% (225,6 \pm 4,4 flors m⁻²), i la resta de valors oscil·la entre 26 i 2 % (Montgó superficial i Meda Petita profunda).

Al llarg de tots els anys de seguiment (des de l'any 2014), no s'havia observat mai aquesta alta intensitat de floració. No podem assegurar les causes exactes d'aquest fenomen, encara que tot porta a pensar que pot ser una resposta de les plantes a les elevades temperatures assolides als mesos de juny i juliol. Com s'explica a la introducció, la floració de *P. oceanica*, que és molt heterogènia en l'espai i en el temps, i sembla estar relacionada amb les altes temperatures (Ruiz *et al.* 2018).

Seguiment del límit profund

S'han valorat els límits profunds de totes les estacions de les illes Medes i de la costa del Montgrí, llevat la de cala Pedrosa, per la seva reduïda extensió; és a dir, un total de 4 estacions (taula 7), de les quals presentem dues juntes per la seva proximitat (Meda Gran 1 i Meda Gran 2; de fet, les fites d'aquestes dues enllacen una amb l'altra). La situació global és bastant heterogènia, amb progressions i regressions.

A cala Montgó trobem una evolució similar a l'explicada pels límits profunds de les praderies de cap de Creus, és a dir, una regressió relativament important en el període 2007-2014 (-50 cm; es desprèn de dades de barres antigues) i una estabilització pel període del seguiment (2014-2022).

A les illes Medes, l'estació Meda Petita presenta una tendència general clarament regressiva, tendència que es va aturar l'any 2018. En aquesta estació teníem constància d'un retrocés important del límit profund entre 1987 i 2014, d'un o més metres lineals. Quan es va fitar l'estació pel seguiment (2014), es va poder comprovar que la regressió continuava en el període 2014-2016 (més d'un metre perdut), però sembla que es va aturar el 2018, i es va iniciar una certa recuperació el 2020, que aquest any sembla haver-se aturat. Les altres dues estacions (Meda Gran 1 i 2), al contrari, semblen estar en un lent procés de progressió, modest però mantingut en el temps.

Taula 7. Resum dels resultats de la fitació dels límits profunds de les praderies estudiades al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. S'esmenta la fondària de les fites, l'any o anys de fitació i el nombre de barres o fites, els canvis nets en els diferents períodes de temps i el canvi acumulat durant tot el seguiment (2014-2022). Els canvis positius corresponen a progressió, els negatius a regressió.

Estació	Fondària (m)	Fitació (any)	Canvi net anterior a 2014 (cm)	Canvi net 2014-2016 (cm)	Canvi net 2016-2018 (cm)	Canvi net 2018-2020 (cm)	Canvi net 2020-2022 (cm)	Canvi acumulat 2014-2022 (cm)
Montgó	17-18	2007 (5 barres) 2018 (6 barres)	- 50 (4 barres)	- 9 (1 barra)	0 (3 barres)	- 1,6 (5 barres)	- 3 (6 barres)	- 14
Meda Petita	16-17	2014 (5 barres)	Sense dades ¹	-126 (4 barres)	+ 4	+ 29 ²	+ 8	- 86
Meda Gran 1 i 2	14-15	2007 (5 barres) 2014 (10 barres)	+ 13 ³	+ 11	+ 3 (13 barres)	+ 14	+ 6	+ 34

¹Es van instal·lar unes fites de ciment el 1987, però no s'han pogut retrobar. Ara bé, les dades de geolocalitzacions i la presència de mata morta permeten suposar una regressió, de 1987 ençà, de, probablement, uns quants metres lineals.

²Aquesta progressió sembla exagerada. Cal recordar que el mètode perd precisió quan les fites estan molt lluny del límit, com és el cas.

³Tenim evidències de què el límit s'ha mantingut pràcticament constant de 1982 fins el 2007.

Macrofauna associada

A les estacions de les illes Medes, no hi observem cap garota a dins dels quadrats de mostreig, mentre que a la praderia de Montgó (subestació superficial), hi trobem $3,8 \pm 0,9$ individus m^{-2} . Pel que fa a les poblacions de garotes de la praderia de Cala Pedrosa, s'han observat poques garotes ($1,9 \pm 0,7$ individus m^{-2}) i totes elles sanes. Cal remarcar que les poblacions de garotes en aquesta praderia han fluctuat considerablement al llarg dels darrers anys; mentre que en anys anteriors al 2020 les poblacions de garotes destacaven per la seva elevada abundància, en l'any 2020, es va veure un forta davallada degut a una elevada mortalitat causada per la anomenada "malaltia de la garota calba". Respecte a les holotúries, no s'ha trobat cap exemplar dins dels quadrats en cap de les subestacions visitades.

Les poblacions de nacres

En el conjunt d'observacions fetes a les Illes Medes i al Montgrí, no s'ha trobat cap exemplar de nacra viu. L'any 2018 van ser observats 3 individus vius a la praderia de les illes Medes, mentre que l'any 2020, no se'n va trobar cap, ni a les illes Medes ni a la costa del Montgrí.

Discussió

Les campanyes dutes a terme el 2022 mostren que les praderies de *P. oceanica* del Parc Natural de Cap de Creus i del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, en general i considerades globalment, mostren un bon estat, encara que no òptim en la majoria dels casos. Sense entrar en els detalls que s'exposaran en l'anàlisi més detallada que farem en els apartats següents, val a dir que, també globalment, la diagnosi és d'estabilitat, és a dir, de manteniment dels valors dels descriptors i de la qualitat global, i no s'aprecien patrons de canvi comuns a ambdós espais ni comuns a les estacions a dins d'un d'ells, ni tendències mantingudes al llarg del temps. La variabilitat entre estacions o subestacions és important, però no sembla associada a activitats humanes. Pel que fa a les poblacions de nacres, seguim tenint una visió poc optimista degut a la gran mortalitat que fa haver-hi en el període 2016-2018. No s'ha detectat, en les estacions visitades, cap signe de recuperació ja que no s'ha trobat cap individu viu. Això no vol dir que no n'hi hagi, sinó que l'abundància és molt i molt minsa.

Aspectes metodològics

En conjunt, la realització de les campanyes i les dades obtingudes han mostrat que el disseny emprat, un cop incloses les campanyes qualitatives el 2018 i la substitució dels transectes de nacres per observacions associades a totes les immersions, està força optimitzat. Si bé és cert que, després de 3 campanyes de seguiment (2018, 2020 i 2022) el mètode qualitatiu ens ha permès veure canvis com els produïts pel temporal Glòria, també és cert que aquest mètode té poca resolució per detectar altres tipus de canvis més subtils, com podria ser un increment de la fragmentació o petites alteracions dels límits de les praderies a les zones més somes. En aquest sentit, es pretenen valorar, al menys de manera prospectiva, altres metodologies més precises.

Estacions de mostreig

En funció dels recursos (temps i esforç) disponibles, es considera que la selecció de les estacions és òptima. L'elecció de dues profunditats fixes (subestacions) ja va clarificar en el seu moment la interpretació dels resultats, tot fent més entenedora la comparació entre estacions, per exemple per tal d'obtenir conclusions amb base estadística sobre els efectes de l'activitat humana. Pel que fa a Montgrí-Medes, totes les praderies estan adientment mostrejades, i per tant les dades proporcionen una visió molt completa de l'ecosistema a l'espai protegit. Pel que fa a cap de Creus, i degut tant a la seva major extensió com a la dispersió de praderies en almenys una trentena de cales, el que s'ha fet ha estat estudiar una mostra, que no abasta la totalitat de l'ecosistema a l'espai protegit, però que entenem prou representativa. A més de les estacions superficials afegides el 2020 (Guillola-Jonquet i Rustella), enguany s'han afegit els recorreguts superficial i profund de Portlligat i el profund de Rustella, així com el de cala Bona. En qualsevol cas, les estacions visitades ofereixen un bon ventall de tipus de praderies, de graus de freqüentació i de distàncies als nuclis urbans o a les bases nàutiques, i estan situades a àrees amb diferents figures de protecció. De cara al futur, seria probablement desitjable afegir alguna subestació profunda (per exemple a Guillola-Jonquet, Pelosa i Rustella), encara que això demanaria més temps i esforç, i per tant un increment pressupostari. Amb tot, caldrà, en funció de com quedi el PRUG, actualment en elaboració, afegir algunes estacions per esbrinar amb cura els efectes d'una futura regulació de fondejos. Respecte d'això, l'ideal fora que es prenguessin dades abans del desplegament de les regulacions, si s'arriben a aplicar a cales sense dades. Sigui com sigui, cal remarcar la importància de fer sempre les mesures als mateixos punts i profunditats per tal de poder detectar possibles canvis al llarg del temps.

Descriptors de l'estat de les praderies

Els tres descriptors de més utilitat, tant pels resultats obtinguts com pel que s'indica a la bibliografia (Pergent *et al.* 1995; Boudouresque *et al.* 2006), són la densitat, la cobertura i la cinètica del límit profund (fites), als que caldria afegir l'estudi de les poblacions de nacres (si un dia torna a haver-hi) i, en cas de trobar-ne, altres elements rellevants de la macrofauna (per exemple, garotes). Pel que fa a l'enterrament dels feixos, 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). Els descriptors qualitius han afegit una visió més estesa en l'espai, que complementa i reforça la visió quantitativa. Per tant, en conjunt, la conclusió és que l'aproximació metodològica és òptima sota un enfocament de cost-benefici.

Metodologia de camp

El concepte de densitat va ser introduït per l'escola francesa a mitjans dels anys setanta (Giraud, 1977), i millorat i matisat per treballs posteriors (Pergent *et al.* 1995). Aquest concepte va ser

completat amb el de cobertura pel nostre equip (Romero, 1986), i en l'actualitat ambdues variables són utilitzades rutinàriament en programes d'avaluació i vigilància de tota mena (Pergent-Martini *et al.* 2005; Boudouresque *et al.* 2006; Romero *et al.* 2007; Martínez-Crego *et al.* 2008), fins al punt que s'han convertit en estàndards internacionals. Malgrat tot, és essencial definir curosament el protocol de mesura d'aquests dos descriptors, especialment en programes de seguiment a llarg termini, per tal que les dades d'un any a l'altre siguin comparables, amb independència de l'equip que executi les feines. En el present informe, ens hem esforçat a donar el màxim de detalls sobre la metodologia emprada, per tal que sigui reproduïble en el futur. El nombre de rèpliques utilitzades per la densitat ($n=10$), és suficient, ja que dona errors estàndard de menys del 20% de la mitjana en tots els casos, tal com es recomana (Pergent *et al.* 1995), i de fet gairebé sempre de menys del 10%. El nombre de rèpliques per la cobertura ($n=3$) pot semblar una mica reduït, però cal recordar que cada dada (rèplica) prové d'un total de 80 observacions, i també es compleix la condició d'estimacions d'errors de menys del 20% de la mitjana (i també del 10%, llevat d'un parell d'excepcions).

Valoració de l'estat actual de les praderies

En primer lloc, cal deixar ben clar que la cobertura, la densitat i la cinètica del límit (canvis en l'extensió) no constitueixen, per si soles, variables sobre les quals fonamentar un criteri unívoc per la diagnosi de l'estat de salut de les praderies, sinó, més aviat, mesures de l'abundància fetes a tres escales d'observació diferents. Sobre aquesta abundància poden influir molts factors, entre ells els relacionats amb l'activitat humana, però també causes naturals; uns i altres són difícils de destriar. Així, d'una banda, és innegable que el deteriorament de les praderies comportaria una disminució de l'abundància de les plantes, en una o més de les tres escales esmentades, pel qual la informació que ens proporcionen aquestes tres mesures ens és molt útil per detectar possibles situacions de risc. Ara bé, d'altra banda, cal una mica de prudència a l'hora d'interpretar les dades i tenir en compte els possibles fenòmens naturals que també poden influir sobre aquests descriptors, i entendre bé les escales de temps a les que es produeixen els canvis.

Tenint presents les precaucions expressades, en aquest apartat intentarem dur a terme una valoració de l'estat de les praderies de cap de Creus i de Montgrí-Medes, primer respecte dels valors de referència definits en anys anteriors, i després analitzant la seva evolució temporal pel període 2014-2022. La valoració es completarà amb les dades obtingudes de les exploracions qualitatives.

Valors de referència

Entenem per valors de referència els valors de densitat i cobertura que s'esperarien obtenir en praderies en estat de conservació òptim, sota les mateixes condicions ambientals. El concepte és molt senzill d'entendre, però la seva aplicació porta uns certs problemes, relacionats amb la forta variabilitat natural d'aquests dos descriptors. Aquesta variabilitat està associada a factors que van de l'escala local (com ara la fondària o el tipus de sediment) a l'escala regional (per exemple, la

transparència de l'aigua o la temperatura). Cal per tant, ser molt curosos amb l'elecció dels valors de referència, ja que una atribució errònia pot portar a diagnòsis igualment errònies i, encara pitjor, a decisions de gestió que poden resultar tant excessives com insuficients. El que exposem a continuació és gairebé idèntic al que ja va ser exposat als informes anteriors (Romero *et al.* 2014 i exercicis successius). Malgrat això, creiem oportú repetir-ho, per la importància del tema en la diagnòsi de les praderies dels espais protegits.

En el cas del present treball, el fet d'haver fixat dues profunditats ja ajuda a tenir en compte la variabilitat associada a la fondària, i proposem per tant uns valors de referència específics per a cadascuna de les dues (5 i 15 metres). Ara bé, com no existeixen uns valors de referència normalitzats i acceptats, hem provat d'obtenir-los seguint diverses metodologies i criteris, per després contrastar els resultats i arribar a una proposta raonable. Els procediments es descriuen a continuació.

- a) **Utilització dels valors proposats per Pergent *et al.* (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 les fondàries de 5 i 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.
- b) **Dades de la costa catalana - 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 *P. oceanica* com espècie indicadora (Roca *et al.* 2015), el que fa que es disposi d'una bona base de dades de densitats i cobertures. D'aquesta base de dades (Romero *et al.* 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 (a), 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. Les dades (densitat i cobertura) corresponen totes a 15 m de fondària, i per tant no hi ha referències, segons aquest procediment, per les subestacions a 5 metres.
- c) **Dades de la costa catalana - 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). Els autors proposen una expressió exponencial negativa (vegeu també Renom i Romero, 2001) que relaciona densitat òptima i fondària, que

nosaltres hem aplicat a les fondàries de 5 i 15 metres. Aquest procediment té com a punts forts la coherència geogràfica i com a punts febles, a més de l'esmentat pel procediment (b), 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.

- d) **Dades històriques de les illes Medes.** La sèrie històrica de densitats i cobertures de les illes Medes, iniciada el 1984 (Romero *et al.* 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 (per a les profunditats de 5 i 14 metres) com a possibles valors de referència. Aquest procediment té com a punts forts l'elevada 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.
- e) **Construcció d'una referència interna.** Enguany, i tenint en compte que la incorporació de dades del 2020 va suposar només un petit canvi en la referència (inferior al 2%), no hem considerat necessari seguir incorporant noves dades òptimes del 2022. D'aquesta manera, i durant els propers anys, mantindrem aquest criteri amb les dades òptimes obtingudes des del 2014 al 2020. Ara bé, hi ha el risc, derivat de la limitació de la base de dades, de què els valors de referència quedin esbiaixats per la presència de punts amb densitats o cobertures puntuals i anòmalament elevats. Hem agafat, com a exercici, el valor que representa el percentil 90 de les dades acumulades de tots els anys, tant de densitat com de cobertura. Aquest procediment té com a punts forts la total coherència geogràfica i metodològica, i com a punt feble el biaix esmentat.

Els resultats obtinguts d'aplicar els procediments descrits, resumits a la taula 8, un cop analitzats críticament en funció dels punts forts i dels punts febles de cada procediment, ens fan proposar que les densitats de referència a una profunditat de 5 m se situïn entre 550 i 700 feixos m⁻², i a 15 m entre 250 i 400 feixos m⁻². Anàlogament, i encara que es disposen de menys dades, suggerim uns valors de referència per les cobertures d'entre 55 i 70 % a 5 metres i d'entre 25 i 35 % a 15 metres. Aquestes referències no procedeixen d'un mètode de càlcul rigorós, sinó que han estat extretes dels valors de la taula mitjançant un criteri expert. Podem acceptar que les praderies amb valors entre la mitjana i el límit inferior de l'interval estan en condicions bones, i en condicions molt bones les que estan per sobre de la mitjana. Estarien, per tant, en condicions no satisfactòries les praderies amb valors per sota als valors mínims de l'interval.

Taula 8. Valors de referència de densitat (feixos m⁻²) i cobertura (%) segons els diferents autors i procediments emprats, i proposta pel present projecte de seguiment. El procediment (a) es basa en el treball de Pergent *et al.* (1995); el (b) en dades de les xarxes de la Directiva Marc de l'Aigua (Romero *et al.* 2010); el (c) en dades de Submon (2013); el (d) en dades de la sèrie històrica de les illes Medes (Romero *et al.* 2012) i el procediment (e) en les dades de les campanyes realitzades pel nostre equip en els seguiments de 2014, 2016, 2018 i 2020.

Procediment		5 metres		15 metres	
		Densitat	Cobertura	Densitat	Cobertura
(a)	Mitjana	637	-	358	-
	Interval	525-749	-	246-470	-
(b)	Mitjana	-	-	280	37
	Interval	-	-	258-335	31-51
(c)	Mitjana	511	-	264	-
(d)	Mitjana	618	57	269	26
(e)	Mitjana	660	68	311	41
	Interval	600-720	60-75	280-340	37-45
PROPOSTA	Mitjana	607	68	311	35
	Interval	550-700	55-70	250-400	25-40

Pel que fa a l'extensió (o més exactament als seus canvis) mesurada mitjançant el seguiment de les fites, donada la baixa taxa de canvi i colonització de *P. oceanica*, la condició òptima hauria de ser la no regressió, és a dir, l'estabilitat o la progressió dels límits. Cal advertir que la progressió no és necessàriament millor que l'estabilitat, donat que aquesta progressió pot ser la conseqüència d'una regressió anterior.

Valoració de les praderies: densitat i cobertura

a) Cap de Creus

Al Parc Natural de Cap de Creus, quatre subestacions superficials tenen valors de densitat per sota dels valors de referència, una molt lleugerament (Montjoi), una altra moderadament (Jugadora) i les altres dues de manera important (Portlligat i Guillola-Jonquet). Taballera, Rustella i Guillola presenten valors dins de l'interval de referència, mentre que Pelosa és la única amb valors molt per sobre. En canvi, pel que fa a la cobertura, totes elles, estan dins dels intervals de referència o per sobre (Culip, Guillola i Pelosa) (Figura 9).

Pel que fa a les subestacions fondes, quatre subestacions presenten valors de densitat dins de l'interval de referència i dues per sota (Culip i Taballera) (Figura 9). Respecte a la cobertura, totes

les subestacions presenten valors dins dels límits de referència, llevat Taballera que es troba per sobre dels límits (figura 9).

b) Montgrí-Medes

Al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, una subestació superficial té el valor de densitat per sobre de l'interval de referència (Meda Gran 2), una altra a dins de l'interval (Meda Gran 1), una lleugerament per sota (Meda Petita) i dos moderadament per sota (Montgó i Pedrosa). Pel que fa a la cobertura, totes present valors dins de l'interval de referència, llevat Meda Gran 1 que es troba per sobre (figura 9).

La majoria de les subestacions fondes presenten valors de densitat i cobertura que estan dins o per sobre dels valors de referència establerts, llevat de la densitat de la subestació Meda Petita, que es troba lleugerament per sota.

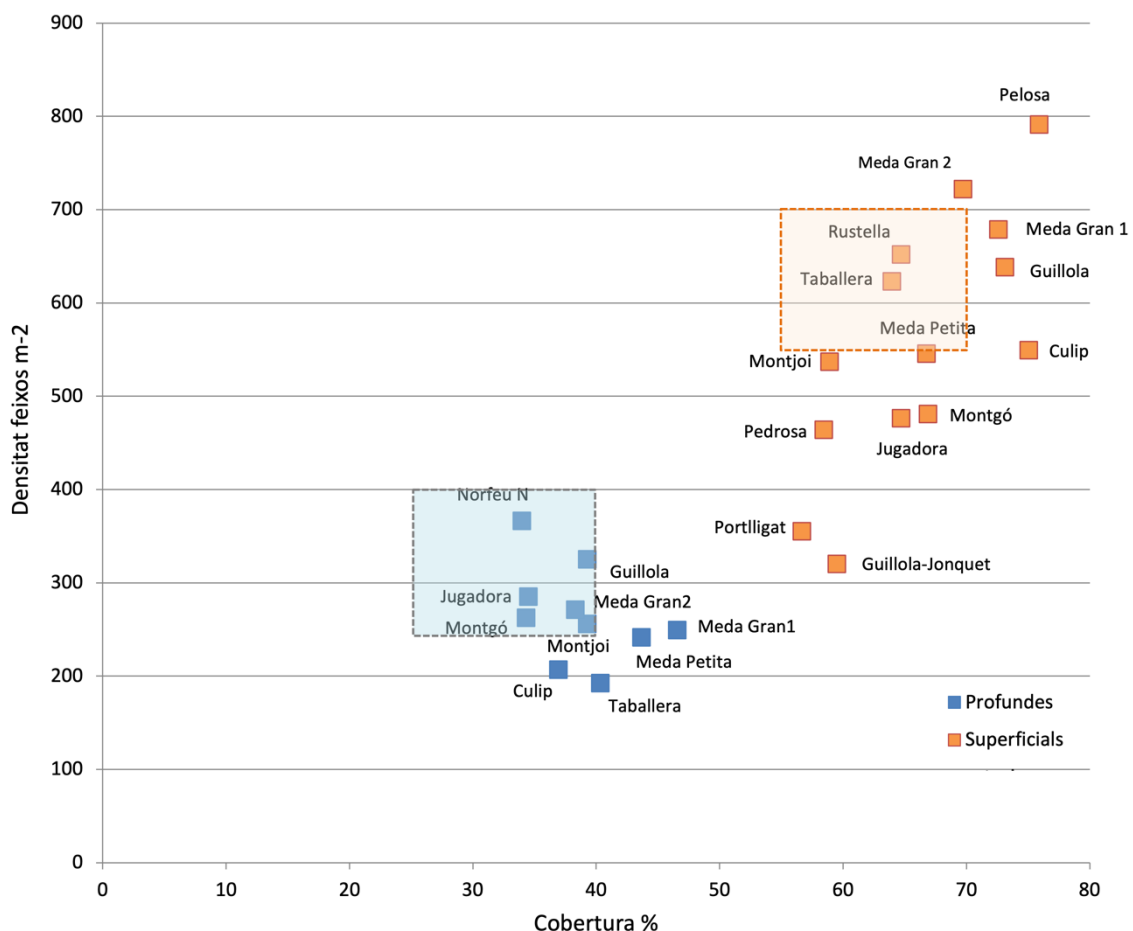


Figura 9. Representació conjunta dels valors de densitat (eix vertical) i dels de cobertura (eix horitzontal), per a totes les estacions i subestacions. S'han representat també els valors de referència, en forma d'interval, que corresponen als dos quadrats dibuixats en traç discontinu i ombrejats.

Valoració basada en les fites

Pel que fa al seguiment de les fites cal, abans de tot, recordar que es tracta d'un mètode que dona una idea de l'evolució del sistema, en el seu límit inferior, a llarg termini, i que, encara que hi ha informació dispersa bastant anterior, les dades sistemàtiques només cobreixen el període 2014-2022. Amb aquesta limitació present, podem remarcar alguns fets a tall de consideracions, que caldrà anar replantejant en exercicis successius.

- a) Praderies de cap de Creus: la tendència global entre 2014 i 2022 és d'estabilitat. Particularitzant per estacions, en trobem amb progressions (Taballera, Montjoi) i regressions poc (Culip i Guillola) o moderadament (Jugadora) importants. Aquesta situació estable, i per tant optimista, contrasta amb la situació anterior a 2014, ja que tenim constància de regressions d'una certa importància a Jugadora, Montjoi i, sobretot, Culip.
- b) Praderies de Medes-Montgrí: la tendència general entre 2014 i 2022 és clarament heterogènia, i inclou una regressió lleu (Montgó), una de més important (Meda Petita) i una progressió (Meda Gran 1 i 2) que, malgrat la seva modèstia, es segueix mantenint any rere any. La tendència regressiva a la part de la Meda Petita està recolzada per dades històriques, algunes de les quals es remunten a 1987, i semblen indicar bastants metres de regressió. Com a nota optimista, a més de la progressió a la Meda Gran, cal afegir que la regressió tant a Montgó com a la Meda Petita semblen haver-se aturat.

Valoració basada en l'evolució en el temps de la densitat i cobertura de les praderies

La diagnosi de l'evolució en el temps dels valors de densitat i cobertura de les praderies l'abordem de dues formes: una, analitzant dades bibliogràfiques i documentals anteriors al 2014, i l'altra comparant els resultats del present exercici amb les nostres dades anteriors. Pel que fa a la comparació bibliogràfica ja exposada amb prou detall a les memòries de 2014 i 2016, tan sols recordarem que la conclusió general era que ni la cobertura ni la densitat havien sofert cap davallada durant el període anterior al 2014 del qual es disposés d'informació (2008-2014).

Pel que fa a la comparació en l'anàlisi de les tendències temporals que es desprenen de les cinc campanyes de seguiment (2014, 2016, 2018, 2020 i 2022) fetes pel nostre equip, cal comentar que les estacions de Guillola-Jonquet i Rustella (iniciades el 2020) no han estat incorporades a les anàlisis per disposar poques dades. La densitat i la cobertura varien molt poc, en termes generals (figura 10). Considerant separatament, per a les dues variables, cada combinació de profunditat (superfície i fons) i àmbit geogràfic (cap de Creus i Montgrí-Medes), i fent la mitjana per totes les subestacions dins de cada combinació, val a dir que, el 2022, apareix a les subestacions superficials de cap de Creus, una tendència significativa a augmentar la densitat, fet no detectat en exercicis anteriors. Com en anys anteriors, no trobem cap tendència a les densitats de les subestacions profundes, ni a la cobertura de cap subestació (ni superficial ni profunda). Pel que fa a Montgrí-Medes, on l'any 2020 es va detectar una tendència significativa a disminuir en la densitat de les subestacions profundes, comprovem enguany que aquesta tendència passa a no ser

significativa. Per altra banda, la cobertura ha passat de no tenir cap tendència a tenir una tendència a augmentar a les subestacions profundes. Aquestes afirmacions cal prendre-les amb cautela, al menys si les volem interpretar com a indicadors de tendències a mig termini prou robustes. Més aviat, i tenint en compte altres seguiments a més llarg termini (Romero *et al.* 2012) l'escenari que semblen dibuixar és la d'unes certes fluctuacions al voltant d'uns valors mitjans prou estables. En tot cas, s'haurà de veure com evolucionen aquestes variables en els següents mostrejos del seguiment.

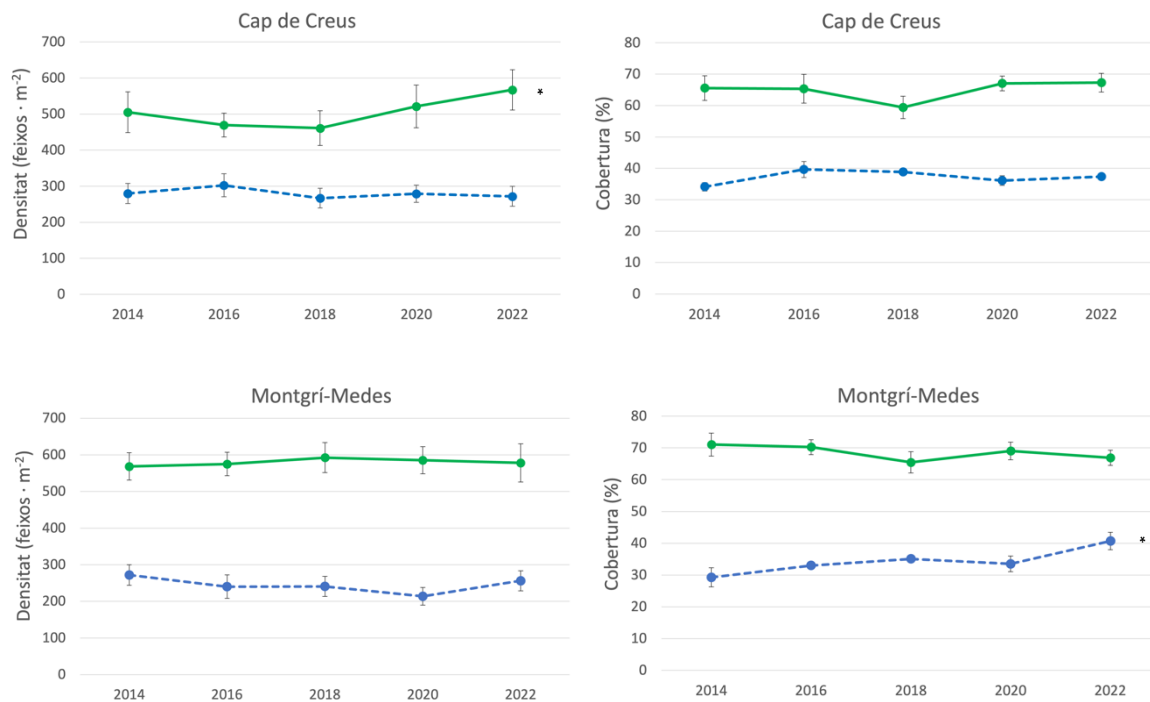


Figura 10. Tendències temporals globals (valors obtinguts com a mitjanes dels resultats de totes les subestacions de cada combinació de profunditat i àmbit geogràfic) de la densitat i de la cobertura de les subestacions superficials (línies verdes) i profundes (línies blaves discontinües) de cap de Creus i Montgrí-Medes. Els canvis només són significatius a les línies marcades amb *.

Si anem una mica més enllà d'aquestes tendències (o manca de tendències) generals, i fem una anàlisi de més detall subestació per subestació, del total de 44 observacions (excloent Guillola-Jonquet i Rustella, amb només dos anys) de què disposem amb dades de tres o més anys (22 subestacions amb dos descriptors, cobertura i densitat), n'hi ha (taules 9 i 10 i figures 11 i 12):

- 33 (75%) sense cap tendència (és a dir, estables)
- 7 (16%) amb tendència a augmentar valors, tant de densitat (Portlligat, Pelosa, Montjoi, Meda Gran 2 i Meda Petita superficials), com de cobertura (Meda Gran 1 i Meda Petita profundes)
- 4 (9%) a disminuir (Taballera, Meda Gran 1 profundes i Pedrosa, pel que fa a la densitat, i Taballera profunda pel que fa a la cobertura)

És important remarcar que aquestes tendències, malgrat ser estadísticament significatives, tenen sempre un cert grau de fluctuació; és a dir, cap subestació mostra una tendència mantinguda ni a l'alça ni a la baixa repetides any rere any, excepte, potser, el cas de la cobertura de Meda Gran 1, amb una tendència a augmentar. Tampoc veiem coincidències temporals en les pujades i baixades dels dos descriptors dins d'una mateixa subestació. Val a dir que les proporcions abans esmentades de 75-16-9 (estable-creix-decreix) eren al 2020 de 78-9-13.

Amb tot això reforcem la nostra afirmació precedent sobre l'estabilitat global de les praderies de les zones estudiades, on es produeixen fluctuacions locals però no pas canvis homogenis en l'espai i mantinguts en el temps. Evidentment, caldrà restar amatents als casos particulars d'evolució negativa que hem esmentat, afirmació que val tant per les praderies de cap de Creus com per les de Montgrí-Medes, ja que els casos "problemàtics" es reparteixen més o menys per igual entre ambdós espais.

Taula 9. Comparació de dades mitjanes (\bar{y}) de densitat de feixos (amb el seu error estàndard, ES) de les praderies de les subestacions de cap de Creus i de Montgrí-Medes corresponents al seguiment dels anys 2014, 2016, 2018, 2020 i 2022. A la darrera columna s'indica, d'existir, la tendència estadísticament significativa creixent (verd) o decreixent (vermell), o NT en cas que no n'hi hagi cap.

Subestació	DENSITAT										Tendències (p<0,05)
	2014		2016		2018		2020		2022		
	\bar{y}	ES	\bar{y}	ES	\bar{y}	ES	\bar{y}	ES	\bar{y}	ES	
Taballera sup	584	27	546	24	577	12	463	32	623	24	NT
Taballera prof	-	-	259	13	252	25	233	14	193	15	Decreixent
Culip sup	456	14	484	25	408	35	479	32	549	36	NT
Culip prof	212	11	221	15	249	7	233	16	207	20	NT
Jugadora sup	459	36	368	19	315	26	397	28	476	40	NT
Jugadora prof	247	25	306	20	213	23	237	14	285	21	NT
Guillola sup	628	31	482	21	467	60	574	26	638	33	NT
Guillola prof	276	22	296	19	277	17	293	12	325	29	NT
Guillola-Jonquet	-	-	-	-	-	-	340	25	320	25	-
Portlligat	259	20	369	27	351	28	389	28	355	31	Creixent
Norfeu N	394	28	450	38	394	28	382	24	366	41	NT
Pelosa	711	29	602	46	679	19	812	32	791	47	Creixent
Montjoi sup	439	43	434	26	430	19	534	32	537	35	Creixent
Montjoi prof	268	19	284	11	218	14	296	19	256	9	NT
Rustella	-	-	-	-	-	-	733	49	652	36	-
Montgó sup	556	15	654	29	660	27	616	21	481	22	NT
Montgó prof	253	16	271	18	285	28	268	24	263	16	NT
Pedrosa	584	18	591	19	625	31	555	25	464	22	Decreixent
Meda Gran 1 sup	663	27	589	32	652	46	646	36	679	20	NT
Meda Gran1 prof	335	16	235	23	259	27	170	19	249	16	Decreixent
Meda Gran 2 sup	602	37	584	52	589	30	654	48	722	53	Creixent
Meda Gran2 prof	267	27	238	24	180	16	207	18	271	15	NT
Meda Petita sup	436	26	457	25	436	21	454	24	546	33	Creixent
Meda Petita prof	233	15	216	17	239	11	211	15	241	11	NT

Taula 10. Comparació de dades mitjanes (\bar{y}) de cobertura (amb el seu error estàndard, ES) de les praderies de les subestacions de cap de Creus i de Montgrí-Medes corresponents al seguiment dels anys 2014, 2016, 2018, 2020 i 2022. A la darrera columna s'indica la tendència estadísticament significativa creixent (verd) o decreixent (vermell), o NT en cas que no n'hi hagi cap.

Subestació	COBERTURA										Tendències ($p < 0,05$)	
	2014		2016		2018		2020		2022			\bar{y}
	\bar{y}	ES	\bar{y}	ES	\bar{y}	ES	\bar{y}	ES	\bar{y}	ES		
Taballera sup	59	3	82	5	63	3	63	2	64	8	NT	
Taballera prof	-	-	49	1	42	3	39	1	40	2	Decreixent	
Culip sup	80	5	68	4	63	4	72	4	75	5	NT	
Culip prof	34	6	42	4	39	1	34	2	37	1	NT	
Jugadora sup	67	4	56	4	65	5	62	2	65	3	NT	
Jugadora prof	36	6	41	6	40	3	30	2	35	3	NT	
Guillola sup	74	4	67	8	53	7	73	3	73	5	NT	
Guillola prof	32	6	39	4	40	5	38	4	39	0	NT	
Guillola- Jonquet	-	-	-	-	-	-	65	10	59	3	-	
Portlligat	52	7	45	5	42	5	51	3	57	5	NT	
Norfeu N	39	2	37	2	36	6	41	4	34	9	NT	
Pelosa	70	5	73	4	71	4	75	3	76	6	NT	
Montjoi sup	55	4	66	2	59	7	60	3	59	6	NT	
Montjoi prof	30	4	30	5	36	5	35	1	39	2	NT	
Rustella	-	-	-	-	-	-	54	7	65	10	-	
Montgó sup	67	5	69	2	76	4	76	3	67	5	NT	
Montgó prof	31	5	34	4	37	5	36	1	34	6	NT	
Pedrosa	60	3	70	3	68	3	73	4	58	5	NT	
Meda Gran 1 sup	78	4	79	3	64	5	71	5	73	10	NT	
Meda Gran1 prof	25	3	32	4	34	2	39	4	47	1	Creixent	
Meda Gran 2 sup	80	5	69	4	64	4	62	4	70	1	NT	
Meda Gran2 prof	37	1	33	3	32	2	31	1	38	3	NT	
Meda Petita sup	70	3	65	2	56	1	63	5	67	6	NT	
Meda Petita prof	24	3	33	1	37	4	28	5	44	2	Creixent	

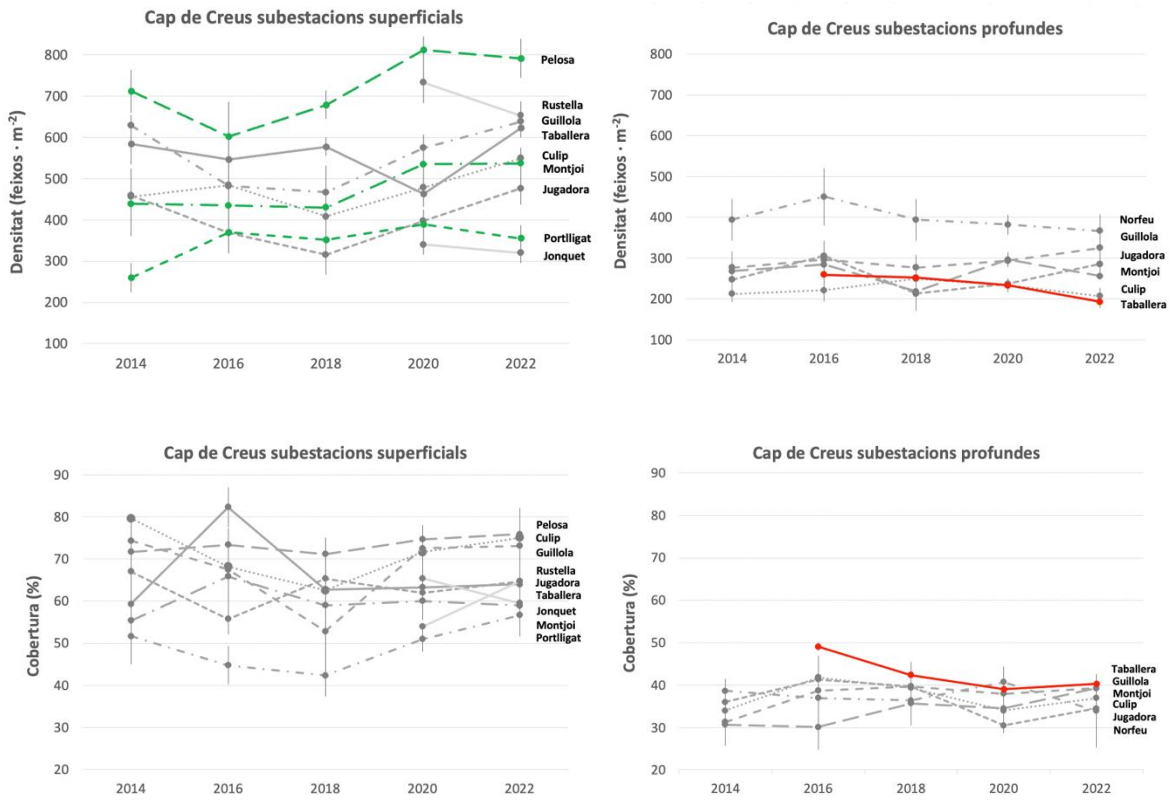
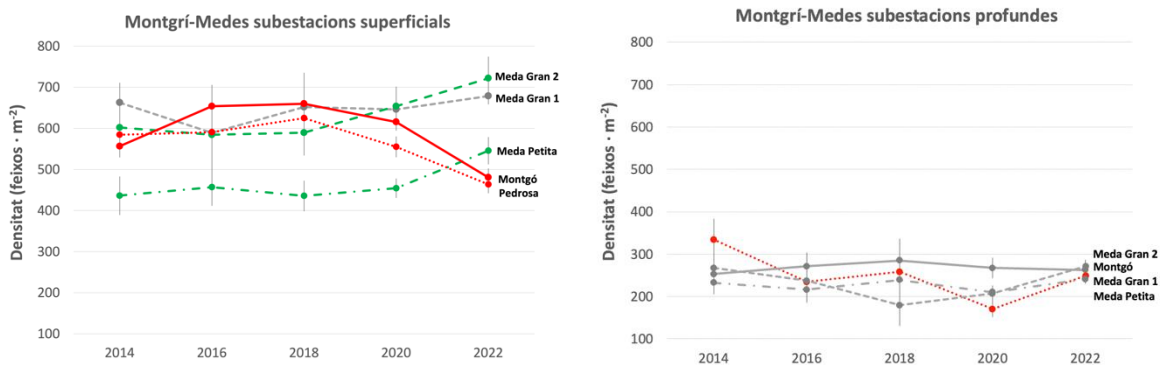


Figura 11. Tendències temporals de la densitat i cobertura de les praderies de les subestacions superficials i profundes de cap de Creus. Les subestacions amb tendències significatives apareixen ressaltades, en vermell (decreixents) o en verd (creixents). En gris, subestacions sense tendència significativa. El tipus de línia no té cap significat, només és per facilitar la visualització.



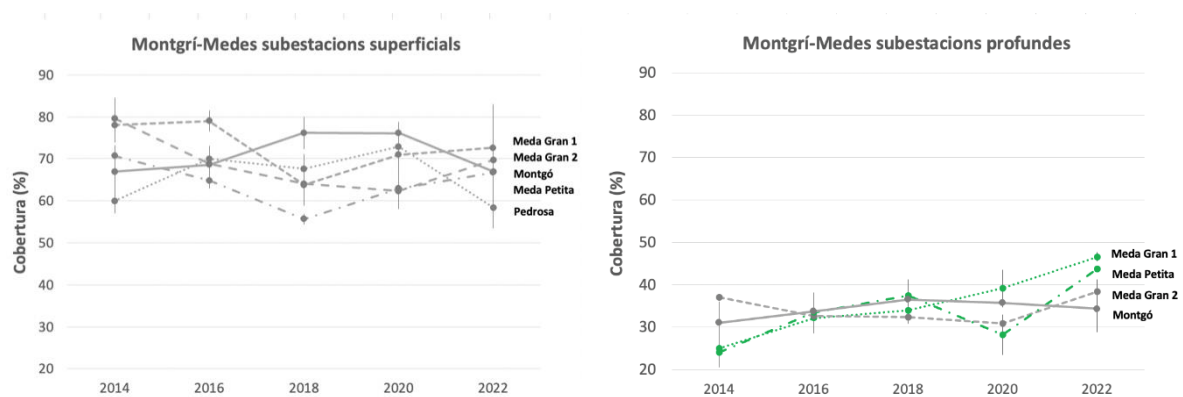


Figura 12. Tendències temporals de la densitat i cobertura de les praderies de les subestacions superficials i profundes de la costa de Montgrí i les illes Medes. Les subestacions amb tendències significatives apareixen ressaltades, en vermell (decreixents) o en verd (creixents). En gris, subestacions sense tendència significativa. La cobertura de l'estació de Montgó superficial està en el límit de la significació ($p=0,05$). El tipus de línia no té cap significat, només és per facilitar la visualització.

Enterrament

L'enterrament (recordem, l'enterrament positiu és, de fet, un desenterrament), en termes generals (fent les mitjanes de les subestacions, per fondàries i àmbits geogràfics, figura 14), mostra tendències d'augment significatives en els dos parcs i en les diferents fondàries, a excepció de les subestacions profundes de Montgrí-Medes (figura 13). Si fem una anàlisi de més detall de cada subestació, del total de 22 observacions de què disposem amb dades de quatre o més anys, n'hi ha 9 (41%) que no presenten cap tendència, 13 (59%) que presenten una tendència a augmentar i cap a disminuir (figura 14). Així, a les subestacions de cap de Creus les plantes es varen desenterrar, de mitjana, entre 1,3 i 1,6 cm entre 2014 i 2022, mentre que les de Montgrí-Medes, entre 1,3 i 2,4 cm. Culip, Montjoi i Pelosa són les subestacions que presenten una tendència a desenterrar-se més, mentre que a les subestacions profundes, només Culip i Norfeu són les que no presenten cap tendència (figura 14). Pel que fa a Montgrí-Medes, cal destacar la tendència, ja observada el 2020, al desenterrament progressiu i constant de les subestacions superficials (figura 14), que es fa especialment palesa a les subestacions de les illes Medes amb uns 3 cm de desenterrament entre 2014 i 2022. Les subestacions superficials de Montgó (2,5 cm més enterrada entre 2014 i 2016) i la de Pedrosa (fluctuant sense tendència) se separen del patró de les illes Medes. Pel que fa a les subestacions profundes, hi ha una tendència molt fluctuant en el temps sobretot, en les subestacions de Montgó i Meda Petita.

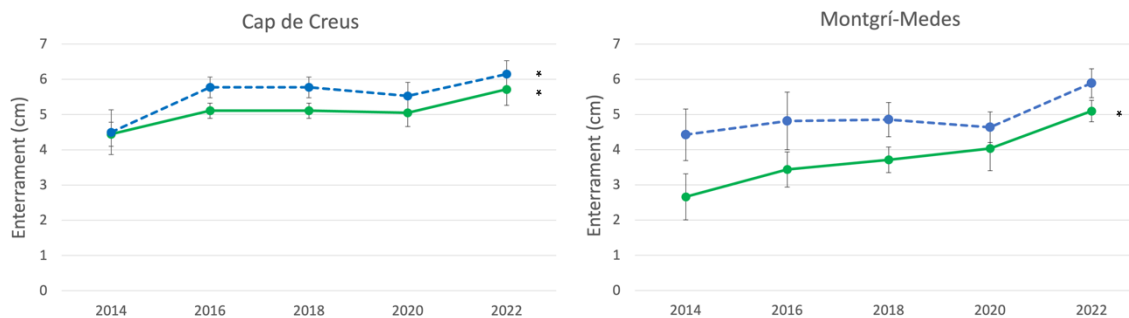


Figura 13. Tendències temporals globals de l'enterrament dels feixos de les praderies de les estacions superficials (línies verdes) i profundes (línies blaves discontinües) de cap de Creus i Montgrí-Medes. Els canvis només són significatius a les línies marcades amb *.

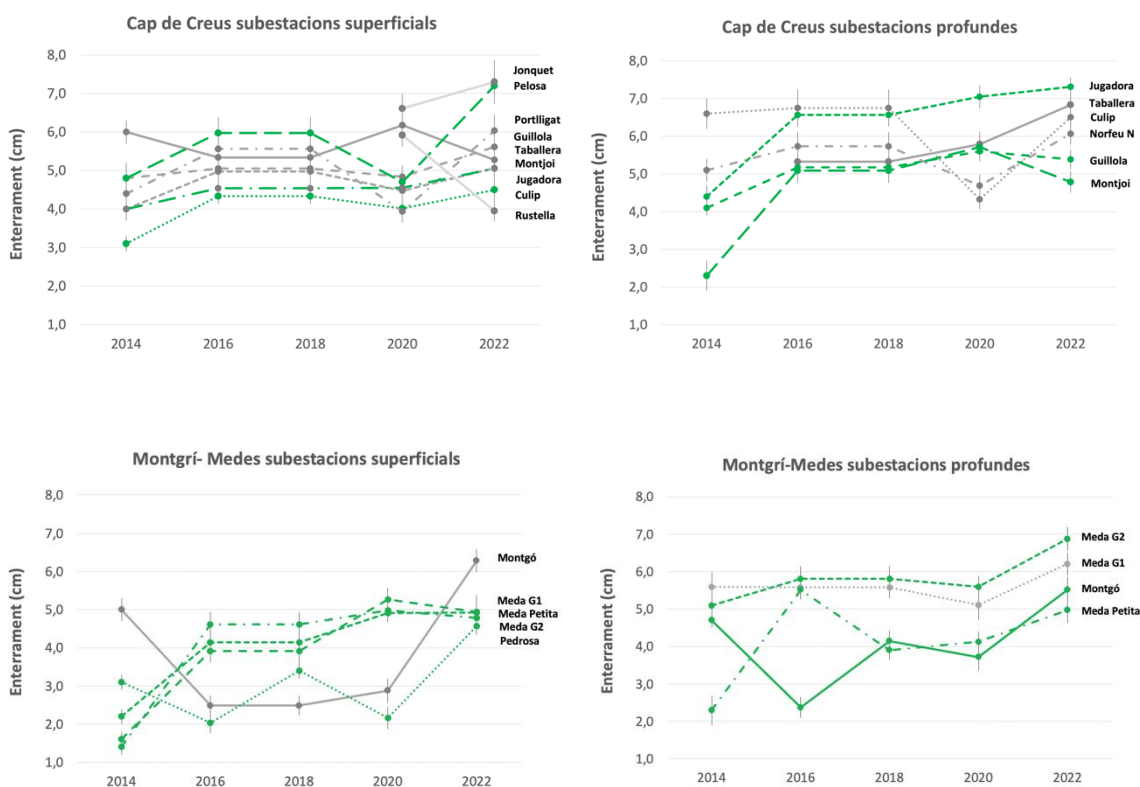


Figura 14. Tendències temporals de l'enterrament dels feixos de les praderies de les subestacions superficials i profundes de cap de Creus i de Montgrí-Medes. Les subestacions amb tendències significatives apareixen ressaltades en verd (creixents). En gris, subestacions sense tendència significativa.

Nacres

La mortalitat de nacres causades pel paràsit *Haplosporidium pinnae*, potser en combinació amb un micobacteri, ha arribat a un extrem devastador, i les poblacions de nacres d'ambdós espais protegits han quedat pràcticament eliminades, llevat d'un petit nombre d'individus que és molt difícil d'avaluar.

Valoració global

Tenint en compte tots els aspectes discutits fins ara, és a dir: (a) els valors quantitius de densitat i cobertura, comparats amb els valors de referència; (b) els valors quantitius de densitat i cobertura al llarg del temps; (c) els canvis en els límits profunds i (d) les observacions qualitatives, hem intentat una valoració global basada, de manera conjunta, en tots els criteris esmentats. Per major claredat, hem resumit en una taula les apreciacions basades en les variables quantitatives (taula 11), en una altra les basades en els atributs qualitius (taula 12) i, finalment, hem combinat ambdues per arribar a una diagnosi global de les praderies estudiades (taula 13).

Taula 11. Resum de les valoracions quantitatives que ens serveixen per avaluar les subestacions estudiades, i valoració quantitativa global pel 2022. Pels valors de densitat i de cobertura s'ha utilitzat el següent criteri: **molt alts**, per sobre del llindar superior de l'interval de referència; **alts**, entre el valor mitjà de referència i el seu llindar superior; **normals**, entre el valor mitjà i el llindar inferior; **baixos**, per sota del llindar de referència però per sobre de la meitat d'aquest; **molt baixos**, per sota de la meitat del llindar inferior dels valors de referència. En tots els casos s'ha tingut en compte l'error estàndard de les nostres estimacions. Els canvis en densitat i cobertura són els valorats com significatius a les taules 9 i 10, i per tant es refereixen al període 2014-2022; **NT** (no tendència) indica que els valors no canvien. Els canvis en els límits provenen de les taules 5 i 7, i també es refereixen al període 2014-2022; es considera un canvi important si és de més d'un metre, moderat d'entre 1 metre i 10 cm i poc important de menys de 10 cm. S'han destacat en vermell els valors que poden considerar-se desfavorables, i en verd els favorables. Per la diagnosi global, s'ha utilitzat el següent criteri: **molt bo**, cap criteri en vermell i dos o més valors en verd; **bo**, un màxim d'un criteri en vermell; **moderat**, un màxim de dos criteris en vermell; **dolent**, tres criteris en vermell; **molt dolent**, tots els criteris en vermell. Es dona també com a referència la diagnosi feta el 2020 (millora (+), igual (=) i empitjora (-)).

Parc natural	Subestació	Valors densitat	Valors cobertura	Canvis densitat	Canvis cobertura	Canvis límit profund	Diagnosi estat
Cap de Creus	Taballera sup	Normals	Normals	NT	NT	-	BO (+)
	Taballera prof	Baixos	Alts	Decreixent	Decreixent	Progressió poc important	DOLENT (-)
	Culip sup	Normal	Alts	NT	NT		BO (=)
	Culip prof	Baixos	Alts	NT	NT	Estable	BO (=)
	Jugadora sup	Baixos	Normals	NT	NT	-	BO (=)
	Jugadora prof	Normals	Normals	NT	NT	Regressió moderada	BO (=)
	Guillola sup	Normals	Alts	NT	NT	-	BO (=)
	Guillola prof	Normals	Alts	NT	NT	Regressió poc important	BO (=)
	Guillola-Jonquet	Baixos	Normal	-	-	-	MODERAT(=)
	Portlligat	Baixos	Normal	Creixent	NT	-	BO (+)
	Norfeu N	Normals	Normal	NT	NT	-	BO (-)
	Pelosa	Molt alts	Molt alts	Creixent	NT	-	MOLT BO (=)

	Montjoi sup	Baixos	Normals	Creixent	NT	-	BO (=)
	Montjoi prof	Normals	Alts	NT	NT	Progressió poc important	MOLT BO (+)
	Rustella	Normals	Normals	-	-	-	MODERAT (-)
Montgrí -Medes	Montgó sup	Baixos	Normals	NT	NT	-	BO (-)
	Montgó prof	Normals	Normals	NT	NT	Regressió moderada	BO (=)
	Pedrosa	Baixos	Normals	Decreixent	NT	-	MODERAT (-)
	Meda Gran 1 sup	Normals	Alts	NT	NT	-	MOLT BO (=)
	Meda Gran1 prof	Normals	Molt Alts	Decreixent	Creixent	Progressió moderada	BO (+)
	Meda Gran 2 sup	Alts	Normals	Creixent	NT	-	MOLT BO (+)
	Meda Gran2 prof	Normals	Alts	NT	NT	Progressió moderada	MOLT BO (+)
	Meda Petita sup	Normals	Normals	Creixent	NT	-	BO (=)
	Meda Petita prof	Normals	Alts	NT	Creixent	Regressió moderada	BO (+)

*no s'ha tingut en compte els canvis respecte el 2020 ja que disposem d'insuficients dades temporals (dos anys)

Taula 12. Resum de diferents aspectes qualitius extrets de les taules de diagnosi de cada estació, que ens serveixen per fer la diagnosi qualitativa pel 2022. Les apreciacions es refereixen al nivell de preocupació generat pels símptomes detectats a cada praderia. Es dona també com a referència la diagnosi feta el 2020 (millora (+), igual (=) i empitjora (-)).

Parc natural	Estació	Feixos arrencats	Mata morta	Clarianes	Limit profund regressiu	Deixalles	Fondejos fixes	Diagnosi 2022
Cap de Creus	Taballera	lleu	-	-	lleu	moderat	-	BO (=)
	Culip	-	moderat	lleu	alt	lleu	lleu	MODERAT (=)
	Jugadora	-	lleu	-	moderat	-	lleu	BO (=)
	Guillola	-	alt	alt	alt	-	lleu	MODERAT (=)
	Portlligat	-	moderat	moderat	-	lleu	lleu	MODERAT (=)
	Norfeu N	-	lleu	-	-	-	-	BO (=)
	Pelosa	-	moderat	-	-	moderat	moderat	MODERAT (=)
	Montjoi	lleu	lleu	lleu	lleu	-	moderat	BO (=)
Montgrí-Medes	Montgó	-	moderat	lleu	moderat	-	moderat	MODERAT (=)
	Pedrosa	-	-	-	-	-	-	BO (=)
	Medes	-	lleu	lleu	lleu	-	lleu	BO (=)

Taula 13. Resum dels resultats de les avaluacions qualitativa i quantitativa de 2022, encara que la valoració quantitativa inclou criteris temporals que impliquen dades d'anys anteriors. Es proposa una diagnosi global, seguint un criteri d'expert, i tenint en compte ambdues valoracions, ponderant la importància de cada un dels aspectes considerats.

Parc Natural	Estació	Subestació	Diagnosi quantitativa 2022	Diagnosi qualitativa 2022	Diagnosi global 2022
Cap de Creus	Taballera	Taballera sup	BO	BO	BO (=)
		Taballera prof	DOLENT		
	Culip	Culip sup	BO	MODERAT	BO (=)
		Culip prof	BO		
	Jugadora	Jugadora sup	BO	BO	BO (=)
		Jugadora prof	BO		
	Guillola	Guillola sup	BO	MODERAT	MODERAT (=)
		Guillola prof	BO		
		Guillola-Jonquet	MODERAT*		
	Portlligat	Portlligat	BO	MODERAT	MODERAT (=)
	Norfeu N	Norfeu N	BO	BO	BO (=)
	Pelosa	Pelosa	MOLT BO	MODERAT	MODERAT (=)
	Montjoi	Montjoi sup	BO	BO	BO (=)
Montjoi prof		MOLT BO			
Rustella	Rustella	MODERAT*	BO/MOLT BO	BO* (=)	
Montgrí-Medes	Montgó	Montgó sup	BO	MODERAT	MODERAT (=)
		Montgó prof	BO		
	Pedrosa	Pedrosa	MODERAT	BO	BO (=)
	Meda Gran	Meda Gran 1 sup	MOLT BO	BO	BO (=)
		Meda Gran1 prof	BO		
		Meda Gran 2 sup	MOLT BO		
		Meda Gran2 prof	MOLT BO		
	Meda Petita	Meda Petita sup	BO	MODERAT	MODERAT (=)
		Meda Petita prof	BO		

*Dades incompletes.

La valoració general de les praderies és, majoritàriament, bona (57% de les estacions), però un nombre relativament elevat està en estat només moderat (43% de les estacions). Aquest nombre pot sorprendre o preocupar, però es relativitza si es tenen en compte dos fets. El primer d'ells és que, si considerem només les dades quantitatives, casi un 80% de les valoracions serien molt bo (21%) o bo (58%). És a dir, són les apreciacions qualitatives les més pessimistes. En aquest context, hem de tenir en compte que les apreciacions qualitatives són essencialment estructurals, i la gran inèrcia d'aquests sistemes fan que es recuperin molt a poc a poc de qualsevol pertorbació, acumulant per tant els indicadors negatius al llarg de la seva història. Clarament, entre 2018 i 2022 no hem vist canvis importants en les exploracions extensives, malgrat l'impacte d'un temporal excepcional (el *Gloria*), fet que reforça aquesta idea d'acumulació històrica. El segon fet a tenir en compte és que les estacions en estat moderat no semblen tenir res en comú. Així, dins del grup de les "moderades", tenim estacions tant de cap de Creus com de Montgrí-Medes, i estacions tant

on es fondeja com on no. En general, no trobem cap situació greu en les praderies de cap de Creus ni de Medes-Montgrí, encara que caldrà continuar seguint l'evolució futura de les estacions (o, específicament, subestacions, quan calgui) amb valoració "moderat" amb atenció. Sobre aquestes estacions fem alguns comentaris a continuació.

L'estació de Guillola (en el seu conjunt) mostra uns bons indicadors quantitius, llevat de la nova subestació de Jonquet. Ara bé, els motius pels quals li hem assignat un estat "moderat" són: (i) l'existència de clarianes de mata importants a fondàries intermèdies, que no són compatibles amb un bon estat, encara que semblen existir des de fa cert temps; (ii) la presència d'algun límit profund regressiu, regressió que, com hem dit, pot ser antiga; i (iii) la baixa densitat de la subestació de Jonquet. Aquesta subestació va ser escollida precisament dins la zona de bany, i per tant sense (o amb molts menys) efectes de les àncores, i per tant la baixa densitat és una mica sorprenent. Les causes podrien ser les mateixes que a Portlligat (vegeu aquí sota, explicació b).

L'estació de Portlligat (només existeix subestació superficial) no es troba en bona situació d'ençà que es va començar el seguiment. Curiosament, a Portlligat, si bé és cert que hi ha una important freqüentació per embarcacions, l'ancoratge està prohibit des de fa més de quinze anys, i el fondeig permanent és de baix impacte. Proposem tres explicacions no excloents per entendre la situació d'aquesta praderia, les mateixes que en anys anteriors:

- a) Que la causa de la baixa densitat sigui històrica, és a dir, que després de la gran quantitat d'ancoratges i morts incontrolats patida durant molt d'anys (probablement des de mitjans dels 70, i fins a principis dels 2000), la praderia no hagi tingut encara temps de recuperar-se.
- b) Que la causa de la baixa densitat sigui natural, relacionada amb el confinament de les aigües de Portlligat, que afavoreix la deposició de matèria orgànica (inclosa la produïda per la mateixa praderia) i l'anoxificació del sediment.
- c) Que la causa de la baixa densitat estigui associada a l'elevada freqüentació d'embarcacions en un ambient relativament confinat, per causes diferents de l'ancoratge (restes orgàniques, hidrocarburs, altres contaminants, brutícia, etc.).

En l'estat actual dels coneixements, no podem descartar cap d'aquestes tres hipòtesis, ni donar més probabilitats de certesa a l'una que a l'altra. El que potser cal recordar és que la qualitat de l'aigua a Portlligat no pot ser massa dolenta, ja que ha sostingut magnífiques poblacions de nacs (actualment desaparegudes per l'epizoòtia ja comentada), espècie més o menys sensible a la contaminació (Lozano *et al.* 2013); això fa que l'explicació (c) sigui la menys versemblant. L'augment detectat l'any 2016 en la densitat de feixos sembla que es manté actualment, mentre que la cobertura sembla estabilitzada. Cal seguir atents a l'evolució temporal d'aquesta praderia.

L'estació de la Pelosa (amb només subestació superficial) és una mica singular. En general, els descriptors quantitius d'aquesta praderia donen valors molt bons. Ara bé, la pèrdua d'una enorme superfície per l'explosió d'una mina l'any 2013 fa que, en el seu conjunt, estigui lluny d'un estat òptim, per la denudació d'una gran superfície a la seva part central. Malauradament, es veu difícil pensar en accions concretes que ajudin a la seva recuperació, que segurament serà molt llarga, d'unes quantes dècades pel capbaix. A més, cal afegir que a aquesta superfície denudada s'hi ha

instal·lat *Caulerpa cylindracea*, Tot i que, de moment, l'alga no sembla afectar a la praderia en si, serà important fer un seguiment de la seva evolució.

L'estació **cala Montgó** presenta uns bons indicadors quantitius, encara que sigui una zona molt freqüentada i amb importants pressions de fondeig, la regulació dels quals sembla haver millorat des del 2020. La qualificació del seu estat com "moderat" obeeix a la presència d'una regressió important en la seva part superficial, també antiga. Caldrà veure com evoluciona la gestió dels fondejos.

Finalment, cal esmentar que a la praderia enfront de la **Meda Petita**, tot i presentar uns valors quantitius bons, ens trobem amb una regressió important patida fins a 2016, i estabilitzada el 2018 i ençà. No podem atribuir aquests fets a causes que no siguin naturals. També enguany hem trobat una petita taca de *Caulerpa cylindracea* més enllà del límit profund d'aquesta praderia.

El fondeig i altres pressions

La freqüentació i l'ancoratge per part d'embarcacions esportives és una de les pressions sobre els alguers que més preocupa. La major part d'embarcacions esportives que visiten les cales o trams de costa estudiats hi fondegen, tirant l'àncora, o bé agafant-se a morts o altres tipus de fondeig allà on l'ancoratge és prohibit o regulat. En principi, cal distingir entre el fondeig de dia (el que fan els vaixells esportius durant un temps que oscil·la entre uns minuts i unes poques hores, més rarament un dia o més) i el fondeig de temporada o permanent (el què fan per la temporada estival). El primer es du a terme amb l'àncora, llevat de les zones on hi ha camps de boies; els seus efectes destructius s'originen, sobretot, per l'arrencament de feixos en el moment de llevar l'àncora, o bé si l'embarcació garreja, o, secundàriament, per l'arrossegament de la cadena sobre les plantes. El segon es basa en estructures permanents, com ara morts de formigó, més rarament àncores de mida gran, amb cadenes o caps i una boia a superfície, o bé caragols i d'altres tipus de fondejos ecològics. El seu efecte destructiu el produeix l'estructura en si mateixa, a més de l'arrossegament de les cadenes, quan n'hi ha, pel fons, i també per les boies si s'enfonsen per un mal manteniment. Alguns camps de boies per fondeig de dia o de temporada són de baix impacte (també anomenats ecològics); les illes Medes i Portlligat en són els exemples més importants. Malgrat el seu disseny respectuós amb les plantes, un manteniment incorrecte d'aquests camps de boies de baix impacte pot causar danys sobre les praderies, per exemple en el cas en què les boies es malmetin, s'enfonsin amb el cap i s'arrossequin pel fons. A banda dels efectes mecànics, la freqüentació per embarcacions pot comportar altres tipus de danys sobre les praderies, com ara eutrofització per descàrregues de matèria orgànica (encara que avui dia la major part dels vaixells amb inodor no llencen les aigües brutes al mar), contaminació per hidrocarburs (olis de sentines, restes de combustible, etc.) o altres contaminants (per exemple, per les pintures *antifouling* o, com indiquen alguns autors, les cremes protectores solars). Aquesta freqüentació és també l'origen de les deixalles diverses que hem anat observant i que, encara que no tenen un impacte ecològic significatiu, sí que ho tenen visual.

Hem recopilat dades per tal d'avaluar la intensitat de l'ancoratge, i en general del fondeig, sobre les diferents estacions estudiades, i a tal efecte hem recorregut als treballs de Romero *et al.* (2004), Lloret *et al.* (2008), Fuentes-Rosúa (2011) i Membrive (2020; amb dades procedents de l'òrgan gestor del Parc Natural), tots ells referits a cap de Creus. En fem un resum a la taula 14. Cal tenir present que la pressió és funció no del nombre total d'embarcacions sinó d'altres variables (densitat, eslores, temps de permanència i renovació, tipus de fondeig, etc.). A banda d'això, la meteorologia de la zona, canviant i no sempre benigna, fa que les àrees de fondeig vagin variant, i que sense un seguiment molt exhaustiu es faci difícil tenir una bona estimació de la pressió acumulada al llarg de l'any.

Taula 14. Recull de dades sobre el nombre d'embarcacions fondejades a les estacions. Les dades han estat obtingudes amb criteris molt diferents, i per tant no són comparables entre diferents autors.

Zona	Subestació	Romero <i>et al.</i> (2004)	Lloret <i>et al.</i> (2008)	Fuentes- Rosúa (2011)	Membrive (2020) ¹	Tipus	Comentari
Cap de Creus	Taballera	40	25-50	12	10	dia	-
	Culip	40	<25	38	9	dia	-
	Jugadora	22	<25	9	2	dia	-
	Guillola**	60	25-50	26	9	dia	-
	Portlligat	150	-	-	-	temporada	Fondejos de tipus ecològic
	Norfeu N	-	25-50	-	12	dia	
	Pelosa	40	>50	29	21	dia/ temporada	Ancoratges i fondejos permanents amb blocs de formigó***
	Montjoi	90	>50	42	31	dia/ temporada	Ancoratges i fondejos permanents amb blocs de formigó***
	Montgó	-	-	-	-	dia/ temporada	Ancoratges i fondejos permanents amb blocs de formigó i altres; regulació de fondejos a partir de 2020***
Medes-Montgri	Pedrosa	-	-	-	-	dia	Fondejos ecològics a partir de 2020
	Meda Petita	-	-	-	-	dia	Zona estrictament protegida; fondejos de dia amb sistema ecològic
	Meda Gran 1	-	-	-	-	dia	Zona estrictament protegida; fondejos de dia amb sistema ecològic
	Meda Gran 2	-	-	-	-	dia	

¹Amb dades procedents del Parc Natural

*Canvis recents en la pressió.

**La nova subestació de Guillola-Jonquet està dins la zona de bany.

***En aquestes estacions sembla haver-se implantat l'ús del *boyarin* a partir de 2020 i hi ha alguns fondejos ecològics.

Donada la difícil atribució de diferents nivells de pressió de fondeig a cada cala, enguany, tal com vàrem fer el 2020, no hem realitzat una anàlisi estadística formal de les relacions entre pressions i estat. Cal recordar, però, el que ja s'ha dit a altres apartats sobre el fet que dels valors de diagnosi no semblen diferir segons l'existència o no de fondeig. Finalment, hem de recordar que el grau de descalçament de totes les praderies visitades, tot i haver augmentat des del 2014 (mitjanes màximes que estan entre 6 i 7 cm), no indica que les faci més vulnerables del normal als efectes de les àncores (fet que es considera succeix per sobre dels 10-15 cm) o altres pertorbacions.

No hem estimat necessari fer cap anàlisi en funció del nivell de protecció "administratiu", donat que almenys a cap de Creus, les activitats amb impacte potencial sobre les praderies estan igualment permeses a les reserves parcials que al parc natural.

Conclusions

S'han obtingut dades d'una sèrie de descriptors, tant qualitius com quantitius, dels herbeis de *P. oceanica* del Parc Natural de Cap de Creus i del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Un cop tractades, i posades en el context de l'estat actual dels coneixements, aquestes dades permeten extreure una sèrie de conclusions, que es resumeixen a continuació.

Les praderies del Parc Natural de Cap de Creus

- a) Combinant diversos criteris, concloem que la major part de les praderies visitades a cap de Creus estan en bon estat, fins i tot molt bo en alguns casos si només ens fixem en els descriptors quantitius, llevat de les esmentades al punt (b).
- b) Considerem moderat l'estat de les praderies de Guillola, Portlligat i Pelosa. No tenim una explicació prou sòlida per la situació de les dues primeres, però és evident que ha de respondre a causes locals, donat que les tres pateixen pressions molt diferents (freqüentació molt alta a ambdues, però fondeig amb àncora freqüent a Guillola, i camp de boies amb fondeig ecològic a Portlligat). És possible que aquesta desviació del bon estat respongui a una barreja de causes històriques i naturals (confinament de les aigües), més que no pas a pressions actuals. En el cas de Pelosa, la diagnosi de moderat es deu exclusivament a la pèrdua d'una superfície considerable de la praderia per l'explosió d'una mina.
- c) Si bé els valors de densitat d'algunes estacions de cap de Creus estan moderadament per sota dels nivells òptims (Guillola-Jonquet, Portlligat i Jugadora), no sembla que estiguin patint un procés de degradació i regressió generalitzades i les densitats es mantenen, en el seu conjunt, raonablement constants. Només la subestació profunda de Taballera mostra una davallada significativa de la densitat i la cobertura (observada també el 2020). No li veiem una explicació clara a aquesta situació, que caldrà seguir en anys vinents.

- d) Els límits profunds semblen estar, en l'actualitat, en una situació global d'estabilitat.
- e) La mortalitat de nacres per l'epizoòtia del protozou paràsit va deixar quasi sense individus les praderies de cap de Creus. La presència de nacres a les aigües del Parc és, avui dia, esporàdica.
- f) Cal destacar la presència d'altres espècies de fanerògames marines, a més de *Posidonia oceanica* (*Cymodocea nodosa* i *Zostera noltii*). Encara que amb molt poca abundància, la seva presència a, almenys, cala Jugadora, cala Bona, cala Guillola (part del Jonquet) i Portlligat és prou interessant, especialment perquè en molts casos van associades a estructures tipus escull de la mateixa posidònia.
- g) Les afectacions de *Caulerpa cylindracea* a les praderies on la seva presència ha estat detectada són, pel moment, inexistents.

Les praderies del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter

- h) Basant-nos en els mateixos criteris que els emprats per valorar les praderies de cap de Creus, concloem que totes les praderies visitades dins de l'àmbit Montgrí-Medes estan en estat bo (molt bo en alguns casos, si només ens fixem en els descriptors quantitius), llevat de dos casos explicats a l'apartat (i).
- i) Hem valorat l'estat de les praderies de Montgó i de la Meda Petita com a moderat, malgrat que els seus indicadors són bons en general. Les raons són, pel que fa al cas de la Meda Petita, la regressió del seu límit inferior, probablement per causes naturals. En el cas de Montgó, les nombroses clapes de sorra i la regressió (històrica) del seu límit superior en són les raons; caldrà seguir-ne l'evolució en els pròxims anys.
- j) Els valors dels descriptors es mantenen, en el seu conjunt, raonablement constants. Aquesta afirmació es veu reforçada per les dades de l'estació Meda Gran 1, per la que existeix una bona sèrie temporal (35 anys) que confirma la diagnosi d'estabilitat. Si bé és cert que alguns valors de densitat d'algunes estacions superficials de Montgrí-Medes estan lleugerament per sota dels nivells òptims (Montgó i Pedrosa), no sembla que estiguin patint un procés de degradació i regressió generalitzades. La davallada observada el 2022 sembla esporàdica, ja que no ha estat mantinguda en el temps.
- k) Als límits profunds trobem una progressió important a la Meda Gran. Les regressions observades (Meda Petita, Montgó) durant el període estudiat són de molt poca importància.
- l) La mortalitat de nacres per l'epizoòtia del protozou paràsit va ser, igual que a cap de Creus, molt elevada, i enguany no hem observat cap individu viu a la zona de Medes-Montgrí. No es pot descartar la presència de nacres vives a les aigües del Parc, però, d'haver-n'hi, la seva abundància ha de ser extraordinàriament baixa.
- m) Les afectacions a les praderies de Montgrí-Medes per part de *Caulerpa cylindracea* a les praderies de Montgó i Meda Petita, són inexistents.

Els efectes del fondeig

n) Les dades obtingudes fins ara a un elevat nombre d'estacions i en cinc campanyes que cobreixen un període de vuit anys no indiquen cap efecte detectable del fondeig sobre l'estat de les praderies.

Recomanacions

Aspectes generals

- 1) Cal mantenir el seguiment de les praderies dels àmbits protegits de Montgrí-Medes i de cap de Creus com a part essencial del seguiment en el temps del patrimoni natural d'aquests parcs.
- 2) El disseny aplicat els tres darrers exercicis sembla, en funció dels recursos disponibles, molt a prop de l'òptim. Potser es podria pensar en un seguiment extensiu que tingui més resolució que l'actual de les zones entre 5 i 15 metres, per exemple mitjançant drons o ROVs; evidentment, això voldria dir una major inversió econòmica o, alternativament, espaiar més les observacions qualitatives actuals. També caldrà una certa flexibilitat per adaptar, quan s'escaigui, aquest seguiment a les disposicions que figurin al PRUG del Parc Natural de Cap de Creus, actualment en redacció.
- 3) És molt important que la metodologia del seguiment quedi definitivament fixada, i que, independentment de qui executi la feina, se segueixin escrupolosament els protocols per tal que les dades siguin comparables d'un exercici a l'altre, i per tant serveixin realment com a eina de vigilància en el temps d'aquest important patrimoni submergit. La dimensió temporal és imprescindible per identificar i implementar possibles mesures de gestió als espais protegits, i per avaluar la seva eficàcia, així com per detectar canvis amb la promptitud més gran possible. Pels mateixos motius, cal que les mesures i observacions es facin sempre en els mateixos punts.

Praderies del Parc Natural de Cap de Creus

- 4) Es recomana substituir, en un termini de temps raonable, els morts de ciment dels fondejos permanents que estan sobre praderies (cala Montjoi, platja de la Pelosa, d'entre les visitades, però probablement també d'altres, com cala Jòncols) per altres tipus de fondeig de més baix impacte, i vetllar per tal que no s'instal·lin cadenes als fondejos de Portlligat. Si el fondeig amb cadena és l'única opció, ha de fer-se obligatori l'ús del *boyarín* i la retirada de les cadenes a l'hivern. Els morts de ciment han de ser retirats, i l'argument d'integració a la praderia no és vàlid.

- 5) Encara que ultrapassi el tema específic de l'informe, la presència de poblacions d'altres espècies de fanerògames marines (*Cymodocea nodosa* i *Zostera noltii*), de vegades associades a estructures d'esculls relictos, dona un valor afegit al Parc, té un cert interès natural i seria desitjable donar-les a conèixer i, si es detecten impactes, conservar-les adequadament.
- 6) Cal parar atenció a les zones amb *Caulerpa cylindracea* per detectar possibles increments de la seva extensió i potencials afectacions a les praderies.

Praderies del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter

- 7) És molt desitjable retirar els morts de ciment, i altres elements de fondeig que encara resten a la praderia de les illes Medes o a les zones de mata morta adjacents (a prop de l'embarcador o a la Meda Petita, per exemple), i substituir-los per fondejos ecològics de ser necessari. L'argument de la integració en la praderia no és vàlid, i encara que el seu impacte sigui limitat, el seu impacte visual és molt gran.
- 8) És recomanable substituir, en un termini de temps raonable, els morts de ciment dels fondejos permanents que estan sobre la praderia de cala Montgó per fondejos ecològics. Caldria també evitar les cadenes, però, de ser necessari el seu ús, ha de fer-se obligatori l'ús del *boyarines* i la retirada de les cadenes a l'hivern.
- 9) Cal parar atenció a les zones amb *Caulerpa cylindracea* per detectar possibles increments de la seva extensió i potencials afectacions a les praderies.

Gestió del fondeig

- 10) A la vista dels resultats obtinguts, no es considera necessària una prohibició generalitzada de l'ancoratge a tot l'àmbit del Parc Natural de Cap de Creus. La nostra recomanació d'endegar una limitació de fondeig a algunes cales, i fer-ne un seguiment acurat dels seus efectes per tal de determinar la necessitat, o no, d'estendre l'actuació a altres punts, ha estat incorporada a l'esborrany de PRUG, cosa que considerem encertada i probablement demanarà alguns canvis en la distribució d'estacions de mostreig (vegeu punt 2). Al contrari, la definició de zones de no fondeig (ni amb fondejos ecològics) no sembla necessària, ni en funció dels resultats del seguiment ni en funció de la literatura científica.

Les nacres

- 11) Malauradament, poc es pot fer des dels òrgans gestors dels espais naturals per evitar la desaparició de les nacres. Caldrà veure com evoluciona la situació al conjunt de la Mediterrània i, arribat el cas, estudiar si és possible algun tipus d'actuació de restauració. En tot cas, mantenir un inventari de les observacions fetes per particulars d'exemplars vius és una eina més de control i que pot ajudar, arribat el cas, als investigadors.

Bibliografia

- Alcoverro, T. Marco Méndez, C., Minguito, M., Boada, J., Prado, P., Sanmartí, N., Muñoz-Ramos, G., Pagès Fauria, J., Garcia, M., Pérez, M., Seglar, X., Romero, J., 2020. Efectes del temporal Glòria en els ecosistemes de *Posidonia oceanica* al llarg de la costa catalana. Institut d'Estudis Catalans. Editors: Miquel Canals i Jaume Miranda, 93-101
- Bates D., Maechler M., Bolker B., Walker S., 2014. lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. <URL: <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>>
- Boudouresque C.F., Meinesz A., 1982. Découverte de l'herbier de Posidonie. Parc national de Port-Cros
- Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L., 2006. Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. RAMOGE pub. : 1-202
- Boudouresque, C.F., Verlaque, M., 2013. *Paracentrotus lividus*. Edible sea urchins: biology and ecology. Elsevier, Amsterdam, in: Lawrence JM (ed), 297–328
- Cabanelas-Reboredo, M., Vázquez-Luis, M., Mourre, B., Álvarez, E., Deudero, S., Amores, Á., ... & García-March, J. R., 2019. Tracking a mass mortality outbreak of pen shell *Pinna nobilis* populations: A collaborative effort of scientists and citizens. *Scientific reports*, 9(1), 1-11
- Carella, F., Aceto, S., Pollaro, F. et al. 2019. A mycobacterial disease is associated with the silent mass mortality of the pen shell *Pinna nobilis* along the Tyrrhenian coastline of Italy. *Scientific Reports*, 9, 2725
- Catanese G, Grau, A., Valencia JM, Garcia-March JR, Vázquez-Luis M, Alvarez E, Deudero S, Darriba S, Carballal MJ, Villalba A; 2018 *Haplosporidium pinnae* sp. nov., a haplosporidan parasite associated with mass mortalities of the fan mussel, *Pinna nobilis*, in the Western Mediterranean Sea. *Journal of Invertebrate Pathology*, 157: 9-24,
- 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, pp. 3356
- Francour, P., Ganteaume, A. i M. Poulain, 1999. Effects of boat anchoring in *Posidonia oceanica* seagrass beds in the Port-Cros national park (north-western Mediterranean sea). *Aquat. Conserv.*, 9: 391–400
- Fuentes-Rosúa, M., 2011. Informe del Servei de Vigilància i Informació de la náutica d'esbarjo. Informe tècnic. Parc Natural de Cap de Creus

- García-March J.R., 2005. Aportaciones al conocimiento de la biología de *Pinna nobilis* Linneo, 1758 (Mollusca Bivalvia) en el litoral mediterráneo ibérico. Tesis Doctoral, Universitat de Valencia
- Giraud, G., 1977. Contribution à la description et à la phénologie quantitative des herbiers de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Thèse de Doctorat de spécialité, Univ. d'Aix-Marseille II: 150pp
- Guallart, J. Templado J., 2012. *Pinna nobilis*. En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de las especies de interés comunitario en España: Invertebrados. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. 81 pp
- Lloret, J., Zaragoza, N., Caballero, Riera, V., 2008. Impacts of recreational boating on the marine environment of Cap de Creus (Mediterranean Sea). *Ocean & Coastal Management*, 51: 749–754
- Lopez y Royo C., Pergent G., Alcoverro T., Buia M.C., Casazza G., Martinez-Crego B., Perez M., Silvestre F., Romero J. 2011. The seagrass *Posidonia oceanica* as indicator of coastal water quality: experimental intercalibration of classification systems. *Ecological Indicators*, 11: 557 – 563
- Martinez-Crego B., Alcoverro T., Vergés A., J. Romero., 2008. Selection of multiple seagrass indicators for environmental biomonitoring. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 361: 93-109
- Mascaró O., Bennett S., Marbà N., Nikolic V., Romero J., Duarte C.M., Alcoverro T., 2012. Uncertainty analysis along the ecological quality status of water bodies: the response of the *Posidonia oceanica* multivariate index (POMI) in three Mediterranean regions. *Marine Pollution Bulletin*, 64: 926–931
- Membrive, A. 2020. L'ús de les cales del Parc Natural de Cap de Creus. Relació amb l'estat de conservació de les comunitat mediolitorals. Treball de Fi de Grau. Grau de Ciències del Mar. Universitat de Barcelona.
- Pergent G., Pergent-Martini C., C.F. Boudouresque, 1995. Utilisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée: Etat des connaissances. *Mésogée* 54: 3-27
- Pergent-Martini C., Leoni V., Pasqualini V., Ardizzone G.D., Balestri E., Bedini R., Belluscio A., Belsher T., Borg J., Boudouresque C.F., Boumaza S., Bouquegneau J.M, Buia M.C., Calvo S., Cebrian J., Charbonnel E., Cinelli E. F., Cossu A., Di Maida G., Dural B., Francour P., Gobert S., Lepoint G., Meinesz A., Molenaar H., Mansour H.M., Panayotidis P., P. Peirano P., Pergent G., Piazza L., Pirrotta M. , Relini G., Romero J., Sanchez-Lizaso J.L. , Semroud R., Shembri P., Shili A., Tomasello A., Velimirov B., 2005. Descriptors of *Posidonia oceanica* meadows: Use and application. *Ecological Indicators*, 5 (3): 213-230
- Pozo, M., Reviriego, B., Llop, J., Sardú, S., Mena, I., Mir, F., 2009. Seguiment de la Biodiversitat Marina al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter i al Parc Natural de Cap de Creus 2009-2012. Memòria de resultats 2009. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Servei de Parcs

- Pozo M., Sardu S., Reviriego B., Llop J., Mena I., F. Mir, 2011. Seguiment de la Biodiversitat marina al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter i al Parc Natural de Cap de Creus 2009-2012. Memòria de resultats 2011. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Servei de Parcs
- R Development Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <URL <http://www.R-project.org>>
- Renom, P., Romero, J., 2001. Xarxa de vigilància de la qualitat biològica dels herbassars de fanerògames marines. (pcc 31001/01) Informe de resultats. Exercici 2001. Direcció General de Pesca i Afers Marítims, Generalitat de Catalunya
- Roca, G., Alcoverro, T., de Torres, M., Manzanera, M., Martínez-Crego, B., Bennett, S., Farina, S., Pérez, M., J. Romero, 2015. Detecting water quality improvement along the Catalan Coast (Spain) using stress-specific biochemical seagrass indicators. *Ecological indicators*, 54:161-170
- Romero, J., 1986. Une méthode d'échantillonnage stratifié pour évaluer la densité des herbiers de *Posidonia oceanica* Rapp. Com. Int. Mer Médit 30:2
- Romero, J., 2004. Posidònia: els prats del fons del mar. La mirada del biòleg a un ecosistema mediterrani. Col.lecció Norai, 9. Ajuntament de Badalona. Badalona, 159 pp
- Romero, J., Martínez-Crego, B., Alcoverro T., Pérez, M., 2007. A multivariate index based on the seagrass *Posidonia oceanica* (POMI) to assess ecological status of coastal waters under the water framework directive (WFD). *Marine Pollution Bulletin* 55: 196-204
- Romero, J., Pérez, M., Alcoverro, T., Farina, S., Roca, G., 2010. Control d'una xarxa de vigilància dels herbeis de *Posidonia oceanica* a Catalunya, com a indicadors de la qualitat de les aigües litorals (CV07000395). Agència Catalana de l'Aigua, Generalitat de Catalunya
- Romero, J., Pérez, M., Alcoverro, T., 2012. L'alguer de *Posidonia oceanica* de les illes Medes: més de trenta anys d'estudi. In: El fons marí de les illes Medes i el Montgrí: quatre dècades de recerca per a la conservació. Recerca i territori, Volum 4
- Romero J., Pérez M., López-Sendino P., Sanmartí N., Mascaró O., Martínez-Ricart A., 2014. Seguiment de les praderies de posidònia i de les poblacions de nacres associades als Parcs Naturals de Cap de Creus i del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Informe tècnic. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Servei d'Espais Naturals Protegits. Generalitat de Catalunya
- Romero J., Pérez M., Ricart A.M, Sanmartí N., Mariani S., 2016. 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. Informe tècnic. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Servei d'Espais Naturals Protegits. Generalitat de Catalunya
- Romero, J., Pérez, M., Boada, J., Sanmartí, N., Rovira, G. (2018). 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 2018. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. pp. 105–184

- Romero, J., Pérez, M., Sanmartí, N., Rovira, G. (2020). Seguiment de les praderies de posidònia i de les poblacions de nacres Seguiment del medi marí al Parc Natural del Cap de Creus i al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Memòria tècnica 2020. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. pp. 110-193
- Ros J.D., Olivella I., Gili J.M., 1984. Els sistemes naturals de les illes Medes. Institut d'Estudis Catalans, Arxius de la Secció de Ciències, LXXIII. Barcelona. 828 pp
- Ruiz JM, Marín-Guirao L, García-Muñoz G, Ramos-Segura A, Bernardeau-Esteller J, Pérez M, Sanmartí M, Ontoria Y, Romero J, Arthur R, Alcoverro T, Procaccini G; 2018. Experimental evidence of warming-induced flowering in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceànica*. *Marine Pollution Bulletin*, 134: 49-54
- Submon, 2009. Servei de manteniment de la xarxa de vigilància de la qualitat biològica dels herbassars de fanerògames marines de la costa catalana i la difusió del seu estat. Memòria final 2008-2010. Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural
- Submon, 2013. Xarxa de vigilància de la qualitat biològica dels herbassars de fanerògames. Valoració de les estacions de seguiment per municipis. Informe de juliol. Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural
- Waycott M., Duarte C.M., Carruthers T.J.B., Orth R.J., Dennison W.C., *et al.* 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106: 12377-12381

Annex

Taula A1. Resultats de l'anàlisi de la variància feta per avaluar la significació estadística de les diferències entre subestacions d'un mateix àmbit geogràfic i franja batimètrica. La variable independent és la subestació (dins de cada àmbit geogràfic), i les dependents són la densitat, la cobertura i l'enterrament. (*) L'asterisc indica les diferències significatives ($p < 0,05$). (1) El superíndex indica que les dades han estat transformades a l'arrel quadrada per complir les assumpcions de normalitat del test.

Zona	Profunditat	Variable	df	MS	F	p
Cap de Creus	Estacions superficials	Densitat	8	222778	17.46	< 0.001*
		Residus	81	12758		
		Cobertura	8	157.4	1.43	0.25
		Residus	18	109.9		
		Enterrament ¹	8	0.398	7.20	< 0.001*
	Residus	81	0.055			
	Estacions profundes	Densitat	5	45381	718	< 0.001*
		Residus	58	6321		
		Cobertura ²	5	0.189	0.51	0.76
		Residus	12	0.368		
Enterrament		5	8.780	3.46	0.008*	
Residus	54	2.538				
Montgrí-Medes	Estacions superficials	Densitat	4	13.608	12.95	< 0.001*
		Residus	45	10507		
		Cobertura	4	83.87	1.00	0.45
		Residus	10	83.49		
		Enterrament	4	4.516	2.48	0.05*
	Residus	45	1.752			
	Estacions profundes	Densitat	3	1787	0.84	0.48
		Residus	36	32.62		
		Cobertura	3	89.74	2.75	0.11
		Residus	8	32.62		
Enterrament		3	6.901	4.32	0.01*	
Residus	36	1.598				

Taula A2. Resultats del contrast d'hipòtesis basat en un model lineal, amb l'any com a variable independent contínua i la subestació com a independent aleatòria, per avaluar les tendències temporals globals de les variables dependents densitat, cobertura i enterrament, per cada zona (cap de Creus i Montgrí-Medes) i fondària (5 o 15 metres). El 'Sí' en la columna 'Aleatori' indica que s'ha inclòs en el model el factor aleatori. (*) L'asterisc indica un efecte significatiu del factor any ($p < 0,05$). El superíndex indica que les dades han estat transformades amb el logaritme ⁽¹⁾ per complir les assumpcions de normalitat del test.

Zona	Profunditat	Variable	Aleatori	df	F	p
Cap de Creus	Estacions superficials	Densitat	Sí	1	5.95	0.022*
		Cobertura	Sí	1	0.09	0.765
		Enterrament	Sí	1	6.32	0.018*
	Estacions profundes	Densitat ¹	Sí	1	0.43	0.521
		Cobertura	No	1	0.12	0.722
		Enterrament	Sí	1	5.99	0.023*
Montgrí-Medes	Estacions superficials	Densitat	Sí	1	0.13	0.722
		Cobertura	No	1	1.15	0.293
		Enterrament	No	1	13.13	0.001*
	Estacions profundes	Densitat	No	1	0.96	0.340
		Cobertura	No	1	11.37	0.003*
		Enterrament	Sí	1	4.23	0.06

Taula A3. Resultats de l'anàlisi de la variància d'un factor feta per avaluar la significació estadística de les tendències temporals (variable independent i contínua: any) en els valors de les variables dependents densitat, cobertura i enterrament, per cada subestació de cap de Creus. (*) L'asterisc indica les diferències significatives ($p < 0,05$). (¹) El superindex indica que les dades han estat transformades a l'arrel quadrada per complir les assumpcions de normalitat del test paramètric.

Estació	Profunditat	Variable	df	MS	F	p
Taballera	Superficial	Densitat	1	21.9	0.0025	0.96
		Residus	48	8764.5		
		Cobertura	1	28.41	0.221	0.65
		Residus	13	128.37		
		Enterrament	1	0.41	0.24	0.62
	Residus	48	1.671			
	Profunda	Densitat	1	24063	8.475	0.006*
		Residus	38	2839		
		Cobertura	1	131.81	9.468	0.01*
		Residus	10	13.92		
Enterrament		1	9.589	3.938	0.05*	
Residus	10	2.435				
Culip	Superficial	Densitat	1	32960	3.346	0.07
		Residus	48	9849		
		Cobertura	1	9.92	0.114	0.74
		Residus	13	87.05		
		Enterrament	1	3.438	2.898	0.09
	Residus	48	1.186			
	Profunda	Densitat	1	7.39	0.003	0.95
		Residus	49	2220		
		Cobertura	1	1.15	0.031	0.86
		Residus	13	37.76		
Enterrament ¹		1	0.271	2.107	0.15	
Residus	49	0.128				
Jugadora	Superficial	Densitat	1	4106	0.333	0.56
		Residus	48	12317		
		Cobertura	1	0.81	0.016	0.90
		Residus	13	49.77		
		Enterrament	1	2.481	1.337	0.25
	Residus	48	1.855			
	Profunda	Densitat	1	1.9	0	0.99
		Residus	51	5441		
		Cobertura	1	57.75	1.108	0.31
		Residus	13	52.10		
Enterrament		1	1.143	17.85	< 0.001*	
Residus	51	0.064				

Guillola	Superficial	Densitat	1	20509	1.547	0.22
		Residus	53	13258		
		Cobertura	1	2.03	0.013	0.91
		Residus	13	160.88		
		Enterrament ¹	1	0.031	0.678	0.41
	Residus	53	0.046			
	Profunda	Densitat	1	8813	2.18	0.15
		Residus	48	4043		
		Cobertura	1	68.40	1.57	0.23
		Residus	13	43.65		
Enterrament		1	9.303	6.87	0.01*	
Residus	48	1.354				
Portlligat	Superficial	Densitat	1	44258	5.482	0.02*
		Residus	48	8073		
		Cobertura	1	76.60	0.948	0.35
		Residus	13	80.83		
		Enterrament ¹	1	0.115	1.304	0.26
		Residus	48	0.088		
Norfeu N	Profunda	Densitat	4	15184	1.461	0.23
		Residus	45	10393		
		Cobertura	4	9.42	0.145	0.71
		Residus	10	65.15		
		Enterrament	4	0.824	0.347	0.56
		Residus	45	2.375		
Pelosa	Superficial	Densitat	1	136974	8.804	0.005*
		Residus	48	15558		
		Cobertura	1	28.4	0.539	0.48
		Residus	13	52.7		
		Enterrament	1	13.141	4.22	0.05*
		Residus	48	3.114		
Montjoi	Superficial	Densitat	1	87586	8.419	0.006*
		Residus	48	10404		
		Cobertura	1	0.54	0.009	0.93
		Residus	13	61.50		
		Enterrament	1	4.698	3.864	0.05*
	Residus	48	1.216			
	Profunda	Densitat	1	155	0.056	0.81
		Residus	48	2789		
		Cobertura	1	140.29	3.647	0.08
		Residus	13	38.47		
Enterrament		1	17.016	8.098	0.006*	
Residus	48	2.101				

Taula A4. Resultats de l'anàlisi de la variància d'un factor feta per avaluar la significació estadística de les tendències temporals (variable independent i contínua: any) en els valors de les variables dependents densitat, cobertura i enterrament, per cada subestació de Montgrí-Medes. (*) L'asterisc indica les diferències significatives ($p < 0,05$). (1) El superíndex indica que les dades han estat transformades a l'arrel quadrada per complir les assumpcions de normalitat del test paramètric.

Estació	Profunditat	Variable	df	MS	F	p
Montgó	Superficial	Densitat	1	35977	3.995	0.05*
		Residus	48	9006		
		Cobertura	1	16.23	0.285	0.60
		Residus	13	56.89		
		Enterrament	1	8.108	2.357	0.13
	Residus	48	3.440			
	Profunda	Densitat	1	251	0.06	0.81
		Residus	48	4178		
		Cobertura	1	22.04	0.459	0.51
		Residus	13	48.05		
Enterrament		1	9.734	4.226	0.05*	
Residus	45	2.303				
Pedrosa	Superficial	Densitat	1	76687	11.48	0.001*
		Residus	48	6681		
		Cobertura	1	0.028	0	0.98
		Residus	10	67.65		
		Enterrament	1	8.952	5.05	0.03*
Residus	48	1.773				
Meda Gran1	Superficial	Densitat	1	7952	0.712	0.40
		Residus	48	11169		
		Cobertura	1	106.88	1.198	0.29
		Residus	13	89.24		
		Enterrament	1	56.63	38.67	< 0.001*
	Residus	48	1.46			
	Profunda	Densitat	1	39830	8.011	0.007*
		Residus	48	4972		
		Cobertura	1	754.4	29.98	< 0.001*
		Residus	12	25.2		
Enterrament ¹		1	1.068	0.727	0.398	
Residus	48	1.468				
Meda Gran2	Superficial	Densitat	1	95435	4.84	0.03*
		Residus	48	19717		
		Cobertura	1	208.69	3.415	0.08
		Residus	13	61.11		

		Enterrament	1	69.68	18.55	< 0.001*	
		Residus	48	3.76			
	Profunda	Densitat	1	498	0.096	0.76	
		Residus	48	5184			
		Cobertura	1	0.252	0.013	0.91	
		Residus	13	19.01			
		Enterrament	1	11.022	6.757	0.01*	
		Residus	46	1.631			
	Meda Petita	Superficial	Densitat	1	46721	6.627	0.01*
			Residus	48	7050		
			Cobertura	1	28.28	0.487	0.49
			Residus	13	58.05		
Enterrament			1	28.044	15.45	< 0.001*	
Residus			47	1.815			
Profunda		Densitat	1	136.3	0.069	0.794	
		Residus	48	1973.3			
		Cobertura	1	347.6	6.64	0.02*	
		Residus	13	52.3			
		Enterrament	1	15.741	7.302	0.009*	
		Residus	48	2.156			

[Nota: molt majoritàriament, es van prendre, a cada subestació, 10 rèpliques per la densitat, 3 rèpliques per la cobertura i 10 rèpliques per l'enterrament. No obstant això, en uns pocs casos es van perdre algunes dades, o es van prendre algunes mostres addicionals. Això es reflecteix en petits canvis en els graus de llibertat]

Seguiment de comunitats i espècies sensibles al canvi climàtic

Graciela Rovira, David Casals, Julia Ortega, Núria Margarit, Martí Vilanova, Bernat Hereu, Cristina Linares

- S'han detectat importants efectes del canvi climàtic: elevada mortalitat amb efectes acumulatius dels diferents anys en espècies amb limitada capacitat de recuperació.
- Els efectes de la mortalitat s'han produït a tots els parcs i totes les estacions.
- S'ha observat per primera vegada mortalitat en les poblacions d'esponges de les Medes i el Montgrí.
- Les gorgònies, han sofert una important mortalitat que es suma a l'observada en els últims anys.

- S'ha observat un esdeveniment de gran mortalitat de briozous en ambdós parcs naturals, sent de major gravetat l'observat a les Illes Medes i el Montgrí.
- La mortalitat d'algues calcàries ha estat elevada en totes les estacions i rangs de fondària
- S'ha constatat també la mortalitat d'altres espècies, com *Cladocora caespitosa* en ambdós parcs, o *Spondylus gaederopus* al Parc Natural del Cap de Creus
- Cal aplicar amb urgència un principi de prevenció i minimitzar els impactes que sí es poden gestionar des de la direcció dels parcs.

Aquest capítol ha de ser citat com:

Rovira, G., Casals, D., Ortega, J., Margarit, N., Vilanova, M., Hereu, B., Linares, C. (2023). Seguiment de comunitats i espècies sensibles al canvi climàtic. *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 2022*. Generalitat de Catalunya. Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. pp 237-270.

Introducció

El canvi climàtic és una de les majors amenaces actuals per a la conservació dels ecosistemes marins a nivell mundial (Poloczanska *et al.* 2013; Wernberg *et al.* 2016, Hughes *et al.* 2018). Tot i que els efectes del canvi climàtic són diversos (p. ex.: l'increment en la freqüència i intensitat de les tempestes, l'augment del nivell del mar o l'acidificació) els factors que a dia d'avui estan tenint majors conseqüències arreu són l'escalfament global i l'augment en la freqüència i intensitat de les onades de calor (Olivier *et al.* 2018; Bates *et al.* 2018). Aquestes anomalies tèrmiques causen alteracions en els patrons de distribució de les espècies i les comunitats (Hampe i Petit 2005; Helmuth *et al.* 2006; Brierley i Kingsford 2009; Pinsky *et al.* 2013; Wernberg *et al.* 2016), canvis en la fenologia de les espècies (Puce *et al.* 2009) i l'augment de infeccions i epidèmies (Vargas-Angel, 2010; Williams *et al.* 2014), i mortalitats en massa de les espècies que no poden atenuar els seus efectes (Harvell *et al.* 1999; Ward i Lafferty 2004; Walther *et al.* 2002; Garrabou *et al.* 2009; Hughes *et al.* 2018).

El Mar Mediterrani és especialment vulnerable als efectes del canvi climàtic, ja que és un mar relativament petit i confinat, amb una profunditat mitjana moderada i una ràpida renovació de les aigües, i amb una particular geografia, que inclou una barreja d'espècies d'afinitats temperades i subtropicals. L'efecte de l'escalfament de l'aigua a la Mediterrània està sent de dos a tres vegades més ràpid que en la resta d'oceans (Vargas-Yáñez *et al.* 2010), mostrant augments de temperatura d'entre 0,3°C i 0,19°C per decenni en els primers 50 m i a 80 m de profunditat, respectivament, augments del nivell del mar de 3,9 cm de mitjana per decenni, i un increment molt notable de la freqüència d'esdeveniments extrems de temperatura (Pascual *et al.* 2012; Rivetti *et al.* 2014).

El 2022 ha estat un any especialment càlid a tot el Mediterrani, amb temperatures extremes on, per exemple, durant l'agost la onada de calor ha estat persistent i s'ha mantingut al llarg de tots els dies del mes, a l'oest d'aquest mar (Figura 1).

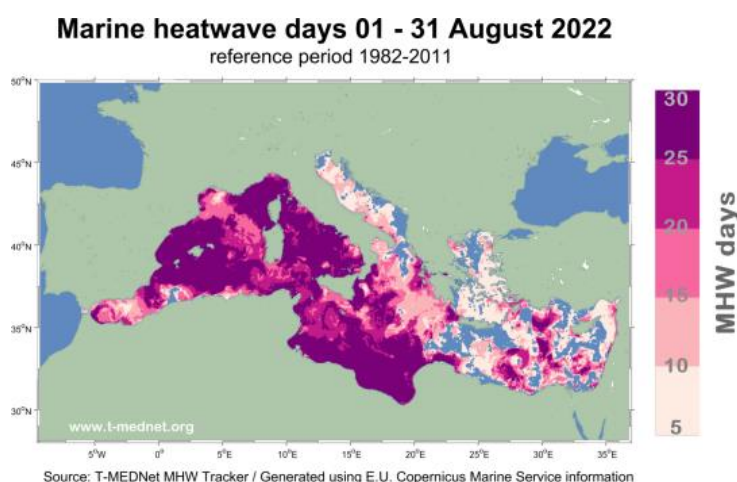


Figura 1. Durada en dies de les onades de calor a tot el Mar Mediterrani al llarg de tot el mes d'agost del 2022. Font: www.t-mednet.org.

Concretament, a L'Estartit, enguany la temperatura superficial de l'aigua ha estat per sobre de la mitjana la major part de dies de l'any, especialment durant els mesos de juliol i agost (Figura 2). Si la tendència segueix aquest ritme, i sembla ser que així serà, l'escenari de temperatures per als pròxims anys és molt alarmant.

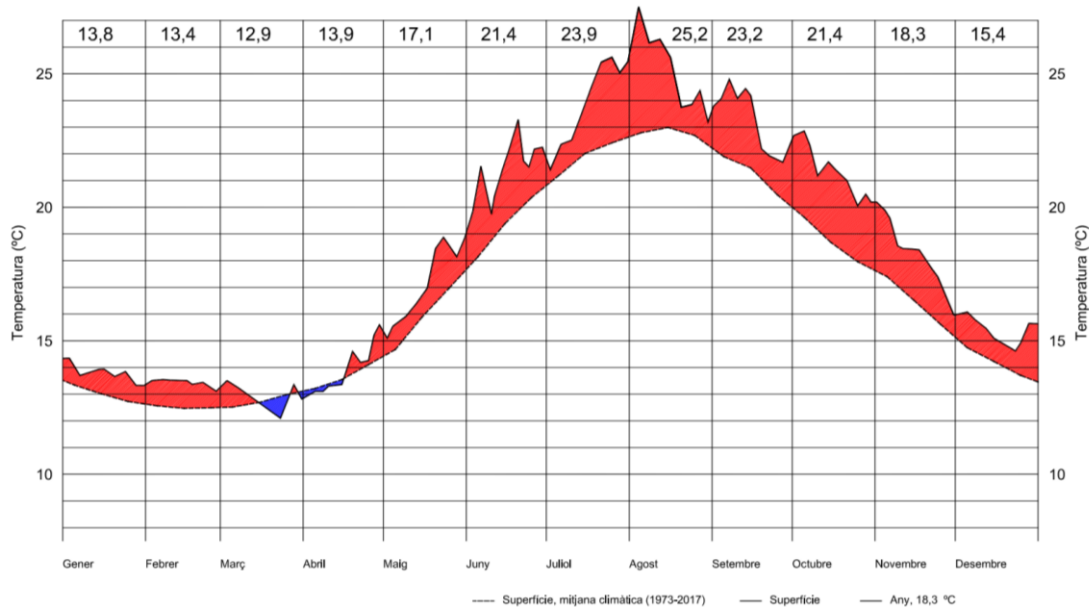


Figura 2. Temperatura superficial mitjana a l'Estartit de tots els mesos de l'any 2022. Coordenades del punt d'observació: lat. 42° 03' N, long. 3° 15' 15" E. Font: Josep Pascual amb el suport de l'Institut de Ciències del Mar de Barcelona i del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter (meteolestartit.cat).

A més, en els darrers anys, i degut a aquestes condicions de temperatura del mar i onades de calor extremes, s'ha documentat l'entrada d'espècies d'afinitat tropical a la Mediterrània (Leujesne *et al.* 2010) i s'han enregistrat diversos episodis de mortalitat en massa d'organismes termòfils, alguns d'ells causant importants mortalitats a escales espacials molt grans i afectant a nombroses espècies, com per exemple els episodis de 1999, 2003, 2006 i 2015-2019 (Cerrano *et al.* 2000, Linares *et al.* 2005, Coma *et al.* 2009, Rivetti *et al.* 2014, Garrabou *et al.* 2009, Garrabou *et al.* 2022), que varen afectar també tota la costa de la Mediterrània occidental, incloent la biota dels Parcs Naturals de Catalunya (Capdevila *et al.* 2018, Pagès-Escolà *et al.* 2018, Rovira *et al.* 2021).

Aquestes mortalitats massives afecten principalment a espècies d'invertebrats suspensívors, com esponges, briozous, mol·luscs, i especialment gorgònies i altres cnidaris, que són espècies longeves, amb una limitada capacitat de recuperació i que sovint tenen una funció estructural dins l'ecosistema (Garrabou *et al.* 2022). La pèrdua d'aquests organismes pot tenir efectes molt dràstics en l'estructura i dinàmica de les comunitats, amb canvis des de comunitats dominades per espècies estructurals i longeves a altres dominades per espècies de creixement ràpid amb menys complexitat estructural i menys diversitat (Ponti *et al.* 2014; Linares *et al.* 2017, Gómez-Gras *et al.* 2021). A més, a partir de les observacions realitzades dins d'aquest seguiment, recentment s'ha documentat la mortalitat d'espècies d'algues calcàries (Hereu i Kersting 2016; Matamalas i Hereu 2016), que afecta també a diverses regions de la Mediterrània. Aquest fenomen, desconegut fins recentment en mars temperats, pot tenir també importants conseqüències en tot l'ecosistema

degut a l'important paper estructural de les algues calcàries incrustants en les diverses comunitats que forma, des de les comunitats mediolitorals, com tenasses de *Lithophyllum byssoides*, fins al coral·ligen.

S'ha de tenir en compte, a més, que la majoria de perturbacions sobre els ecosistemes no actuen de forma independent, sinó que poden interaccionar de forma sinèrgica, com és el cas de les interaccions amb algues invasores (Kersting *et al.* 2015) o amb pressions més locals com el busseig (Linares i Doak 2010, Zentner *et al.* 2023). En el cas de la Mediterrània, i concretament de la costa catalana, altres impactes com la contaminació, l'eutrofització, la sobrepesca, l'entrada d'espècies invasores, o la degradació de l'hàbitat, ja sigui per la pesca o per l'impacte de la sobre freqüentació turística, poden actuar sinèrgicament amb els efectes del canvi climàtic, ja que poden augmentar els seus efectes, o poden ser molt més greus quan es produeixen en comunitats ja afectades per aquest (Coll *et al.* 2010; Marbà *et al.* 2015).

És per tots aquests motius que l'any 2018 es va incorporar aquest nou descriptor en el seguiment de la biodiversitat marina als espais marins protegits del Parc Natural de Cap de Creus i del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Tot i que indicadors com les gorgònies ja ens mostren l'impacte del canvi climàtic als nostres parcs, és necessària una visió més ampla de les espècies i hàbitats que està afectant. És per això que en aquest descriptor es proposen metodologies molt senzilles i ràpides que ens permetin explorar el major nombre d'espècies, hàbitats i localitats afectades o no pel canvi climàtic. Malgrat que aquest impacte no es pot gestionar localment, sí que és important conèixer els seus efectes i les possibles sinèrgies amb altres impactes que sí es poden minimitzar des de una gestió local.

Material i mètodes

Disseny de mostreig

Per al seguiment de les comunitats i espècies sensibles al canvi climàtic, es varen monitoritzar un total de 7 estacions al Parc Natural de Cap de Creus: 3 estacions al Parc Natural (PN), 3 estacions a les Reserves Naturals Parcials (RNP) i 1 estació a la Reserva Natural Integral (RNI), i un total de 6 estacions al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, distribuïdes en 3 estacions al Parc Natural (PN), 2 estacions a la Reserva Natural Parcial (RNP) i una estació a la zona de Zona de Control (ZC) (Taula 1, Figures 3 i 4). Aquestes estacions es varen distribuir en zones amb les mateixes característiques ambientals i amb un rang batimètric suficient per a poder mostrejar tots els rangs de fondària estudiats. A més, degut a la possible variabilitat en les condicions oceanogràfiques de les zones d'estudi, es va procurar cobrir tot el rang d'orientacions i exposició en ambdós parcs. El mostreig d'aquest indicador es va realitzar entre finals del mes de setembre i principis del mes octubre de 2022, un cop passat el període estival de temperatura màxima de l'aigua de mar, i en el que els efectes de l'escalfament de l'aigua sobre els organismes ja són recognoscibles.

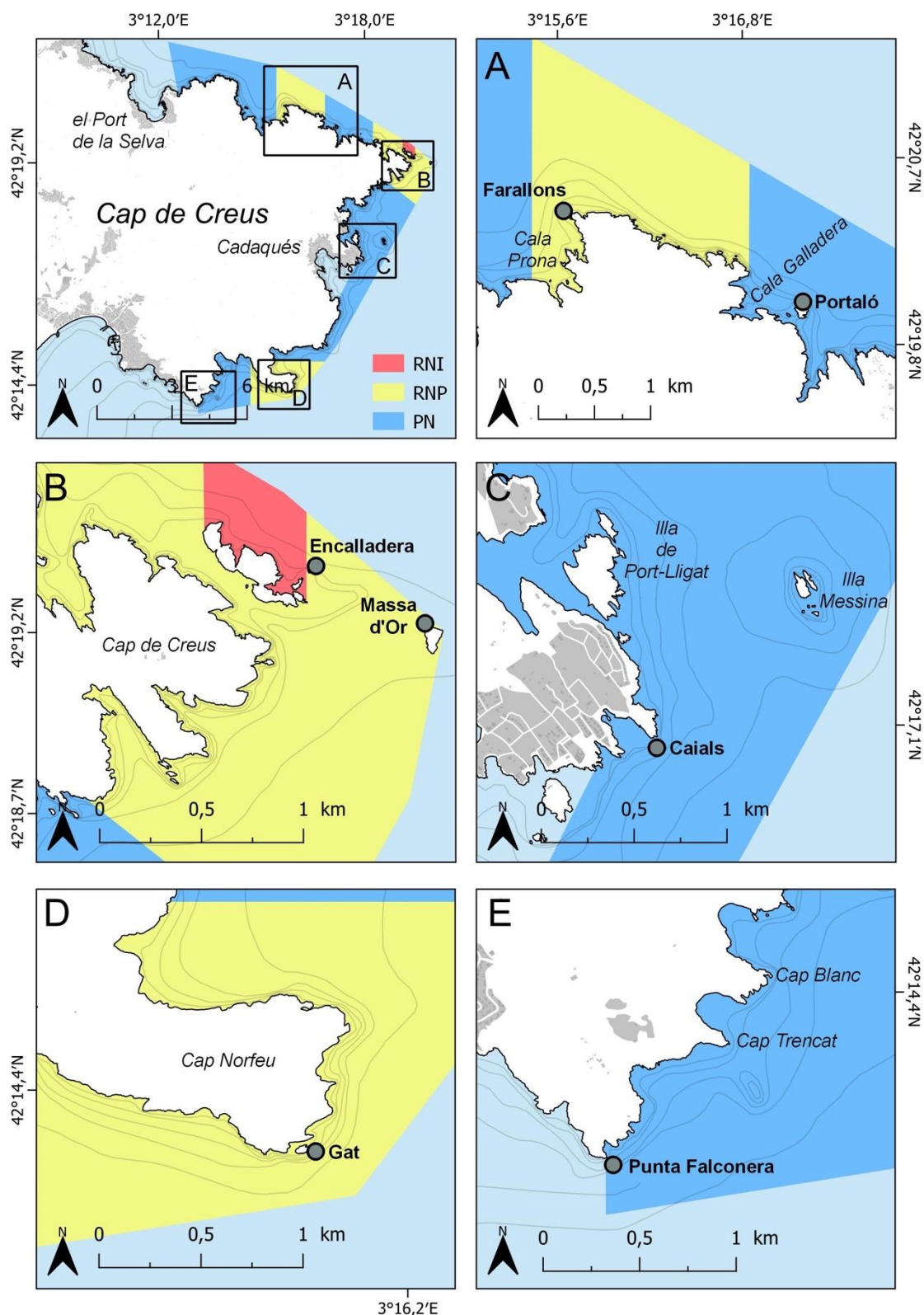


Figura 3. Mapa de les estacions de mostreig de comunitats i espècies sensibles al canvi climàtic al Parc Natural de Cap de Creus de l'any 2022. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

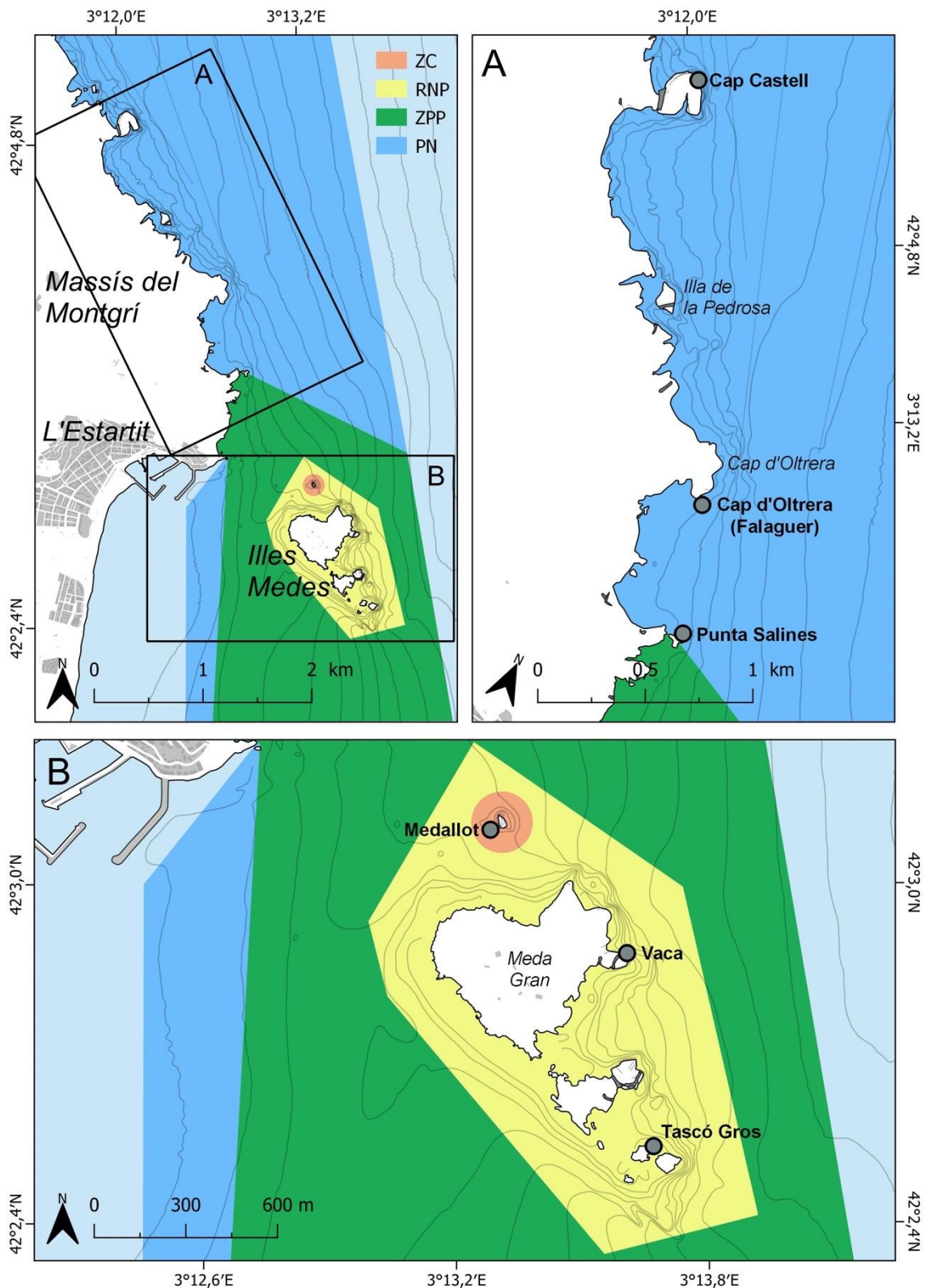


Figura 4. Mapa de les estacions de mostreig de comunitats i espècies sensibles al canvi climàtic al Parc Natural del Montgrí, Illes Medes i Baix Ter de l'any 2022. Grau de protecció: Zona de control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica a la Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN).

Taula 1. Estacions de mostreig de comunitats i espècies sensibles al canvi climàtic de l'any 2022. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Zona de Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

Parc	Protecció	Estació	Data mostreig (any-mes-dia)
Cap de Creus	RNI	Illa de s'Encalladora	2022-10-03
	RNP	Punta des Farallons	2022-10-03
		Illa Massa d'Or	2022-10-04
	PN	El Gat	2022-09-22
		Illa de Portaló	2022-10-04
		Punta des Caials	2022-09-21
Medes i Montgrí	ZC	Punta Falconera	2022-09-22
		Medallot	2022-10-05
	RNP	Tascó Gros	2022-10-05
		La Vaca	2022-10-05
	PN	Punta Salines	2022-10-05
		Falaguer	2022-10-06
		Cap Castell	2022-10-04

Metodologia

Per aquest descriptor es va utilitzar un mètode semiquantitatiu a partir d'observacions directes i fotografies realitzades *in situ* mitjançant escafandre autònom. En cada estació, dos observadors varen fer un recorregut durant 10 minuts en tres rangs de fondària, 30-35, 15-20 i 0-5 metres, en els que s'anotava la presència d'una sèrie d'espècies i grups sensibles a l'augment de la temperatura (Taula 2). Per a aquestes espècies s'anotava la seva abundància relativa (en un rang de 1 a 5), així com el nombre d'individus o colònies sanes, amb mortalitat recent (en que es pot observar el teixit necrosat o restes de l'esquelet sense epifitar), amb mortalitat antiga (sense restes de teixit i amb els esquelets coberts d'algues i animals epífits), o ambdues mortalitats simultàniament. Aquesta metodologia que ha estat proposada pel nostre grup de recerca a escala mediterrània i s'utilitza en protocols de ciència ciutadana dins Observadors del Mar (veure projecte Atenció coralls), ens permetrà comparar en un futur els efectes del canvi climàtic als nostres parcs amb altres parcs i localitats mediterrànies. A més, es varen fer fotografies de les comunitats, cobrint una superfície i un nombre d'organismes suficientment gran com per a poder fer un recompte posterior en el cas d'espècies molt abundants o no anotades *in situ*.

Pel que fa a les algues calcàries incrustants, en cada una de les fondàries es va fer un mínim de 5 fotografies del fons, que cobrien una superfície d'almenys 0,25 m². Un cop al laboratori, a partir de l'anàlisi d'aquestes fotografies es va determinar el percentatge de cobertura d'algues calcàries, la composició específica en %, i el percentatge de mortalitat, ja sigui recent (on es pot observar el tal·lus calcificat mort de color blanc), o antiga (quan el tal·lus calcificat estava ja cobert d'epífits o estava després del fons deixant el substrat rocós nu).

Aquest mètode ens va permetre cobrir una extensió suficientment gran en cada estació de control com per a integrar la variabilitat de les mortalitats, així com poder observar un número suficientment representatiu individus de les espècies afectades, que sovint són poc abundants. A més, es va inspeccionar la possible presència d'espècies invasores.

Per l'anàlisi de les dades obtingudes, s'ha calculat la mitjana de mortalitat de cada organisme o grup d'organismes per a cada estació. A més, s'ha calculat la mitjana general per a cada un dels parcs naturals, i també per a quatre àrees amb unes característiques oceanogràfiques ben diferenciades: la mar d'Amunt (la costa Nord) i la mar d'Avall (la costa Est i Sud, des de Cap de Creus fins a Punta Figuera), la costa del Montgrí, i les Illes Medes.

Taula 2. Espècies i grups d'espècies monitoritzats en el mostreig de comunitats i espècies sensibles al canvi climàtic de l'any 2022.

Grup	Espècies
Algues	Algues calcàries incrustants
Briozous	<i>Pentapora fascialis</i>
	<i>Myriapora truncata</i>
Esponges	Esponges massives
	Altres esponges
Mol·luscs	<i>Spondylus gaederopus</i>
	Altres bivalves
Cnidaris	<i>Corallium rubrum</i>
	<i>Eunicella singularis</i>
	<i>Paramuricea clavata</i>
	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>
	<i>Balanophyllia europaea</i>
	<i>Cladocora caespitosa</i>
Altres	Altres espècies

Resultats

El patró general de mortalitat dels organismes sensibles al canvi climàtic monitoritzats mostra una important variabilitat en les diferents espècies i comunitats, així com una variació en les diferents estacions monitoritzades. És per això que s'ha fet l'anàlisi per a cada una de les espècies o conjunt d'espècies en les diferents estacions i diferenciant entre els dos parcs naturals.

Parc Natural de Cap de Creus

Algues calcàries

Com cada any, enguany també s'han trobat algues calcàries incrustants amb signes d'emblanquiment en totes les fondàries mostrejades. Es pot veure un augment de la mortalitat en la majoria d'estacions des de l'inici d'aquest descriptor l'any 2018, tot i que respecte al 2020 (any de l'anterior mostreig) (Figura 5), per la majoria d'estacions no es veuen diferències estadísticament significatives ni en la mortalitat total (suma de necrosi i epibiosi) ni en la mortalitat recent (necrosi). Hi ha algunes estacions, però, on sí que s'ha vist un augment significatiu respecte el 2020: a l'Encalladora (RNI) es pot observar un augment de la mortalitat total en la fondària més soma (0-5 m), donat per l'augment de mortalitat recent, que es pot observar en ambdós gràfics, igual que a l'estació de Farallons, aquest cop a la fondària intermitja (15-20 m). A les estacions de Caials (a 0-5 m) i Massa d'Or (a 15-20 m) aquest augment es produeix només en la mortalitat total però no en la recent. La resta d'estacions presenten variacions no significatives respecte l'any anterior, tot i que si es mira des del primer any de mostreig (2018) algunes d'elles sí que han patit un augment significatiu (Figures 5 i 6, Taules 3 i 4).

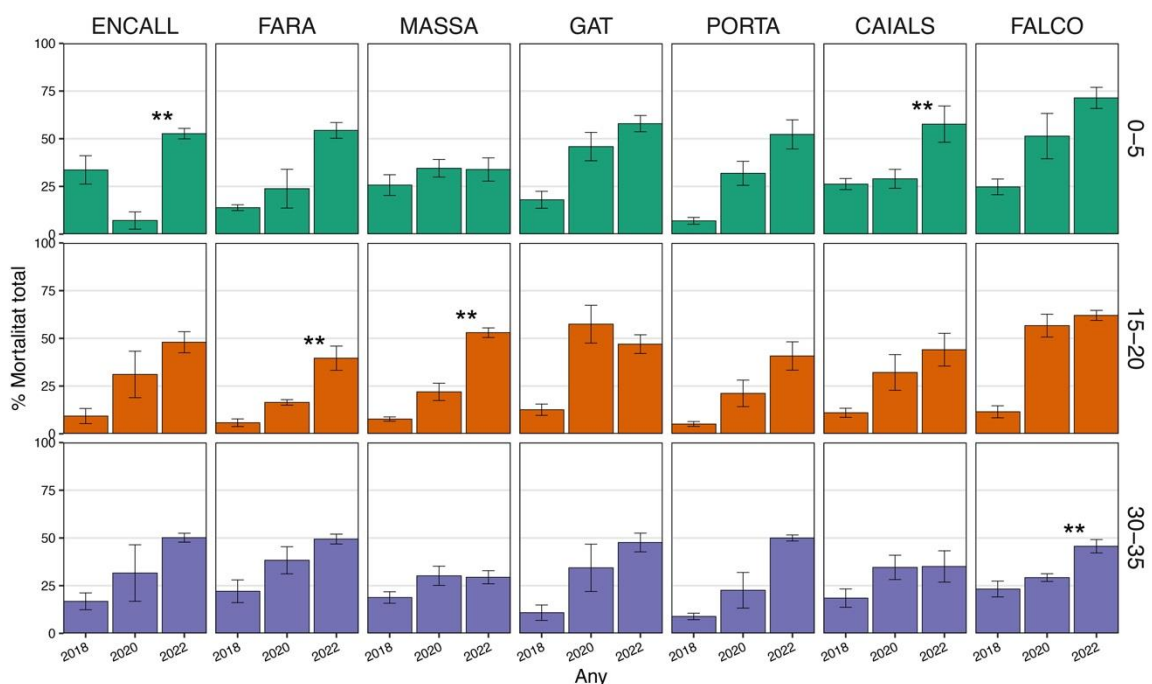


Figura 5. Percentatge de superfície afectada per mortalitat total d'algues calcàries en els diferents rangs de fondària i estacions estudiades al Parc Natural de Cap de Creus. Els tests Kruskal-Wallis que han mostrat diferències significatives es troben representats amb asteriscs.

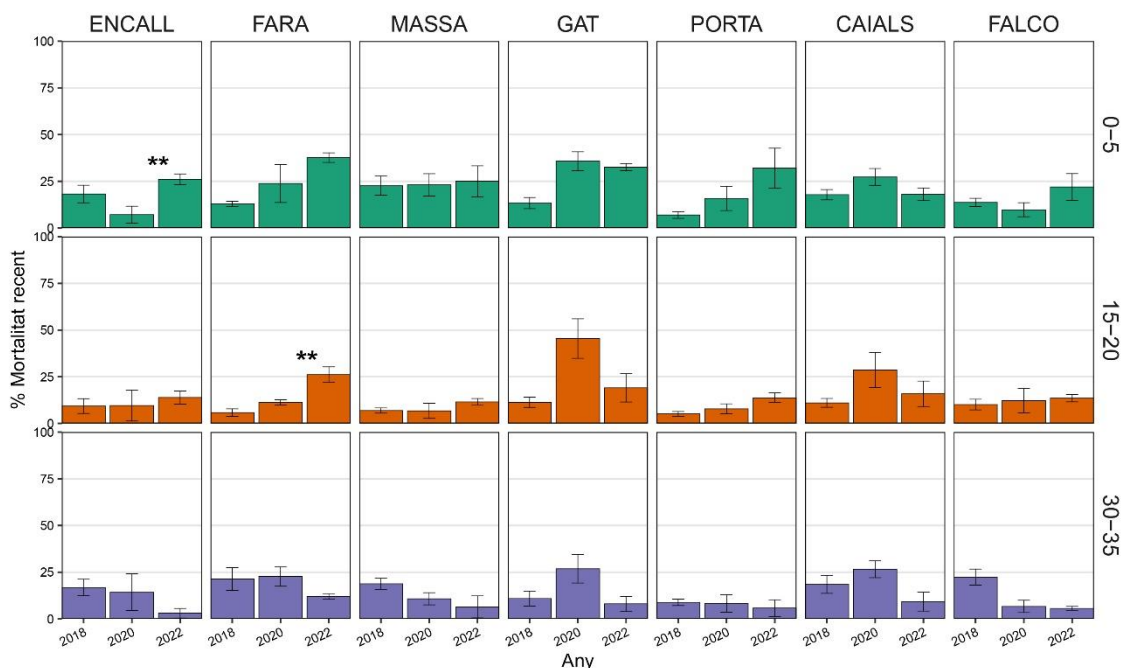


Figura 6. Percentatge de superfície afectada per mortalitat recent (necrosi) d'algues calcàries en els diferents rangs de fondària i estacions estudiades al Parc Natural de Cap de Creus. Els tests Kruskal-Wallis que han mostrat diferències significatives es troben representats amb asteriscs.

Taula 3. Resultats dels tests estadístic Kruskal-Wallis comparant el percentatge de superfície total morta de calcàries de cada població entre els anys 2020 i 2022 al Parc Natural del Cap de Creus. KS és el valor estadístic; p-valor és la significació del test (quan el p-valor és inferior a 0,05 indica que les diferències són significatives entre anys); aquests casos s'han destacat posant els valors en negreta.

Parc	Protecció	Estació	0-5 m		15-20 m		30-35 m	
			KS	p-valor	KS	p-valor	KS	p-valor
Cap de Creus	RNI	Encalladora	6,99	<0,05	1,84	0,17	0,27	0,60
		Farallons	2,45	0,12	5,77	<0,05	0,88	0,35
	RNP	Massa d'Or	0,15	0,69	6,82	<0,05	0,01	0,92
		El Gat	1,84	0,17	2,45	0,12	1,32	0,25
		Portaló	2,69	0,10	1,84	0,17	1,80	0,18
	PN	Caials	6,86	<0,05	0,53	0,46	0,10	0,75
		Punta Falconera	1,32	0,25	0,88	0,35	6,90	<0,05

Taula 4. Resultats dels tests estadístic Kruskal-Wallis comparant el percentatge de superfície recentment morta de calcàries de cada població entre els anys 2020 i 2022 al Parc Natural del Cap de Creus. KS és el valor estadístic; p-valor és la significació del test (quan el p-valor és inferior a 0,05 indica que les diferències són significatives entre anys); aquests casos s'han destacat posant els valors en negreta.

Parc	Protecció	Estació	0-5 m		15-20 m		30-35 m	
			KS	p-valor	KS	p-valor	KS	p-valor
Cap de Creus	RNI	Encalladora	5,95	<0,05	1,89	0,17	0,22	0,64
		Farallons	2,45	0,12	6,82	<0,05	2,45	0,12
	RNP	Massa d'Or	0,15	0,70	0,89	0,34	0,91	0,34
		El Gat	0,01	0,92	3,15	0,07	2,15	0,14
		Portaló	1,80	0,18	1,84	0,17	0,02	0,88
	PN	Caials	1,84	0,17	0,88	0,35	3,19	0,07
		Punta Falconera	1,32	0,25	0,54	0,46	0,27	0,60

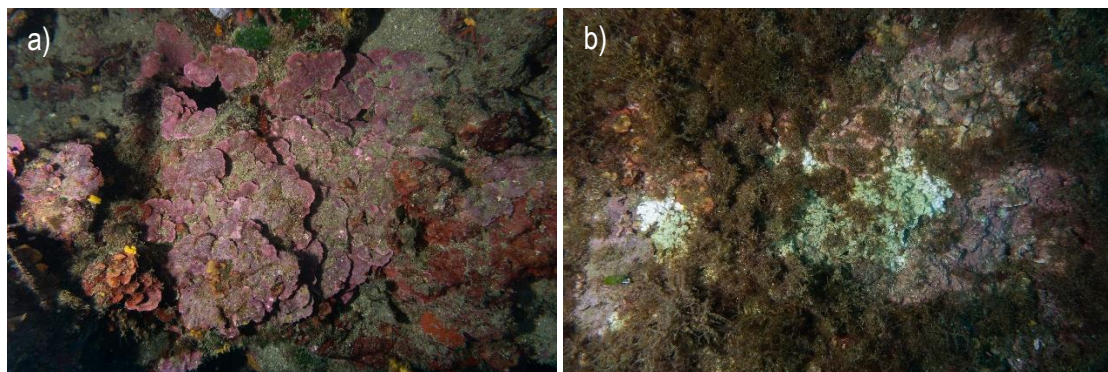


Figura 7. a) Algues calcàries incrustants sense signes de mortalitat. b) i amb signes d'emblanquiment (mortalitat recent) a l'estació de Caials entre 30 i 35 m.

Pentapora fascialis

Enguany, a diferència de l'anterior cens l'any 2020, s'han trobat colònies d'aquest briozou entre les fondàries d'entre 15 i 20 metres i d'entre 30 i 35 metres. Excepte dues estacions (Portaló i Encalladora), en general s'han trobat poques colònies però la majoria d'elles presentaven mortalitat antiga. Destaca el Portaló, on entre 15 i 20 m, trobem un percentatge força elevat (71%) de colònies amb necrosi i epibiosi, però com passa a la resta d'estacions, aquest nombre de colònies es molt baix (N=3) (Figura 8).

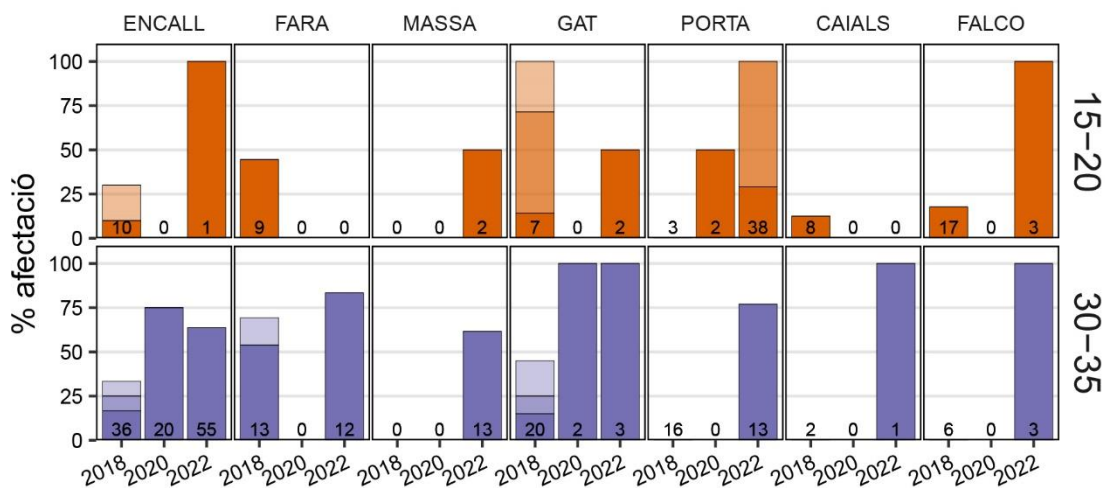


Figura 8. Percentatge d'afectació (colònies afectades) de *P. fascialis* en els diferents rangs de fondària i estacions estudiades al Parc Natural de Cap de Creus. La part més fosca de les barres representa la mortalitat antiga, la part més clara la mortalitat recent i la d'una tonalitat intermèdia mostra colònies amb ambdues mortalitats. Els números anotats dins les barres representen el nombre de colònies trobades.

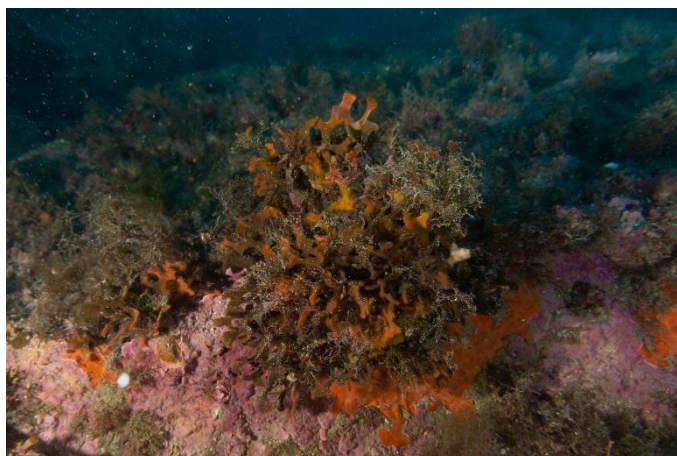


Figura 9. Colònia de *P. fascialis* amb signes de mortalitat antiga (on la part morta està epifitada per algues) a l'estació del Gat, entre 30 i 35 m.

Myriapora truncata

Aquest briozou s'ha observat majoritàriament en els rangs de fondària més profunds (15-20 m i 30-35 m), tot i que entre 0 i 5 m a l'estació de Punta Falconera (FALCO) se n'han observat 41 i a Caials 3. La major part de les colònies observades a totes les fondàries presentaven mortalitat antiga, amb algunes excepcions: una colònia a 0-5 m a Caials presentava necrosi, el 100% de les observades a 0-5 m a Punta Falconera presentaven necrosi i epibiosi, i a 15-20 m d'aquesta mateixa localitat s'observa un 33% de colònies afectades també per ambdós tipus de mortalitat (Figura 10).

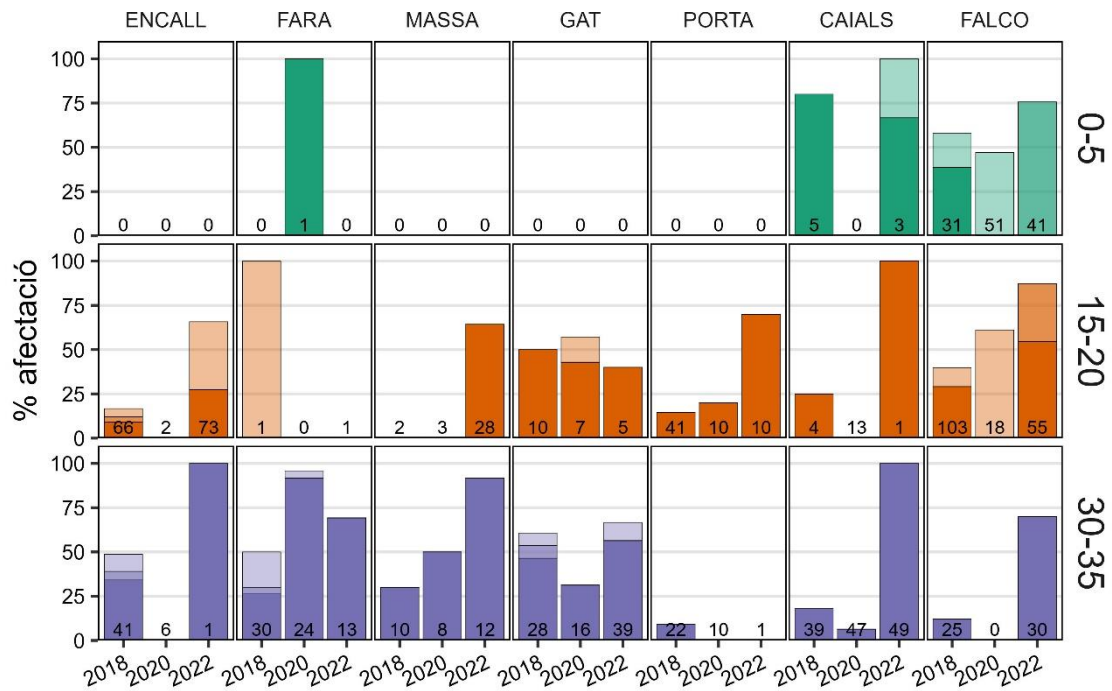


Figura 10. Percentatge d'afectació (colònies afectades) de *M. truncata* en els diferents rangs de fondària i estacions estudiades al Parc Natural de Cap de Creus. La part més fosca de les barres representa la mortalitat antiga, la part més clara la mortalitat recent i la d'una tonalitat intermèdia mostra colònies amb ambdues mortalitats. Els números anotats dins les barres representen el nombre de colònies trobades.

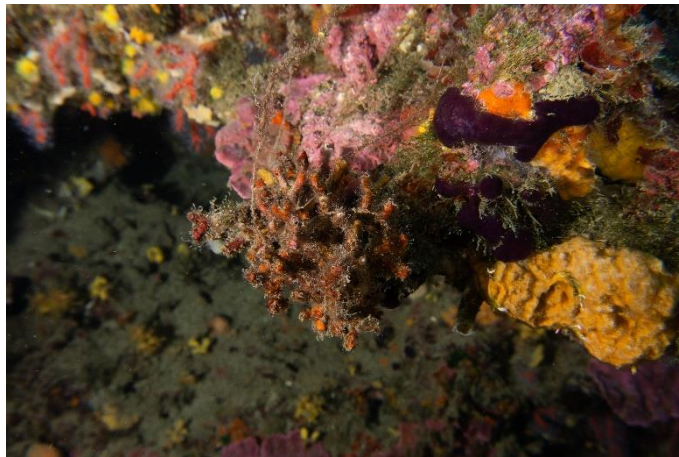


Figura 11. Colònia de fals corall (*M. truncata*) amb signes de mortalitat antiga (epibiosi) on la part morta ha estat recoberta per algues, a l'estació de Caials, entre 30 i 35 m.

Esponges massives

Aquestes esponges s'han trobat en proporcions similars en totes les fondàries, tot i que depenent de l'estació mostrejada se n'han trobat més en unes fondàries o altres. Pel general, enguany s'ha observat una gran mortalitat d'esponges massives a la fondària més soma (0-5 m), tal i com es pot veure a Caials, Farallons, Falconera o Massa d'Or (Figura 12).

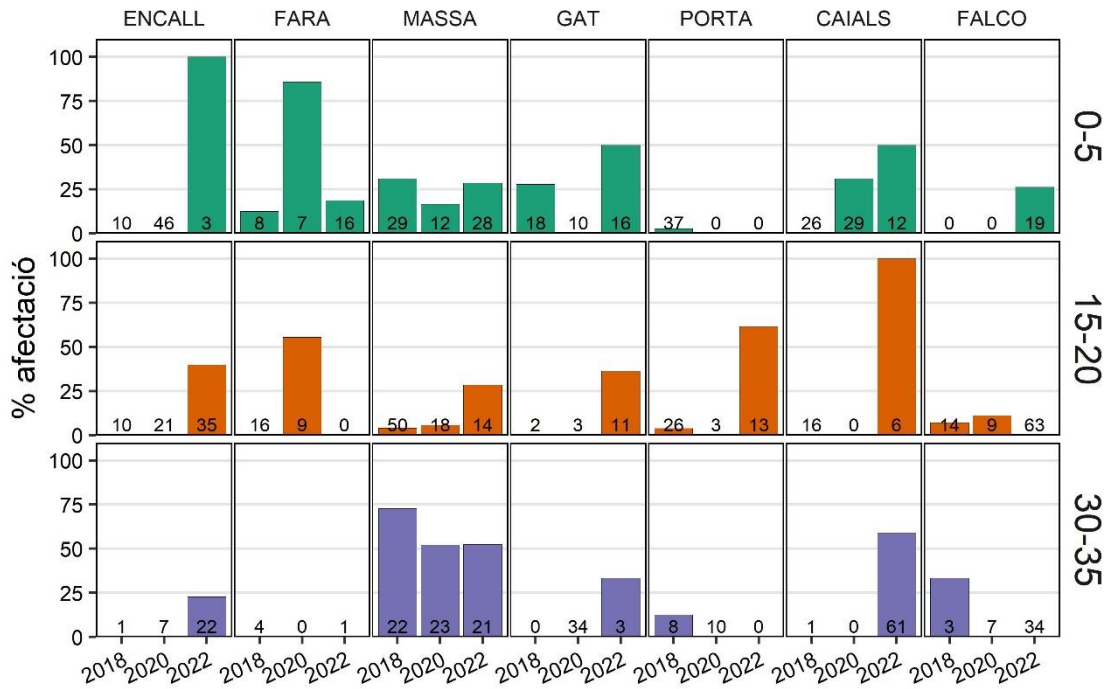


Figura 12. Percentatge d'afectació (colònies afectades) d'esponges grises en els diferents rangs de fondària i estacions estudiades al Parc Natural de Cap de Creus. La part més fosca de les barres representa la mortalitat antiga, la part més clara la mortalitat recent i la d'una tonalitat intermèdia mostra colònies amb ambdues mortalitats. Els números anotats dins les barres representen el nombre de colònies trobades.



Figura 13. Esponja completament morta recentment, on queden al descobert les espícules. Fotografia presa a l'estació de Farallons, entre 0 i 5 metres.

Altres esponges

Aquest 2022 s'ha observat algun exemplar d'*Axinella polipoides* amb signes de mortalitat, com el de la Figura 14, tot i que no eren gaire abundants.



Figura 14. Esponja *Axinella polipoides* amb signes de mortalitat antiga en els seus teixits. Fotografia presa a l'estació de Portaló, entre 30 i 35 m.

Spondylus gaederopus

S'han trobat algunes valves mortes de *Spondylus gaederopus* en algunes de les estacions de mostreig: Encalladora i Portaló (2 individus entre 15 i 20 m), i el Gat, Punta Falconera i Caials (1 individu entre 0 i 5 m).



Figura 15. Valves mortes de *S. gaederopus* trobat a l'estació del Gat, entre 0 i 5 m de fondària.

Altres bivalves

Enguany s'han trobat altres bivalves morts a diferents estacions del Parc Natural de Cap de Creus: Encalladora (a totes les fondàries), Caials (0-5 m), Portaló (0-5 i 15-20 m), Massa d'Or (15-20 m) i Punta Falconera (0-5 i 30-35 m).

Corallium rubrum

Pel que fa al corall vermell (*C. rubrum*) només s'han trobat colònies entre 15 i 20 m, i entre 30 i 35 m, sent més abundant en el rang més profund, tot i que no se n'ha trobat a totes les estacions. S'han trobat colònies afectades únicament a l'estació del Gat, tot i que en un percentatge molt baix (no arriba al 6%), sent epibiosi el tipus de mortalitat.

Eunicella singularis

Enguany el percentatge de mortalitat de *E. singularis* ha augmentat en gairebé totes les estacions de mostreig on és present, especialment en el rang de fondària mig, entre 15 i 20 m, que és on presenta major densitat. La presència de *E. singularis* no ha estat constant en totes les estacions i fondàries. Destaca l'estació de Portaló, on el 100% de les colònies entre 30 i 35 m estaven afectades per algun tipus de mortalitat (92% d'epibiosi i 8% d'ambdues mortalitats), i en el rang de fondària d'entre 15 i 20 m més del 93% de colònies presentaven mortalitat (el 21% amb només necrosi, el 21% només amb epibiosi i el 51% amb ambdós tipus de mortalitat). A l'Encalladora (RNI), l'afectació ha augmentat en tots els rangs de fondària: entre 30 i 35 m s'ha passat del 18% de colònies amb signes d'afectació (únicament epibiosi), al 67% (43% d'epibiosi i 14% d'ambdós tipus de mortalitat), i entre 15 i 20 m ha augmentat d'un 11% de mortalitat (epibiosi) a un 41% (30% d'epibiosi, 9% de necrosi i 2% d'ambdues) (Figura 16).

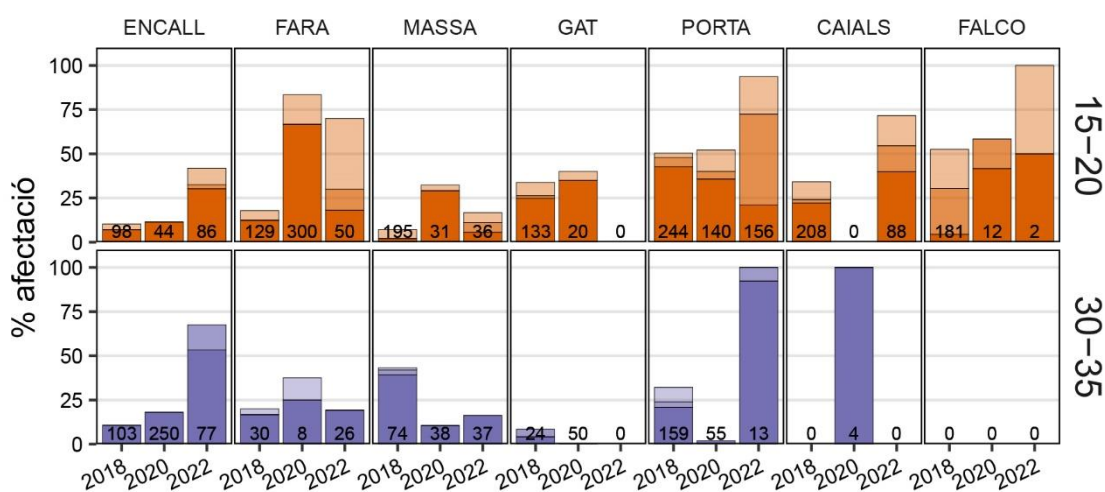


Figura 16. Percentatge d'afectació (colònies afectades) de gorgònia blanca (*Eunicella singularis*) en els diferents rangs de fondària i estacions estudiades al Parc Natural de Cap de Creus. La part més fosca de les barres representa la mortalitat antiga, la part més clara la mortalitat recent i la d'una tonalitat intermèdia mostra colònies amb ambdues mortalitats. Els números anotats dins les barres representen el nombre de colònies trobades.



Figura 17. Colònia de *E. signuralis* amb signes de mortalitat recent (necrosi), d'aproximadament un 60% de la seva superfície, a l'estació de Caials, entre 15 i 20 m de fondària.

Paramuricea clavata

Aquesta espècie s'ha trobat en gairebé totes les estacions en els rangs de fondària d'entre 15 i 20 m i entre 30 i 35 m, amb excepció de Caials, on només se n'ha trobat una entre 15 i 20 m, i al Gat on no se n'han trobat entre 30 i 35 m aquest any. Enguany es veu un augment general de colònies amb signes de mortalitat recent (tant colònies amb únicament necrosi, com colònies amb necrosi i epibiosi juntes). Les estacions on es veu més aquest augment de mortalitat recent són l'Encalladora (15-20 m), amb un 58% de colònies afectades per aquest tipus de mortalitat, Farallons (15-20 m), amb un 78%, i Portaló amb un valor del 53%; la resta d'estacions, amb excepció de Punta Falconera entre 15 i 20 m, també mostren un augment general de la mortalitat (Figura 18).

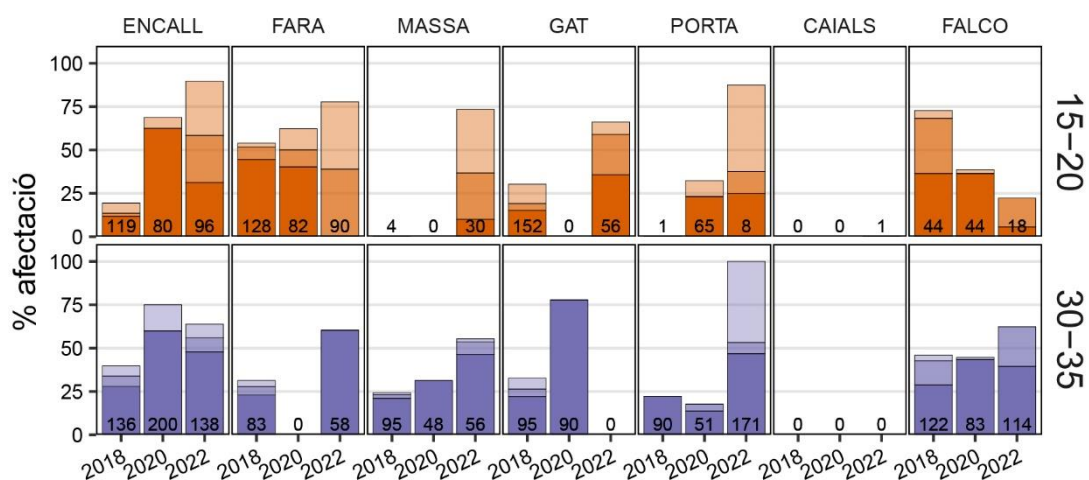


Figura 18. Percentatge d'afectació (colònies afectades) de gorgònia vermella (*P. clavata*) en els diferents rangs de fondària i estacions estudiades al Parc Natural de Cap de Creus. La part més fosca de les barres representa la mortalitat antiga, la part més clara la mortalitat recent i la d'una tonalitat intermèdia mostra colònies amb ambdues mortalitats. Els números anotats dins les barres representen el nombre de colònies trobades.



Figura 19. Gorgònia vermella (*P. clavata*) amb clars signes de mortalitat recent (necrosi) degut a la pèrdua de teixit de la colònia, on s'hi observa l'esquelet nu de color blanc i una part de mortalitat antiga ja recoberta de hidraris i briozous. Foto presa a l'estació del Gat, entre 15 i 20 m.

Leptogorgia sarmentosa

Enguany no s'han observat colònies de *L. sarmentosa* en cap de les estacions mostrejades del Parc Natural de Cap de Creus.

Balanophyllia europaea

Enguany s'han observat alguns exemplars d'aquesta espècie amb signes de mortalitat recent, amb els seus teixits completament blancs, com els de la Figura 22. S'han trobat a les següents estacions: Encalladora (0-5 m), Caials (0-5 i 15-20 m) i Punta Falconera (0-5 i 15-20 m).



Figura 20. Dos exemplars de *B. europaea* morts recentment. La mortalitat s'observa degut a l'emblanquiment del seu teixit. Fotografia presa a l'estació de Punta Falconera, entre 0 i 5 m.

Cladocora caespitosa

Pel que fa a l'espècie *C. caespitosa*, enguany se n'han observat molt poc exemplars, tant sols dos, un a Caials (entre 30 i 35 m) (Figura 23), sense mortalitat, i l'altra a Punta Falconera (entre 15 i 20 m), el qual sí que presentava signes de mortalitat.



Figura 21. Colònia de *C. caespitosa* sana, a la fondària d'entre 30 i 35 m, a l'estació de Caials.

Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter

Algues calcàries

Tot i que s'observa una tendència clara a l'augment de la mortalitat en aquests organismes en la majoria d'estacions, aquest 2022 no s'han trobat diferències significatives en la majoria d'estacions mostrejades pel que fa a la mortalitat d'algues calcàries incrustants. Únicament hi ha dues estacions on l'augment de la mortalitat total ha estat significatiu: La Vaca, entre 0 i 5 m, que ha passat d'un 32% a un 53% de mortalitat, i Cap Castell, entre 30 i 35 m, que ha passat d'un valor del 16% a un del 49% (Figura 22, Taula 5). Pel que fa a la mortalitat recent, només es veu un canvi significatiu, i suposa una disminució de la mortalitat passant d'un 45% a un 13%, a l'estació de Cap Castell, entre 15 i 20 m de fondària (Figura 23, Taula 6). La resta d'estacions es mantenen estables respecte l'any anterior, encara que n'hi ha que en comparació amb el 2018 sí que s'hi observa un augment significatiu (Figura 22).

A l'estació de Punta Salines enguany no s'hi ha observat algues calcàries incrustants a la fondària d'entre 0 i 5 m en el recorregut fet de mostreig, i és per això que en les Figures 22 i 23 hi consta un NA.

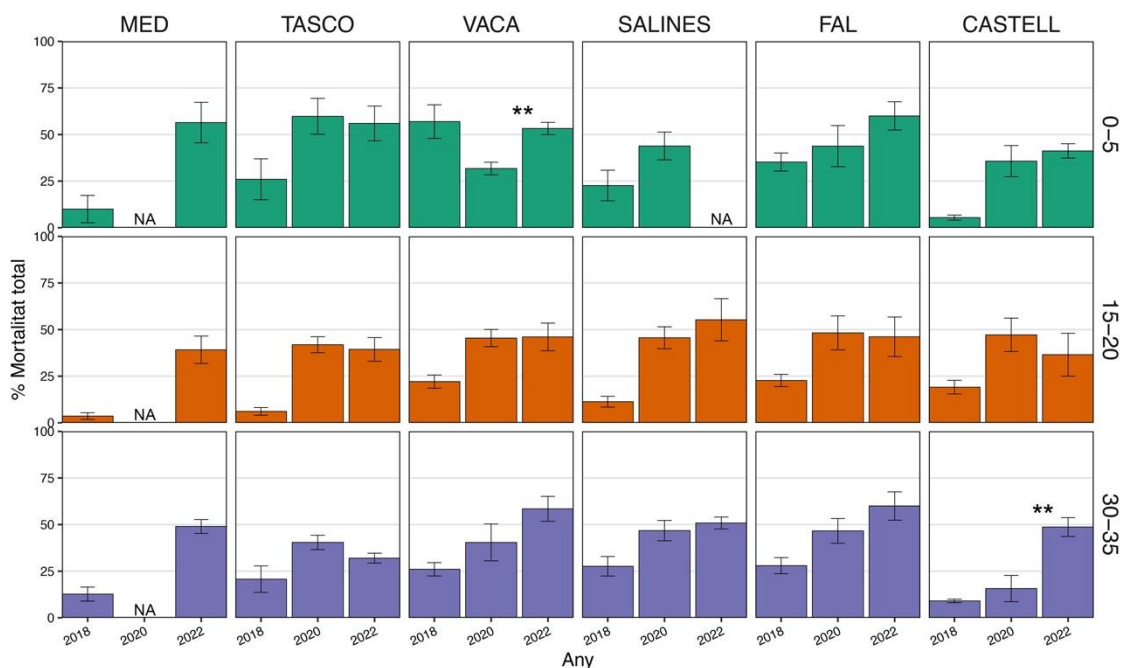


Figura 22. Percentatge de superfície afectada per mortalitat total d'algues calcàries en els diferents rangs de fondària i estacions estudiades al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Els tests Kruskal-Wallis que han mostrat diferències significatives es troben representats amb asteriscs.



Figura 23. Percentatge de superfície afectada per mortalitat recent d'algues calcàries en els diferents rangs de fondària i estacions estudiades al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Els tests Kruskal-Wallis que han mostrat diferències significatives es troben representats amb asteriscs.

Taula 5. Resultats del test estadístic Kruskal-Wallis comparant el percentatge de superfície total morta de calcàries de cada població entre els anys 2020 i 2022 al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. KS és el valor estadístic; p-valor és la significació del test (quan el p-valor és inferior a 0,05 indica que les diferències són significatives entre anys); aquests casos s'han destacat posant els valors en negreta.

Parc	Protecció	Estació	0-5 m		15-20 m		30-35 m	
			KS	p-valor	KS	p-valor	KS	p-valor
Cap de Creus	ZC	Medallot	-	-	-	-	-	-
	RNP	Tascó Gros	0,06	0,81	0,10	0,75	2,16	0,14
		La Vaca	6,82	<0,05	0,10	0,75	1,84	0,17
	PN	Punta Salines	-	-	0,10	0,75	0,89	0,34
		Falaguer	1,33	0,25	0,01	0,92	1,32	0,25
		Cap Castell	0,53	0,46	0,53	0,46	4,81	<0,05

Taula 6. Resultats del test estadístic Kruskal-Wallis comparant el percentatge de superfície recentment morta de calcàries de cada població entre els anys 2020 i 2022 al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. KS és el valor estadístic; p-valor és la significació del test (quan el p-valor és inferior a 0,05 indica que les diferències són significatives entre anys); aquests casos s'han destacat posant els valors en negreta.

Parc	Protecció	Estació	0-5 m		15-20 m		30-35 m	
			KS	p-valor	KS	p-valor	KS	p-valor
Cap de Creus	ZC	Medallot	-	-	-	-	-	-
	RNP	Tascó Gros	0,96	0,33	0,27	0,60	3,04	0,08
		La Vaca	0,88	0,35	0,70	0,40	0,53	0,46
	PN	Punta Salines	-	-	1,10	0,29	1,34	0,25
		Falaguer	0,53	0,46	0,88	0,35	3,15	0,07
		Cap Castell	0,54	0,46	3,96	<0,05	0,39	0,53

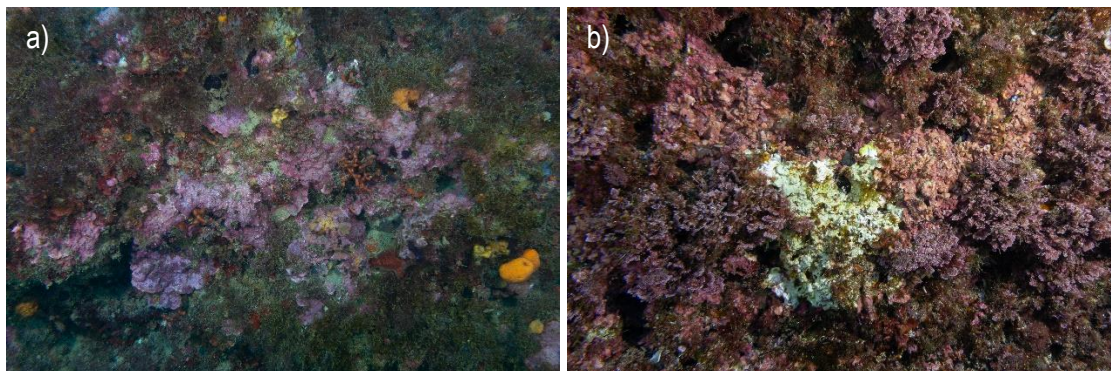


Figura 24. a) Algues calcàries incrustants sense signes de mortalitat (La Vaca, 30-35 m), i b) amb signes d'emblanquiment (mortalitat recent) (Cap Castell, 0-5 m).

Pentapora fascialis

L'espècie *P. fascialis* s'ha observat en totes les estacions de mostreig, tot i que amb una abundància molt contrastada entre estacions, amb excepció de Falaguer, i només en les fondàries de 15-20 m i 30-35 m. En totes les estacions, excepte a Punta Salines entre 30 i 35 m, el 100% de les colònies presentaven algun tipus de mortalitat, sent la majoria mortalitat antiga (epibiosi) (Figura 25).

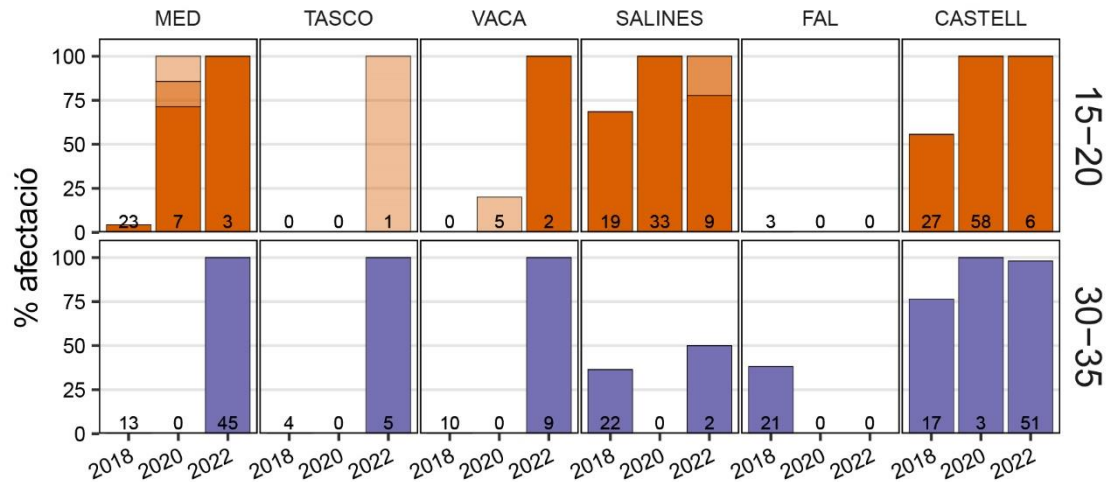


Figura 25. Percentatge d'afectació (colònies afectades) de *P. fascialis* en els diferents rangs de fondària i estacions estudiades al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. La part més fosca de les barres representa la mortalitat antiga, la part més clara la mortalitat recent i la d'una tonalitat intermèdia mostra colònies amb ambdues mortalitats. Els números anotats dins les barres representen el nombre de colònies trobades.



Figura 26. Colònia de *P. fascialis* amb mortalitat antiga (molt epifitada) a l'estació de Cap Castell, a la fondària d'entre 30 i 35 m.

Myriapora truncata

L'espècie *M. truncata* s'ha trobat en tots els llocs estudiats, encara que depenent de l'estació se n'ha observat en una fondària o en altra. Pel general, se n'observen més en els rangs més fons (15-20 m i 30-35 m), tot i que a Medallot i La Vaca se n'han observat més entre 0 i 5 m. En general, el tipus de mortalitat més observada ha estat antiga (epibiosi), tot i que a la fondària més sòma al Medallot totes les colònies tenien signes de necrosi (i algunes necrosi i epibiosi) (Figura 27).

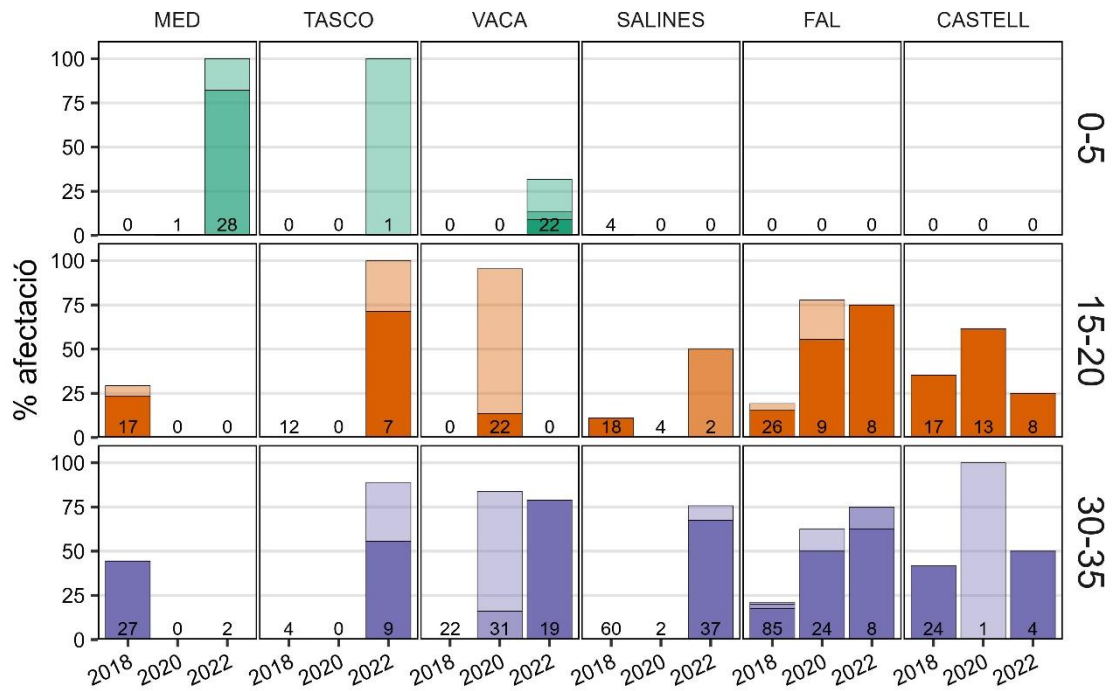


Figura 27. Percentatge d'afectació (colònies afectades) de *M. truncata* en els diferents rangs de fondària i estacions estudiades al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. La part més fosca de les barres representa la mortalsitat antiga, la part més clara la mortalsitat recent i la d'una tonalitat intermèdia mostra colònies amb ambdues mortalsitats. Els números anotats dins les barres representen el nombre de colònies trobades.



Figura 28. Colònies de *M. truncata* amb mortalsitat antiga a l'estació de Falaguer, a la fondària d'entre 15 i 20 m.

Esponges massives

Enguany s'ha observat una elevada mortalsitat d'esponges massives en fondàries més aviat somes. Així doncs, en les estacions mostrejades, en tots els casos s'ha observat necrosi d'aquestes espècies. Destaquen les localitats de Cap Castell, Punta Salines, Tascó gros i La Vaca, ja que és on se n'han trobat més, i el 100% presentaven afectació. Entre 15 i 20 m també s'observa una elevada afectació recent, i en el rang més fons no s'han trobat gairebé individus (Figura 29).

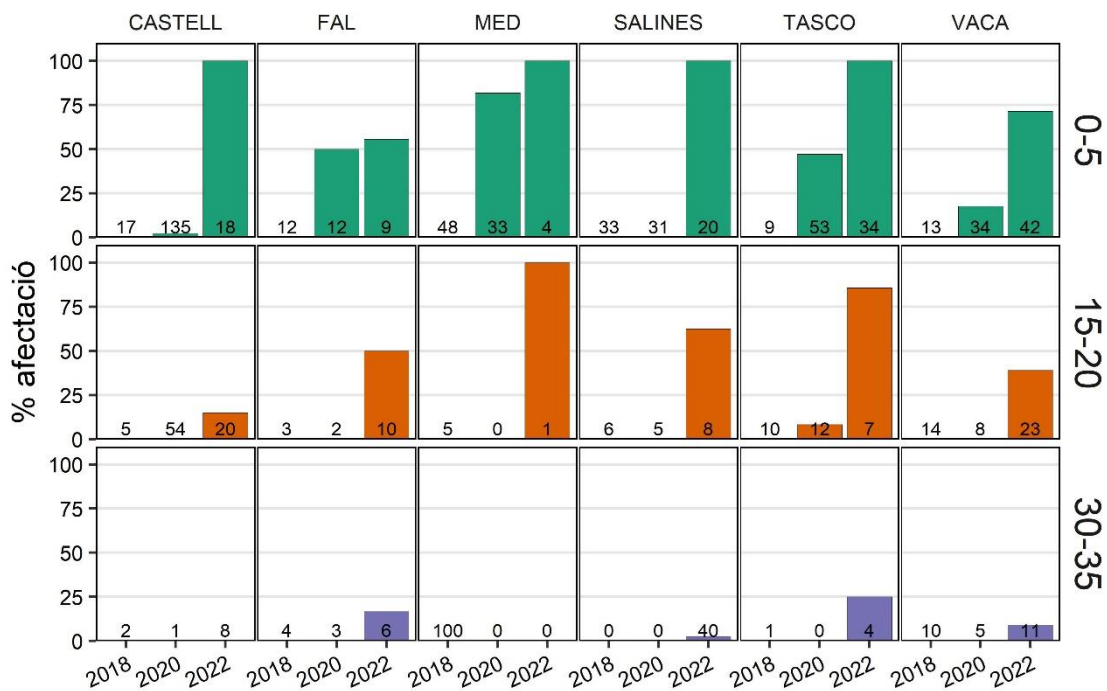


Figura 29. Percentatge d'afectació (colònies afectades) d'esponges grises en els diferents rangs de fondària i estacions estudiades al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. La part més fosca de les barres representa la mortalitat antiga, la part més clara la mortalitat recent i la d'una tonalitat intermèdia mostra colònies amb ambdues mortalitats. Els números anotats dins les barres representen el nombre de colònies trobades.

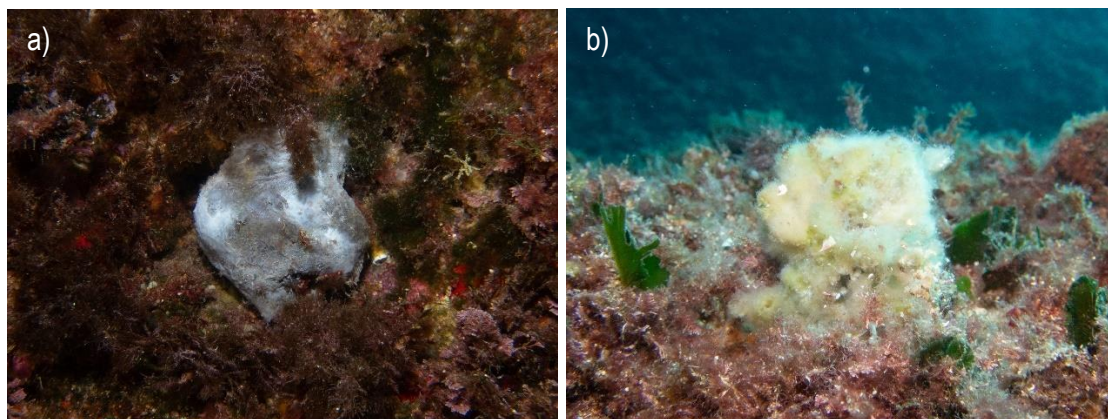


Figura 30. a) Esponja gris amb inici de mortalitat recent (parts més blanquinoses), i b) esponja gris totalment necrosada. Ambdues fotografies estan preses a l'estació de Tascó Gros, entre 0 i 5 m.

Altres esponges

S'han trobat altres tipus d'esponges però en menor quantitat i amb poca mortalitat; les que s'han trobat presentaven una major afectació en fondàries més somes, com 3 que s'han observat a Medallot entre 0 i 5 m, amb necrosi, a diferència de les més profundes, que no presentaven signes de mortalitat, ni recent ni antiga.

Spondylus gaederopus

S'han trobat alguns exemplars morts d'aquest bivalve, 6 en total, tots a la fondària de 0 a 5 m: 5 a l'estació de Punta Salines i 1 a Tascó Gros.

Altres bivalves

S'han trobat altres bivalves morts a les estacions de Punta Salines (entre 0 i 5 m i 15 i 20 m), a Medallot (entre 0 i 5 m), i a Tascó Gros a tots els rangs de fondària.

Corallium rubrum

El corall vermell únicament s'ha trobat en les fondàries de 15-20 m i de 30-35 m, i no en totes les estacions. En general s'observa una baixa mortalitat d'aquesta espècie, i la majoria de colònies afectades ho estan per mortalitat antiga, encara que n'hi ha algunes amb necrosi (a Punta Salines a 15-20 m i a Falaguer a 30-35 m) (Figura 31).

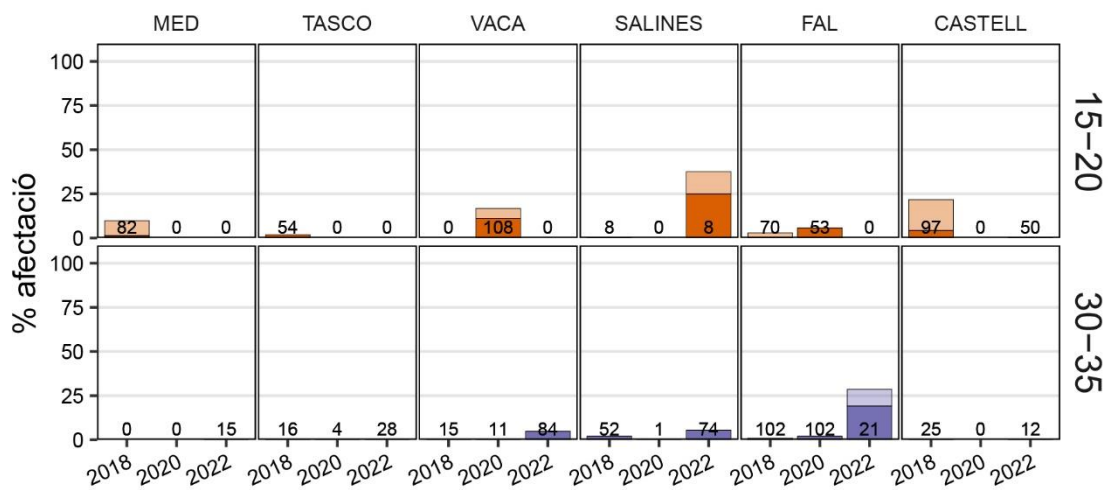


Figura 31. Percentatge d'afectació (colònies afectades) de corall vermell (*C. rubrum*) en els diferents rangs de fondària i estacions estudiades al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. La part més fosca de les barres representa la mortalitat antiga, la part més clara la mortalitat recent i la d'una tonalitat intermèdia mostra colònies amb ambdues mortalitats. Els números anotats dins les barres representen el nombre de colònies trobades.

Eunicella singularis

Enguany s'ha observat un augment de mortalitat per necrosi, a diferència d'altres anys, on hi predominava l'epibiosi. Aquesta mortalitat recent s'observa sobretot en fondàries més somes (15-20 m) i no tant a major profunditat (30-35 m), on hi predomina l'epibiosi. Destaquen les estacions de La Vaca i Medallot, on gairebé el 100% de les colònies estaven afectades amb algun tipus de mortalitat, però sobretot perquè la major part d'elles presentava necrosi. A més, totes les colònies

afectades de Tascó Gros ho estaven per necrosi. Cap Castell també és una estació amb un elevat valor de mortalitat (més del 75%), tot i que en aquest cas és, majoritàriament, antiga (Figura 32).

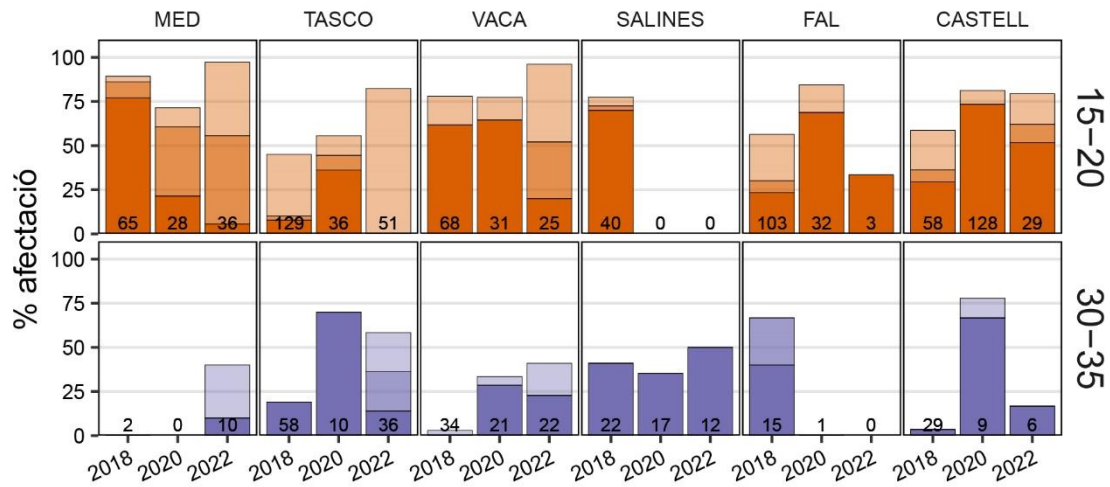


Figura 32. Percentatge d'afectació (colònies afectades) de gorgònia blanca (*E. singularis*) en els diferents rangs de fondària i estacions estudiades al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. La part més fosca de les barres representa la mortalitat antiga, la part més clara la mortalitat recent i la d'una tonalitat intermèdia mostra colònies amb ambdues mortalitats. Els números anotats dins les barres representen el nombre de colònies trobades.

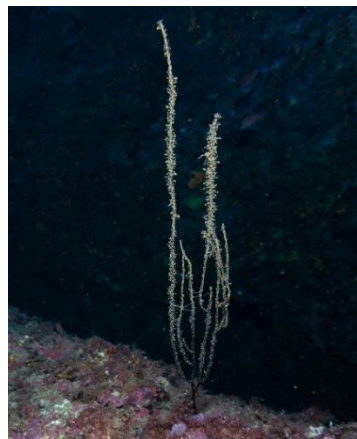


Figura 33. Colònia de gorgònia blanca (*E. singularis*) totalment necrosada, on també s'hi poden observar algunes algues i petits hidraris que comencen a epibiotar les parts apicals de les branques. Fotografia presa a l'estació de La Vaca, entre 15 i 20 m de fondària.

Paramuricea clavata

La gorgònia vermella (*P. clavata*) presenta una elevada mortalitat aquest 2022 en les zones de menys fondària (15-20 m). Destaquen les estacions de Medallot i Tascó Gros, on el 100% de les colònies presentaven necrosi (o necrosi sola o necrosi i epibiosi a la mateixa colònia). La Vaca i Punta Salines també presenten valors elevats de mortalitat, encara que en aquest cas també s'observen colònies amb només epibiosi i, igual que les altres dues estacions, mostren valors superiors al 50% d'afectació. Cap Castell no supera aquest valor, tot i que també s'hi troba un elevat percentatge de colònies amb signes d'afectació (41%), en aquest cas, majoritàriament

epibiosi. Les colònies de més fondària no mostren valors tan elevats de mortalitat, tot i que a Tascó Gros se supera el 75%; a més, el tipus de mortalitat d'aquesta fondària és, majoritàriament, epibiosi (Figura 34).

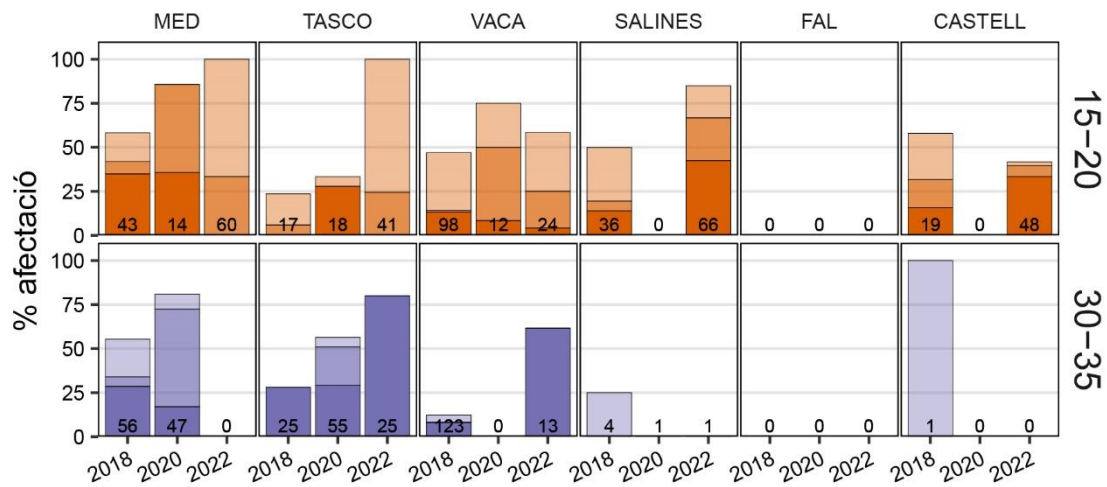


Figura 34. Percentatge d'afectació (colònies afectades) de gorgònia vermella (*P. clavata*) en els diferents rangs de fondària i estacions estudiades al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. La part més fosca de les barres representa la mortalitat antiga, la part més clara la mortalitat recent i la d'una tonalitat intermèdia mostra colònies amb ambdues mortalitats. Els números anotats dins les barres representen el nombre de colònies trobades.



Figura 35. Colònia de gorgònia vermella (*P. clavata*) amb teixit mort recentment; s'observa l'esquelet blanc sense haver estat epifitat, i per tant que ha estat morta recentment. Presenta aproximadament un 60% de necrosi. Fotografia presa a l'estació de La Vaca, a la fondària d'entre 15 i 20 m.

Leptogorgia sarmentosa

Aquest 2020 s'han trobat un total de 14 colònies de *L. sarmentosa*, totes entre les fondàries d'entre 15 i 20 m i entre 30 i 35 m, a les estacions de Punta Salines, Tascó Gros, Medallot i Falaguer. D'aquestes, 6 estaven afectades: 2 amb mortalitat recent, 1 a Tascó Gros (15-20 m), i l'altra a Medallot (30-35 m), i les altres 4 amb mortalitat antiga (1 a Tascó Gros, a 15-20 m, 1 a Medallot, a 30-35 m, i 2 a Falaguer, a 15-20 m).



Figura 36. Colònia de gorgònia taronja (*L. sarmentosa*) amb epibiosi (mortalitat antiga) a la part basal i una mica de mortalitat recent a la part apical. Foto presa a l'estació de Medallot, a la fondària d'entre 30 i 35 m.

Cladocora caespitosa

El 2022 no s'ha trobat cap colònia de *C. caespitosa* a les fondàries de mostreig al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Se'n va trobar una despresada del fons a uns 25 m de fondària a l'estació de Punta Salines (Figura 37).

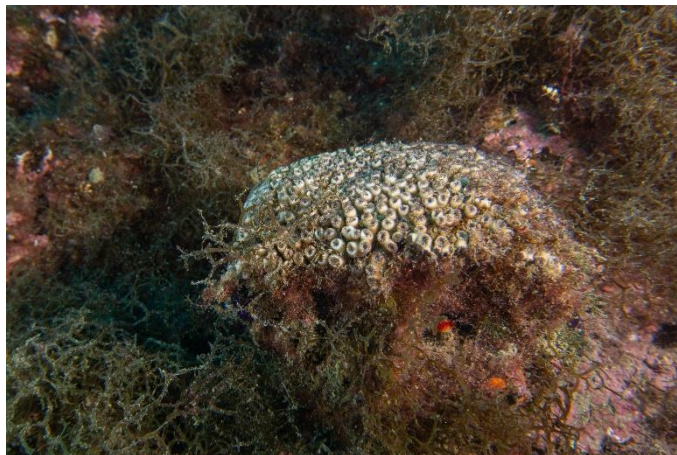


Figura 37. Colònia de *C. caespitosa* arrancada del fons, amb probablement inicis de mortalitat nova (tot i que encara està viva com es pot apreciar pel color marronós dins dels pòlips com antiga (epibiotada d'algues), a l'estació de Punta Salines, a 25 m de fondària.

Discussió

El canvi climàtic està afectant tots els ecosistemes marins del planeta, i el Mar Mediterrani no n'és una excepció, tot el contrari, n'és un dels més afectats (Giorgi, 2006). Diferents estudis han mostrat com en aquest mar moltes espècies han quedat afectades per diferents impactes produïts per

aquest fenomen, especialment per l'augment de les onades de calor i que ha provocat un augment de les mortalitats durant els últims anys a la Mediterrània (Garrabou *et al.* 2022). Els Parcs Naturals marins de Catalunya fa anys que estan sent monitoritzats i en els darrers temps s'ha vist un increment d'espècies afectades pels efectes de l'augment de la temperatura de l'aigua, cada vegada més fort, més recurrent i més persistent. Tot i que aquest no és l'únic impacte per a les espècies, n'és un dels més importants. Per tal de fer un mostreig exhaustiu de les espècies més afectades, el Seguiment de la biodiversitat marina als espais protegits de Catalunya té diferents indicadors que es monitoritzen de forma molt concreta, com ara el seguiment de la gorgònia vermella, espècie molt vulnerable al canvi climàtic. Tot i això, però, no es pot fer un seguiment exhaustiu com aquest en moltes de les espècies que en poden quedar afectades. És per això que el mostreig de l'indicador de canvi climàtic, molt més extensiu i abastant un major rang de fondària, és molt útil per poder detectar esdeveniments de mortalitats massives d'altres espècies que no queden dins el programa de seguiment específicament, com podria ser-ne la gorgònia blanca o les esponges i tenir una visió més amplia dels efectes del canvi climàtic en els nostres parcs.

Els resultats del mostreig dut a terme a finals de setembre i principis d'octubre del 2022 ens han mostrat, un cop més, una situació preocupant per les espècies bentòniques dels Parcs Naturals de Catalunya, ja que la majoria de les espècies han estat afectades, d'una manera o altra, per la forta onada de calor que es va produir durant l'estiu. A més, en termes generals, les poblacions de les fondàries més somes (de 0 a 20 m) són les que mostren un grau d'impacte més elevat, mentre que les que habiten en major fondària (més de 30 m) són les més ben preservades.

Les gorgònies, tant la blanca (*E. singularis*) com la vermella (*P. clavata*), són dues de les espècies que més mortalitat han presentat. S'ha vist, a més, que aquesta mortalitat ve donada per la onada de calor produïda a l'estiu, donat que els seus teixits estaven recentment morts, mostrant un esquelet nu i amb poca epibiosi en el moment del mostreig. Així doncs, aquest fet ens porta a una situació molt preocupant per als ecosistemes bentònics, ja que aquestes dues espècies es consideren formadores d'habitat i, per tant, aquesta forta mortalitat podria tenir conseqüències sobre moltes altres espècies associades (Ballesteros, 2006, Coma *et al.* 2006, Di Camillo *et al.* 2018, Gómez-Gras *et al.* 2021). Com ja s'ha dit a l'informe de gestió adaptativa, aquesta situació podria acabar produint la pràctica desaparició de les poblacions més somes i que cada cop es trobin a més fondària, on les condicions són més estables i, per tant, la temperatura es manté més freda (www.t-mednet.org).

En contraposició a aquests cnidaris, el corall vermell és una espècie que, fins ara, no ha rebut un especial impacte degut a les temperatures, i la seva mortalitat segueix sent molt baixa en la majoria de punts de mostreig. Tot i això, sí que es pot observar una certa mortalitat, encara que molt baixa i propera a la mortalitat natural, al Parc Natural del Montgrí que al Cap de Creus, i això podria ser degut a la diferència de temperatures entre ambdós parcs, sent el Cap de Creus més fred i amb més corrents.

Un dels organismes que més ha patit aquest any, a part de les gorgònies, han estat les esponges, en especial les massives com *Sarcotragus spp.*, *Ircinia spp.* i *Dysidea spp.*. Durant els mostrejos se n'ha pogut observar una mortalitat molt elevada, especialment en els primers metres de fondària. S'ha vist com els les espícules de les esponges queden totalment exposades, mostrant

una coloració blanquinosa i on ràpidament començaven a desaparèixer. Aquest fenomen sovint costa de veure, degut a que quan l'organisme mor, a diferència de les gorgònies les quals queda l'esquelet, desapareix per complet al cap d'un mes del primer signe de mortalitat (Cebrian *et al.* 2011) i, per tant, si no es du a terme el mostreig en el moment que està ocorrent, hom se'l pot perdre i no poder quantificar la mortalitat. En altres esdeveniments s'ha detectat que la mortalitat massiva de les esponges està associada a un cianobacteri, i directament relacionada amb el fort augment de les temperatures; segons l'estudi Cebrian *et al.* 2011, el llindar de temperatura on comença a haver aquest augment de la mortalitat serien 24 °C en el cas de les Illes Medes (altres poblacions, com les de Cabrera, tindrien un llindar més alt, als 26°C), temperatura que l'estiu del 2022 es va sobrepassar durant molts dies consecutius (www.t-mednet.org). Així doncs, el futur d'aquestes espècies és incert, tot i que sembla ser que si la proporció d'esponges mortes és baixa, les poblacions es podrien recuperar, però si és molt alta, com enguany, podrien arribar a desaparèixer (Cebrian *et al.* 2011). Així doncs, caldrà estar alerta pel que fa a les poblacions d'esponges en els propers anys.

Altres espècies mostrejades no han tingut afectacions tant remarcables com les de les esponges i gorgònies enguany. D'una banda, els briozous, tant *P. fascialis* com *M. truncata*, no han patit un augment considerable de la mortalitat. A més, els resultats mostren com, en general, moltes de les colònies ja mostraven parts epibiotades i, per tant, ja presentaven cert grau d'afectació causat durant els anys anteriors. Tot i que no s'hagi vist un augment de la necrosi, sí que és cert que són dues espècies força afectades en episodis anteriors, presentant en alguns casos el 100% de colònies amb afectació i, per tant, són espècies que ja es troben en una situació de molt alta vulnerabilitat, especialment en l'escenari de canvi climàtic en el que ens trobem (Pagès-Escollà *et al.* 2018).

Pel que fa a les algues calcàries incrustants, enguany tampoc s'ha vist un augment significatiu de la necrosi, tot i que sí que algunes estacions presenten un augment de la mortalitat respecte el 2020. Tot i això, sí que es pot apreciar un augment progressiu de l'afectació respecte el primer any de mostreig (2018) i, per tant, és preocupant la situació en la que es troben aquestes algues, ja que en forces localitats, i especialment en les fondàries més somes (0-5 m) arriben a superar el 50% de cobertura morta.

Així doncs, aquest estudi ens ha permès detectar esdeveniments de mortalitat massiva en diferents espècies, com les gorgònies, vermella i blanca, i les esponges, causats per la forta onada de calor observada durant l'estiu del 2022 (www.t-mednet.org). Cal remarcar que aquest no ha sigut el primer esdeveniment de mortalitat massiva al Mediterrani, i si la tendència de les temperatures segueix el previst, i les conseqüències d'aquests poden arribar a ser catastròfiques, ja que poden produir, entre d'altres impactes, la pèrdua d'hàbitat per a moltes espècies associades.

És per això que és de vital importància minimitzar tots els impactes que puguin rebre aquestes espècies a nivell local, donat que el canvi climàtic només es pot gestionar a nivell global. Malgrat aquesta gestió, el futur de les espècies bentòniques sota els efectes del canvi climàtic és incert.

Conclusions

S'han detectat importants efectes del canvi climàtic: elevada mortalitat amb efectes acumulatius dels diferents anys en espècies amb limitada capacitat de recuperació.

Els efectes de la mortalitat s'han produït a tots els parcs i totes les estacions.

S'ha observat per primera vegada mortalitat en les poblacions d'esponges de les Medes i el Montgrí.

Les gorgònies, han sofert una important mortalitat que es suma a l'observada en els últims anys.

S'ha observat un esdeveniment de gran mortalitat de briozous en ambdós parcs naturals, sent de major gravetat l'observat a les Illes Medes i el Montgrí.

La mortalitat d'algues calcàries ha estat elevada en totes les estacions i rangs de fondària

S'ha constatat també la mortalitat d'altres espècies, com *Cladocora caespitosa* en ambdós parcs, o *Spondylus gaederopus* al Parc Natural del Cap de Creus

Cal aplicar amb urgència un principi de prevenció i minimitzar els impactes que sí es poden gestionar des de la direcció dels parcs.

Bibliografia

- Ballesteros, E. (2006). Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 44, 123-195.
- Bates, A.E., Helmuth, B., Burrows, M.T., Duncan, M.I., Garrabou, J., Guy-Haim, T., Lima, F., Queiros, A.M., Seabra, R., Marsh, R., Belmaker, J., Bensoussan, N., Dong, Y., Mazaris, A.D., Smale, D., Wahl, M., Rilov, G. (2018). Biologists ignore ocean weather at their peril. *Nature*, 560: 299–301.
- Brierley, A.S., Kingsford, M.J. (2009). Impacts of Climate Change on Marine Organisms and Ecosystems. *Current Biology*, 19: R602–R614.
- Capdevila, P., Aspillaga, E., Hereu, B., Medrano, A., Montero-Serra, I., Pagès, M., Rovira, G., Linares, C. (2018). Seguiment de les poblacions de gorgònia vermella 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.
- Cebrian, E., Uriz, M.J., Garrabou, J., Ballesteros, E. (2011). Sponge Mass mortalities in a warming Mediterranean sea: Are Cyanobacteria-Harboring Species Worse Off? *Plos One*, 6: e20211.
- Cerrano, C., Bavestrello, G., Bianchi, C.N., Cattaneo-Vietti, R., Bava, S., Morganti, C., Morri, C., Picco, P., Sara, G., Schiaparelli, S., Siccardi, A. (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.
- Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Lasram, F.B.R., Aguzzi, J., Ballesteros, E., Bianchi, C.N., Corbera, J., Dailianis, T. and Danovaro, R. (2010). The biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, patterns, and threats. *PLoS ONE*, 5: e11842.
- Coma, R., Linares, C., Ribes, M., Díaz, D., Garrabou, J., Ballesteros, E. (2006) Consequences of a mass mortality in populations of *Eunicella singularis* (Cnidaria : Octocorallia) in Menorca (NW Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series*, 327: 51–60.
- Coma, R., Ribes, M., Serrano, E., Jiménez, E., Salat, J., Pascual, J. (2009). Global warming-enhanced stratification and mass mortality events in the Mediterranean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, pp.pnas-0805801106.
- Di Camillo, C. G., Ponti, M., Bavestrello, G., Krzelj, M., & Cerrano, C. (2018). Building a baseline for habitat-forming corals by a multi-source approach, including Web Ecological Knowledge. *Biodiversity and Conservation*, 27(5), 1257-1276.
- Garrabou, J., Coma, R., Bensoussan, N., Bally, M., Chevaldonné, P., Cigliano, M., Díaz, D., Harmelin, J.G., Gambi, M.C., Kersting, D.K., Ledoux, J.B. (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., Bensoussan, N., Turicchia, E., Sini, M., Gerovasileiou, V., Teixidó, N., Mirasole, A., Tamburello, L., Cebrian, E., Rilov, G., Ledoux, JB., Ben Souissi, J., Khamassi, F., Ghanem, R., Benabdi, M., Grimes, S., Ocaña, O., Bazairi, H., Hereu, B., Linares, C., Kersting, DK., Rovira, G., Ortega, J., Casals, D., Pagès-Escolà, M., Margarit, N., Capdevila, P., Verdura, J., Ramos, A., Izquierdo, A., Barbera, C., Rubio-ortillo, E., Anton, I., López-Sendino, P., Díaz, D., Vázquez-Luiz, M., Duarte, C., Marbá, N., Aspillaga, E., Espinosa, F., Grech, D., Guala, I., Azzurro, E., Farina, S., Gambi, MC., Mantas, TP., Frascchetti, S., Ceccherelli, G., Kipson, S., Bakran-Petricioli, T., Petricioli, D., Jiménez, C., Katsanevakis, S., Kizilkaya, IT., Kizilkaya, Z., Sartoretto, S., Elodie, R., Ruitton, S., Comeau, S., Gatusso, JP., Harmelin, J. G. (2022). Marine heatwaves drive recurrent mass mortalities in the Mediterranean Sea. *Global change biology*, 28(19), 5708-5725.
- Giorgi, F. (2006). Climate change hot-spots. *Geophysical research letters*, 33(8).
- Gómez-Gras, D., Linares, C., Dornelas, M., Madin, JS., 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: 1038–1051.
- Hampe, A., Petit, R.J. (2005). Conserving biodiversity under climate change: the rear edge matters. *Ecology Letters*, 8: 461–467.
- Harvell, C.D., Kim, K., Burkholder, J.M., Colwell, R.R., Epstein, P.R., Grimes, D.J., Hofmann, E.E., Lipp, E.K., Osterhaus, A.D.M.E., Overstreet, R.M. and Porter, J.W. (1999). Emerging marine diseases – Climate links and anthropogenic factors. *Science*, 285: 1505–1510.
- Helmuth, B., Mieszkowska, N., Moore, P., Hawkins, S.J. (2006). Living on the edge of two changing worlds: Forecasting the responses of rocky intertidal ecosystems to climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 37: 373–404.
- Hereu, B. i Kersting, D. K. (2016). Diseases of coralline algae in the Mediterranean Sea. *Coral reefs*, 35(2), 713-713.

- Hughes, T.P., Anderson, K.D., Connolly, S.R., Heron, S.F., Kerry, J.T., Lough, J.M., Baird, A.H., Baum, J.K., Berumen, M.L., Bridge, T.C., Claar, D.C., (2018). Spatial and temporal patterns of mass bleaching of corals in the Anthropocene. *Science*, 359(6371): 80–83.
- Kersting, D.K., Cebrián, C., Casado, C., Teixidó, N., Garrabou, J., Linares, C. (2015). Experimental evidences of synergistic effect of warming and invasive algae on a temperate reef-builder coral. *Scientific Reports*, 5: 18635.
- Lejeusne, C., Chevaldonné, P., Pergent-Martini, C., Boudouresque, C. F., Pérez, T. (2010). Climate change effects on a miniature ocean: the highly diverse, highly impacted Mediterranean Sea. *Trends in Ecology & Evolution*, 25: 250–260.
- Linares, C., Coma, R., Diaz, D., Zabala, M., Hereu, B., 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. i Doak, D. (2010). Forecasting the combined effects of disparate disturbances on the persistence of long-lived gorgonians: the case study of *Paramuricea clavata*. *Marine Ecology Progress Series*, 402: 59–68.
- Linares, C., Ballesteros, E., Verdura, J., Aspillaga, E., Capdevila, P., Coma, R., Díaz, D, Garrabou, J., Hereu, B., Ledoux, JB., Tomás, 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. *Proyectos de investigación en parques nacionales: convocatoria 2012-2015*: 45–67
- Marbà, N., Jordà, G., Agustí, S., Girard, C., Duarte, C., (2015). Footprints of climate change on Mediterranean Sea biota. *Frontiers in Marine Science*, 2: 56.
- Matamalas, N., Hereu, B. (2016). Seguiment de les algues coral·lines incrustants al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Memòria tècnica. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals.
- Oliver, E.C., Donat, M.G., Burrows, M.T., Moore, P.J., Smale, D.A., Alexander, L.V., Benthuisen, J.A., Feng, M., Gupta, A.S., Hobday, A.J., Holbrook, N.J. (2018). Longer and more frequent marine heatwaves over the past century. *Nature Communications*, 9(1): 1324.
- Pagès-Escolà, M., Hereu, B., Garrabou, J., Montero-Serra, I., Gori, A., Gómez-Gras, D., Figuerola, B., Linares, C. (2018). Divergent responses to warming of two common co-occurring Mediterranean bryozoans. *Scientific Reports*, 8: 17455.
- Pascual, J., Bensoussan, N., Salat, J., Garrabou, J., (2012). Clima i règim tèrmic de les aigües de les illes Medes i el Montgrí. En: *El fons marí de les illes Medes i el Montgrí: quatre dècades de recerca per a la conservació*. Càtedra d'Ecosistemes Litorals Mediterranis.
- Pinsky, M.L., Worm, B., Fogarty, M.J., Sarmiento, J.L., Levin, S.A. (2013). Marine taxa track local climate velocities. *Science*, 341(6151): 1239–1242.
- Ponti, M., Perlini, R.A., Ventra, V., Grech, D., Abbiati, M., Cerrano, C. (2014). Ecological Shifts in Mediterranean Coralligenous Assemblages Related to Gorgonian Forest Loss. *PLoS ONE*, 9(7): e102782.
- Poloczanska, E.S., Brown, C.J., Sydeman, W.J., Kiessling, W., Schoeman, D.S., Moore, P.J., Brander, K., Bruno, J.F., Buckley, L.B., Burrows, M.T. and Duarte, C.M. (2013). Global imprint of climate change on marine life. *Nature Climate Change*, 3: 919–925.
- Rivetti, I., Fraschetti, S., Lionello, P., Zambianchi, E., Boero, F. (2014). Global warming and mass mortalities of benthic invertebrates in the Mediterranean Sea. *PLoS ONE*, 9: e115655.

- Rovira, G., Zentner, Y., Margarit, N., Ortega, J., Vilanova, M., Linares, C. (2021). Seguiment de les poblacions de gorgònia vermella al Parc Natural del 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 2021. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals. pp 31-68.
- Vargas-Ángel, B. (2010). Crustose coralline algal diseases in the US-Affiliated Pacific Islands. *Coral Reefs*, 29: 943–956.
- Vargas-Yáñez, M., Moya, F., Tel, E., García-Martínez, M., Guerber, E., Bourgeon, M. (2009). Warming and salting in the western Mediterranean during the second half of the 20th century: inconsistencies, unknowns and the effect of data processing. *Scientia Marina*, 73: 7–28.
- Walther, G.R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.J., Fromentin, J.M., Hoegh-Guldberg, O., Bairlein, F. (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416: 389–395.
- Ward, J.R., Lafferty, K.D. (2004). The elusive baseline of marine disease: Are diseases in ocean ecosystems increasing? *PLoS Biology*, 2: 542–547.
- Wernberg, T., Bennett, S., Babcock, R.C., de Bettignies, T., Cure, K., Depczynski, M., Dufois, F., Fromont, J., Fulton, C.J., Hovey, R.K., Harvey, E.S. (2016). Climate-driven regime shift of a temperate marine ecosystem. *Science*, 353(6295): 169–172.
- Williams, G.J., Price, N.N., Ushijima, B., Aeby, G.S., Callahan, S., Davy, S.K., Gove, J.M., Johnson, M.D., Knapp, I.S., Shore-Maggio, A., Smith, J.E. (2014). Ocean warming and acidification have complex interactive effects on the dynamics of a marine fungal disease. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1778): p.20133069.
- Zentner, Y., Rovira, G., Margarit, N., Ortega, J., Casals, D., Medrano, A., Pagès-Escolà, M., Aspillaga, E., Capdevila, P., Figuerola-Ferrando, L., Riera, J.L., Hereu, B., Garrabou, Q., 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*.

Prospeccions del fons marí als Parcs Naturals del Cap de Creus i del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter

Júlia Ortega, Graciela Rovira, Neus Sanmartí, Javier Romero, Cristina Linares, Bernat Hereu

- Enguany s'ha detectat presència de l'alga invasora *Caulerpa cylindracea* a 9 punts: 6 al Parc Natural del Cap de Creus i 3 al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter.
- Aquesta alga invasora s'ha identificat per primer cop al P.N. del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter.

- La seva distribució es concentra en fondàries d'entre 15 i 20m, i les majors extensions es troben les estacions del Cap de Creus.
- L'erradicació d'aquesta espècie invasora és inviable, pel què es recomana aplicar mesures de gestió preventives que evitin la seva dispersió i monitoritzar la seva evolució a ambdós parcs naturals.

Aquest capítol ha de ser citat com:

Ortega, J., Rovira, G., Sanmartí, N., Romero, J., Linares, C., Hereu, B. (2023). Prospeccions del fons marí als Parcs Naturals del Cap de Creus i 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 2022*. Generalitat de Catalunya. Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. pp. 271-286.

Introducció

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

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

Tot i ser molt àmplia en comparació amb altres mars del món, la major part dels coneixements sobre els fons marins mediterranis és fragmentaria i, tot sovint, poc rigorosa. Aquest no és el cas del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, on durant les darreres quatre dècades s'ha concentrat un gran esforç d'investigació i monitoratge que ha proporcionat descripcions molt acurades sobre els sistemes biològics que hi trobem i el seu funcionament ecològic (Ros *et al.* 1984; Hereu i Quintana 2012). Per exemple, la distribució de les comunitats i hàbitats bentònics dins del Parc Natural ha estat cartografiada (Hereu i Quintana 2012) i al 2017, dins del marc d'aquest projecte, es van realitzar un total de 8 prospeccions. A més, la gran freqüentació per part de submarinistes fa que aquesta zona, especialment al voltant de les Illes Medes, estigui força controlada, fet que permet una detecció primerenca dels impactes més conspicus, no només a través del programa de seguiment sinó també per part dels bussejadors i altres usuaris de l'espai. En el cas del Cap de Creus, tot i que no es disposa d'informació tan detallada, aquesta també ha estat ampliada en els darrers anys, ja que al 2018, 2019 i 2020 es van realitzar 9, 7 i 5 prospeccions del fons marí, respectivament, al llarg de la costa d'aquest parc natural. Aquestes prospeccions realitzades a ambdós parcs tenien com a objectiu principal descriure en detall les comunitats bentòniques en diversos punts d'aquesta zona i obtenir una diagnosi de l'estat de conservació en que es troba actualment, fent especial èmfasi en la detecció d'espècies o hàbitats d'interès, i caracteritzar els principals impactes que els afecten. Amb la informació obtinguda es pretenia ampliar el nostre coneixement sobre els seus hàbitats i que sigui útil en un futur per tal de poder dur a terme una millor gestió d'aquests espais. A més a més, també és una eina per poder detectar possibles impactes, com poden ser els efectes del canvi climàtic sobre les comunitats o l'arribada d'espècies invasores.

Per primer cop, al 2021 no es van realitzar prospeccions amb l'objectiu de descriure el paisatge bentònic, ja que es considerava que tota l'àrea costanera d'ambdós parcs naturals ja havia estat estudiada durant els anys anteriors, si no que es van descriure zones d'especial interès.

Enguany, seguint amb aquesta mateixa línia d'investigació, les prospeccions realitzades s'han centrat en l'estudi de les zones afectades per una problemàtica cada vegada més estesa a les nostres costes: la presència de l'alga invasora *Caulerpa cylindracea*.

Al medi marí les espècies invasores han transformat hàbitats marins al voltant del món (Bax *et al.* 2003; Molnar *et al.* 2008). A nivell ecològic, les espècies invasores són capaces de desplaçar les espècies natives, canviar l'estructura de les comunitats i el funcionament de les xarxes tròfiques, i alterar processos fonamentals, com ara el cicle dels nutrients i la sedimentació (Molnar *et al.* 2008; Klein i Verlaque 2008).

C. cylindracea (Sonder, 1845) és una alga cloròfita de l'ordre Bryopsidales pertanyents a la família Caulerpaceae. Aquesta espècie és originària del sud-oest d'Àustràlia, i va ser observada per primer cop a la mediterrània el 1990 a les costes de Líbia (Nizzamudin, 1991). No és fins el 1998 que apareix a les Balears (Ballesteros, 1999), el 1999 a Castelló, el 2001 arriba a les costes d'Alacant i el 2005 arriba a les costes de la Regió de Múrcia estenent-se cap a la costa mediterrània d'Andalusia el 2009. A Catalunya es va detectar per primer cop el 2008 a les costes del Garraf, des d'on s'ha anat dispersant al sud. No obstant, la seva expansió cap al Nord havia quedat limitada i només s'havia observat a Blanes, on es va observar per primer cop el 2013 (Ballesteros *et al.* 2016). No és fins el 2016 que es cita la seva presència a Begur i a cala Canyelles Grosses al cap de Creus (Ballesteros *et al.* 2017a,b), i el 2018 s'observa per primer cop a les costes de Banyuls (Vilaweb).

S'han descrit diversos efectes d'aquesta espècie sobre els ecosistemes. Per una part, degut al seu creixement en estolons, pot formar un dens tapís sobre el fons colonitzat que impedeix la difusió d'oxigen al sediment, tornant l'ambient tòxic per a multitud d'espècies epibentòniques i de la biocenosi original (Klein i Verlaque, 2008). Diversos estudis mostren una disminució del nombre d'espècies i disminució de la cobertura algal en les diverses comunitats afectades (revisat per Klein i Verlaque, 2008). Ballesteros i col·laboradors descriuen un nivell de biopol·lució causat per *C. cylindracea* entre feble i moderat a quatre masses d'aigua de la costa catalana (Ballesteros *et al.* 2017b), amb una afectació més important a les localitats de Canyelles Grosses, a Roses, on la població de *C. cylindracea* ha mostrat marcades fluctuacions en la seva cobertura, i a les costes del Garraf. Tot i que aquesta espècie pot ser consumida per peixos espàrids (Santamaria *et al.* 2021), el control d'aquesta alga per peixos sembla de moment ser insuficient. Cal afegir, que recentment s'han descrit formes de creixement d'aquesta alga que són difícilment observables i que quan es poden detectar s'amblarien molt a espècies autòctones del gènere *Derbesia* o *Chlorodesmis* i per tant, això implicaria una major dificultat per la seva detecció (Cebrian i Santamaria 2022).

Amb les prospeccions d'enguany es pretén fer una aproximació de les zones dels parcs naturals de Cap de Creus i Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter on s'ha constatat presència d'aquesta alga.

Material i mètodes

Les prospeccions d'enguany es centren en les localitats on s'ha trobat l'alga invasora *Caulerpa cylindracea*. S'ha registrat la presència d'aquesta espècie a 9 zones: 6 dins el Parc Natural del Cap de Creus (3 al Parc Natural i 3 a la Reserva Natural Parcial) i 3 dins el Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter (1 a la Reserva Natural Parcial, 1 al Parc Natural i 1 a la Zona Perifèrica de Protecció) (Taula 1) (Figures 1 i 2).

Tots els punts on es va localitzar aquesta alga van ser identificats durant les immersions destinades a l'estudi d'algun dels descriptors del seguiment d'enguany. Concretament, les taques de *C. cylindracea* a Cala Pelosa, Cala Montjoi, Meda Petita i Cala Montgó van ser observades durant els mostrejos de *Posidonia oceanica*, a l'Encalladora durant el mostreig dels impactes de canvi climàtic i a Punta Salines-Arquets mostrejant peixos vulnerables.

Les coordenades de les taques van ser registrades i posteriorment es van destinar diverses immersions per observar, fotografiar i caracteritzar la presència d'aquesta alga a cadascun d'aquests punts.

Taula 1. Estacions de mostreig de prospeccions mitjançant escafandre autònoma de l'any 2023. Grau de protecció: Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

Parc	Prot.	Estació	Data	Longitud (m)	Latitud (m)	Fondària (m)
Cap de Creus	PN	Cala Pelosa A	2022-07-05	520068	4677305	11
		Cala Pelosa B	2022-07-05	520062	4677169	19,1
		Cala Montjoi	2022-07-05	519334	4677197	22
	RNI	Encalladora A	2022-10-03	526736	4685672	21
		Encalladora B	2022-10-03	526736	4685672	17
Medes i Montgrí	RNP	Encalladora C	2022-10-03	526736	4685672	14
	RNP	Meda Petita	2022-07-11	518548	4654512	17,7
	PN	Cala Montgó	2022-07-12	514366	4661601	14,7
	ZPP	Punta Salines-Arquets	2022-07-14	517666	4656551	15

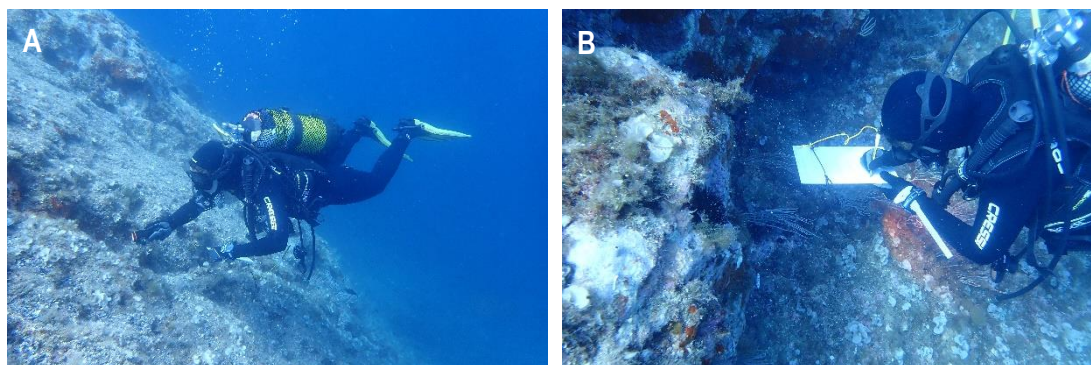


Figura 1. Mètode de mostreig de les prospeccions al 2023. A) Observació del paisatge, espècies i altres aspectes rellevants al llarg de la immersió. B) Realització d'un esquema de la zona prospectada anotant la presència d'espècies rellevants, tipus comunitat a cada fondària i impactes detectats.

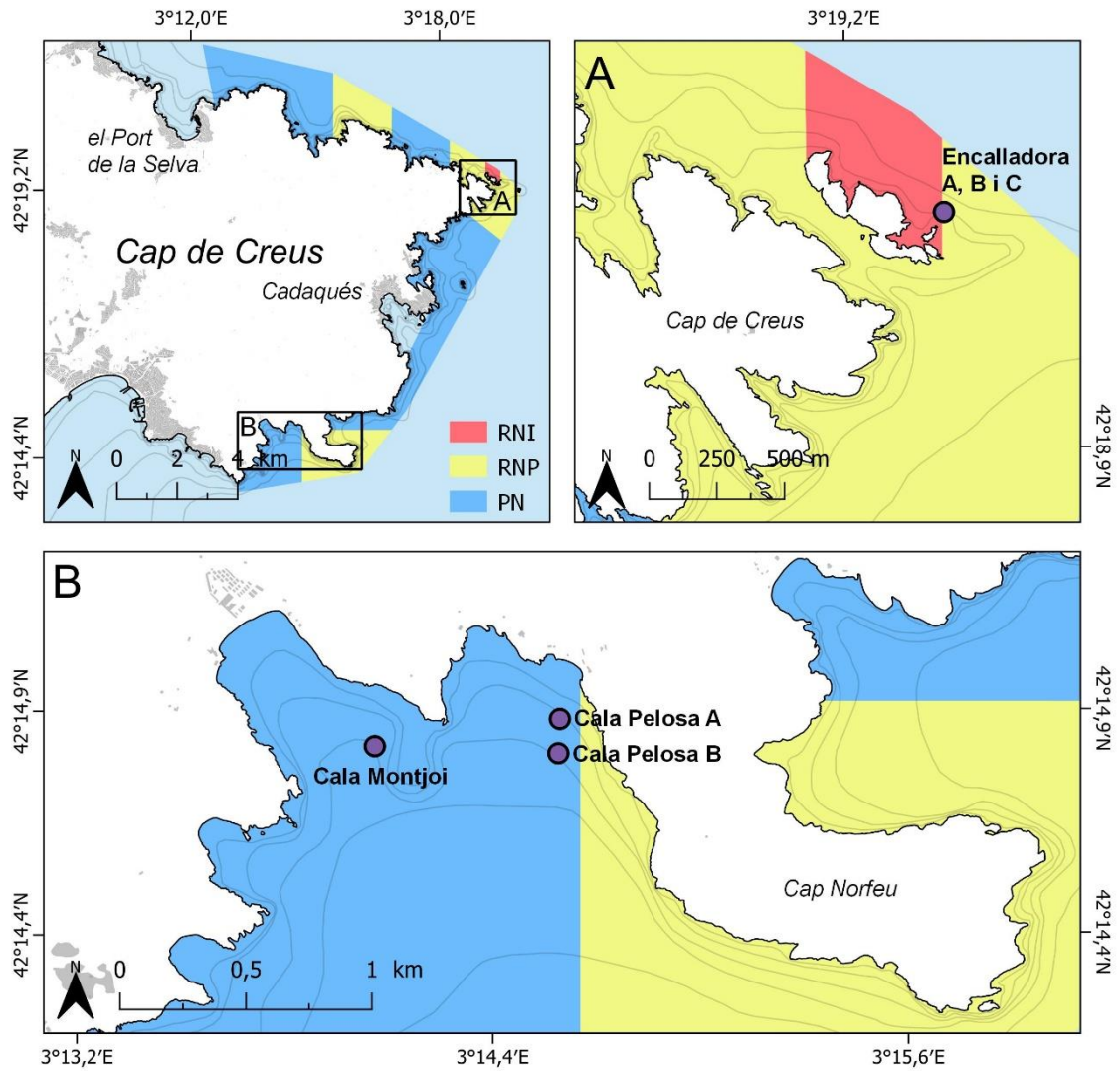


Figura 2. Mapa d'estacions de les prospeccions mitjançant escafandre autònoma de l'any 2023 al Parc Natural de Cap de Creus. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP) i Parc Natural (PN).

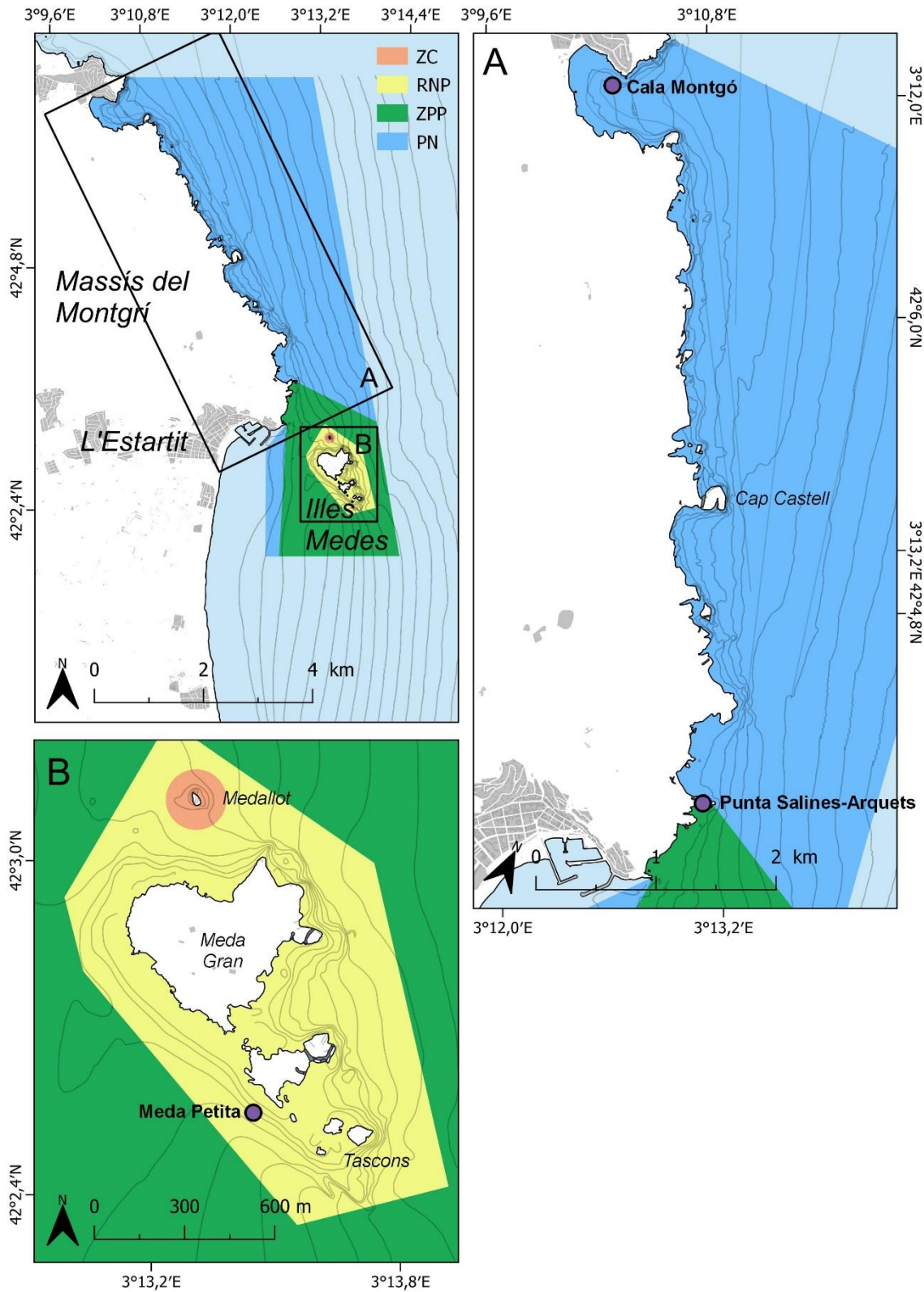


Figura 3. Mapa d'estacions de les prospeccions mitjançant escafandre del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter de l'any 2023. Grau de protecció: Zona Control (ZC), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica a la Protecció (ZPP) i Parc Natural (PN).

Resultats

Prospecció de *C. cylindracea* a Cala Pelosa A

La taca de *C. cylindracea* trobada en aquesta localització es troba entre els 10 i 12m de fondària, dins d'una gran clariana de mata morta, al mig de la praderia de *P. oceanica* que trobem en aquesta cala dins del Parc Natural del Cap de Creus (Figura 2). Aquesta taca és moderadament densa en els primers metres (10m de fondària), i es va fent menys densa a mesura que ens acostem de nou al marge de la posidònia (12m). Es va calcular una extensió aproximada d'uns 8-10m² en sentit del màxim pendent (Figura 4).



Figura 4. Fotografia de la taca de *C. cylindracea* a Cala Pelosa A (PN).

Prospecció de *C. cylindracea* a Cala Pelosa B

Aquesta segona taca es troba a la mateixa cala que l'anterior (Cala Pelosa, PN), però en aquest cas a més fondària, uns 19m (Figura 2). Es tracta d'una taca molt densa, i s'estén fins al límit profund de la praderia la posidònia que la rodeja, sent aquesta molt esclarissada (uns 20-22m). Es troba sobre fons sorrenc i és la taca més gran que s'ha registrat, ja que la seva extensió excedeix els 200m² (Figura 5).

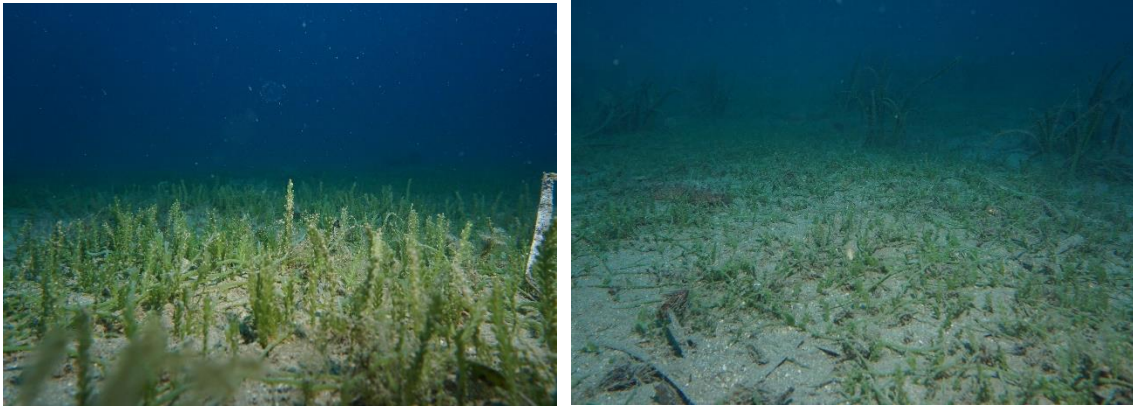


Figura 5. Fotografies de la taca de *C.cylindracea* a Cala Pelosa B (PN).

Prospecció de *C. cylindracea* a Cala Montjoi

Aquesta taca es troba al mig de la Cala Montjoi (PN) (Figura 2), sent la localització de *C. cylindracea* situada més al sud del Parc Natural del Cap de Creus. Es troba a uns 15m de fondària, i seguint el límit d'aquesta taca poc densa, es descriuen uns 40m² d'extensió aproximadament. L'hàbitat que la rodeja és una praderia de *P.oceanica* en bon estat (Figura 6).

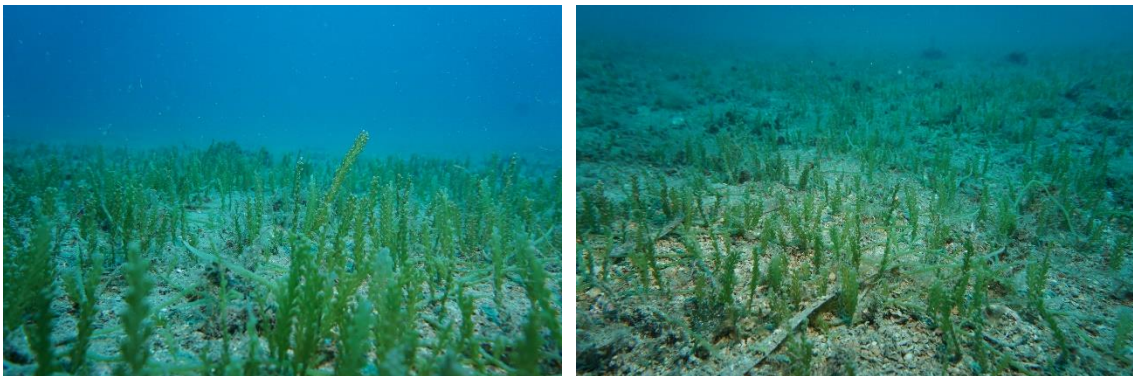


Figura 6. Fotografies de la taca de *C.cylindracea* a Cala Montjoi (PN).

Prospecció de *C. cylindracea* a Encalladora A

Des d'arran de la costa de la Illa de l'Encalladora (RNI), situada al nord del Cap de Creus (Figura 2), al Parc Natural del Cap de Creus, descendim per la seva vessant en direcció nord i seguint el gradient batimètric. És d'una paret inclinada, amb blocs i megablocs a partir dels 15m aproximadament. Trobem una taca de *C. cylindracea* a 21m de fondària. Es tracta d'una taca gran i densa, d'uns 18m² (6mx3m), amb els límits ben distingits. Aquesta es troba sobre roca base rodejada de grans blocs, dominada per comunitats fotòfiles i gorgònia blanca (*Eunicella singularis*). Avança fins al final d'aquesta roca i, arribant a fondàries de 24m, s'estén sobre fons sorrenc detrític pla, aquí menys densament (Figura 7).

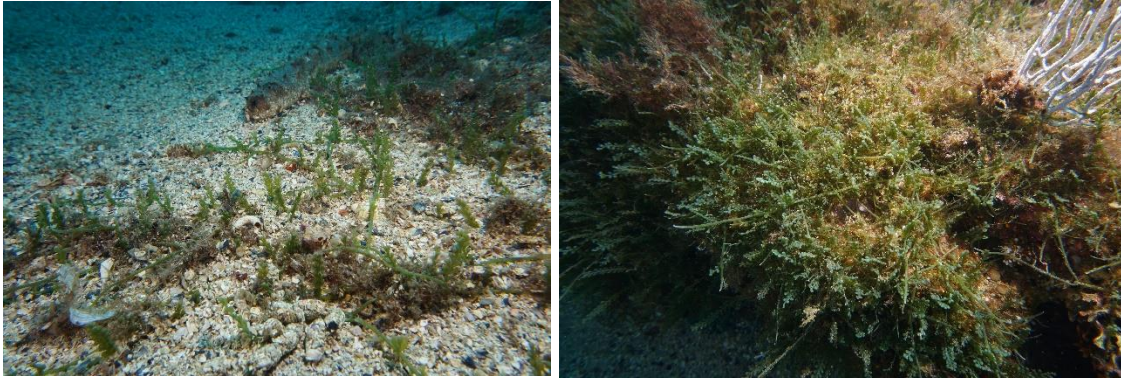


Figura 7. Fotografies de la taca de *C. cylindracea* a l'Illa de l'Encalladora A (RNI).

Prospecció de *C. cylindracea* a Encalladora B

També descendint per la part nord de la Illa de l'Encalladora (RNI) (Figura 2), relativament a prop de la taca descrita anteriorment (Encalladora A), trobem una taca de l'alga invasora a 17m de profunditat, amb una mida d'1m², tot i que el seu límit és difús. Es tracta d'una taca relativament densa i es troba sobre roca base inclinada amb comunitat fotòfila, dominada per *turff* i amb presència d'algues calcàries (Figura 8).

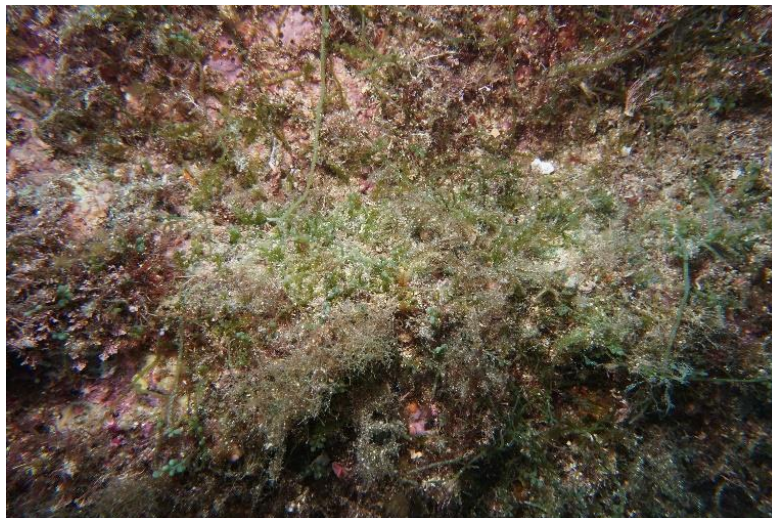


Figura 8. Fotografia de la taca de *C. cylindracea* a l'Illa de l'Encalladora B (RNI).

Prospecció de *C. cylindracea* a Encalladora C

Finalment, trobem una tercera taca de *C. cylindracea* a la part nord de l'Illa de l'Encalladora (RNI) (Figura 2). Aquesta es va observar a una fondària aproximada de 14m i té una mida aproximada d'1m², tot i que el seu límit és difús. És molt poc densa i es troba sobre roca base amb comunitat fotòfila, dominada per algues de creixement ràpid tipus *turff* i amb presència d'algues calcàries (Figura 9).

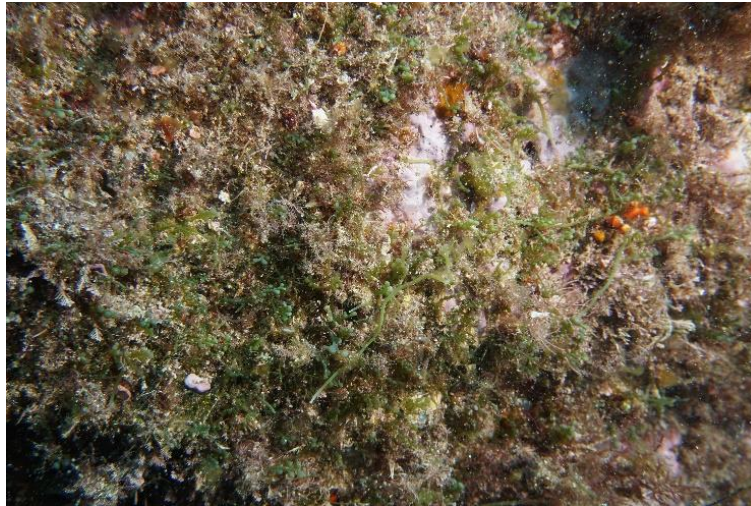


Figura 9. Fotografia de la taca de *C. cylindracea* a l'Illa de l'Encalladora C (RNI).

Prospecció de *C. cylindracea* a Meda Petita

Des d'arran de la costa oest de la Illa de Meda Petita (ZPP) (Figura 3), al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, descendim per la seva vessant seguint el gradient batimètric.

Als 16m de fondària trobem aquesta petita taca (d'uns 2m²), poc densa, i que limita amb la praderia de posidònia de la Meda Petita (Figura 10).



Figura 10. Fotografies de la taca de *C. cylindracea* a la Meda Petita (RNP).

Prospecció de *C. cylindracea* a Cala Montgó

Al mig de la Cala Montgó (PN), al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, trobem una taca de dimensions reduïdes (menys de mig metre quadrat), amb densitat moderada a 14,8 m de profunditat. Aquesta taca es troba sobre una zona molt petita de mata de *P. oceanica* i delimitada per una gran clapa de sorra (Figura 11).



Figura 11. Fotografia de la taca de *C.cylindracea* a la Cala Montgó (PN).

Prospecció de *C. cylindracea* a Punta Salines-Arquets

Aquesta taca de *C.cylindracea* es va observar a una fondària aproximada de 15m, a la vessant sud de Punta Salines, direcció als Arquets (ZPP) (Figura 3). Es troba sobre roca base inclinada amb fons fotòfil dominat per algues de creixement ràpid tipus *turf*. És molt densa i té unes mesures aproximades de 4 m² (2m x2m), amb els límits molt marcats (Figura 12).

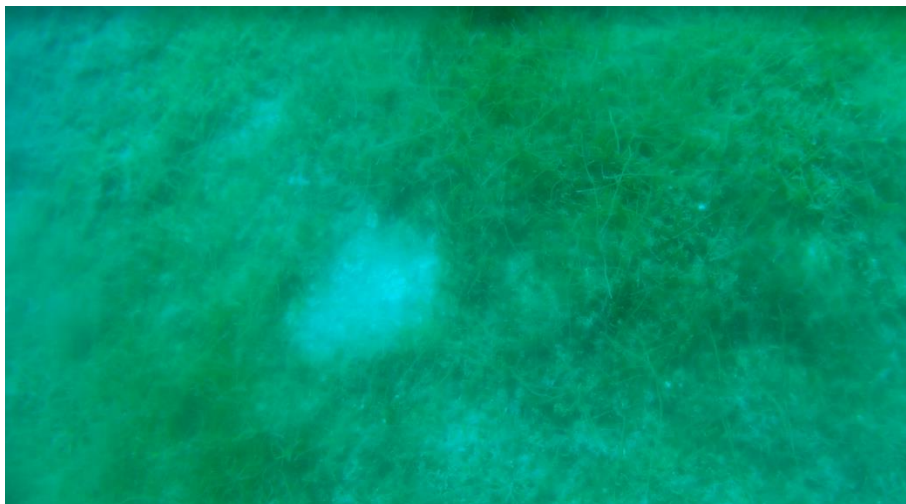


Figura 12. Fotografia de la taca de *C.cylindracea* a Punta Salines-Arquets (ZPP).

Discussió

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

Aquest any s'han realitzat nou prospeccions, en les què ens hem centrat en la caracterització de la presència i distribució de l'alga invasora *C. cylindracea*, doncs des de la seva detecció al 2019, sembla que s'està estenent ràpidament als nostres Parcs

Pel que fa a les 6 taques de *Caulerpa cylindracea* prospectades al Cap de Creus, 3 van ser localitzades dins el Parc Natural (Cala Pelosa A, Cala Pelosa B i Cala Montjoi) i 3 a la Reserva Natural Integral (Illa de l'Encalladora). En aquest Parc Natural ja s'havia observat aquesta alga invasora en diverses ocasions: a Cala Canyelles Grosses (Ballesteros *et al.* 2017), a Cala Galladera al 2019 (Hereu *et al.* 2020), a Cap Norfeu al 2022 (Linares *et al.* 2022) i a Cala Montjoi al 2020 (Hereu *et al.* 2021). Enguany s'ha constatat que l'extensió de la taca d'aquesta última localitat ha augmentat considerablement. De fet, Cala Montjoi i Cala Pelosa B, també situada dins d'aquest Parc Natural, s'han registrat les majors extensions.

Aquest any es confirma la seva presència a nous punts del Parc Natural del Cap de Creus, sent especialment rellevant la detecció a l'Illa de l'Encalladora, ja que es tracta d'una Reserva Natural Integral. Degut a la seva categoria de protecció, en aquest punt es troba totalment prohibida la pesca, l'ancoratge d'embarcacions o qualsevol activitat nàutica o humana, per lo que aquesta alga ha arribat a aquest punt per altres vies indirectes.

Els vectors de les espècies introduïdes marines són diversos, tots lligats a l'activitat humana. L'aigua de llast dels vaixells o l'ancoratge d'embarcacions han estat assenyalades com les vies principals (Carlton i Geller, 1993, Otero *et al.* 2013), tot i que altres vectors com l'aqüicultura, l'aquariologia o les grans canalitzacions transoceàniques són també importants vectors (Meinez i Hesse, 1991; Galil, 2008; Naylor *et al.* 2001; Verlaque 2001). A nivell local, les petites embarcacions de pesca i esbarjo tenen clarament un alt potencial de propagació d'organismes marins, ja sigui perquè poden viure enganxades al casc (*fouling*), poden ser dispersades per material de pesca o equipament recreatiu com ara equips de submarinisme (Otero *et al.* 2013).

Al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter s'ha observat aquesta alga a la Cala Montgó (Parc Natural), a la Meda Petita (Reserva Natural Parcial) i a Punta Salines-Arquets (Zona Perifèrica de Protecció). La rellevància d'aquests resultats recau en què és el primer cop que es detecta la presència d'aquesta alga en aquest Parc Natural. El fet de què hagi estat detectada en 3 punts diferenciats i separats entre ells demostra la ràpida velocitat de propagació d'aquesta espècie. Tot i que les taques en aquests punts encara són petites, és important la seva monitorització per a avaluar la seva evolució.

A la Mediterrània, les espècies marines invasores són considerades una dels principals causes de pèrdua de biodiversitat (Galil, 2007), i representen un creixent problema a causa de l'elevada taxa d'introducció (Zenetos *et al.* 2010) i dels efectes que tenen sobre els ecosistemes i l'economia i salut humana (Galil, 2008). Aquest és un fenomen general que s'estén a totes les regions del Mediterrani (Galil, 2007, 2009; Zenetos *et al.* 2010).

És probable que el canvi climàtic, a més d'afectar l'estructura de les comunitats marines locals, afavoreixi la propagació d'espècies introduïdes provinents de mars més càlids. En general, moltes espècies autòctones i introduïdes estan traslladant les seves àrees de distribució cap a latituds més elevades (CIESM, 2008). Degut a que la majoria d'espècies introduïdes són termòfiles d'origen tropical, la majoria són originàries de mars tropicals de l'Indo-Pacífic i Mar Roig (Galil *et al.* 2008; Zenetos *et al.* 2010), l'escalfament de les temperatures del mar afavoreix la introducció d'espècies a través del mar Roig al sud-est Mediterrània i la seva ràpida propagació cap al nord i cap a l'oest. De la mateixa manera, també ajudarà a la propagació d'espècies d'origen atlàntic tropical a la conca occidental (Otero *et al.* 2013). Conseqüentment, és probable que en un futur la introducció i la propagació d'espècies invasores augmenti degut a l'augment de la temperatura de l'aigua (Otero *et al.* 2013).

A nivell econòmic, l'impacte de *C. cylindracea* no ha estat mai quantificat. Tanmateix, s'han descrit pèrdues en el sector de la pesca degut a la obstrucció dels arts de pesca degut al creixement d'aquesta espècie (Magri *et al.* 2001). Per altra banda, tot i que no hi ha estudis disponibles, la modificació del paisatge a gran escala induïts pel creixement de *C. cylindracea* per sobre de les comunitats bentòniques autòctones pot reduir l'atractiu de la biota per al turisme submarí (submarinisme, apnea etc.) (Klein i Verlaque, 2008). En aquest sentit, estudis previs han demostrat el seu potencial per reduir el reclutament d'espècies emblemàtiques com les gorgònies (Cebrian *et al.* 2012, Linares *et al.* 2012). De fet en alguns punts, s'ha detectat *C. cylindracea* molt prop de gorgònies blanques *Eunicella singularis*.

Tot i que la hipòtesi de la resistència biòtica prediu que comunitats més diverses haurien de tenir una major resistència a les invasions que les comunitats pobres en espècies, l'observació d'aquestes algues invasores en àrees marines protegides de la Mediterrània sembla un fet cada cop més contrastat (Kersting *et al.* 2014, Cebrian *et al.* 2018, Santamaria *et al.* 2021). Això s'explica per què la major riquesa d'espècies d'algues natives pot augmentar la disponibilitat de recursos (és a dir, substrat) facilitant així la invasió. Després de l'etapa inicial d'invasió, la riquesa d'espècies natives disminueix amb el temps, demostrant el impactes negatius de les espècies invasores en la biodiversitat autòctona.

Tot i que les taques observades en aquest estudi tenen, en general, mides relativament petites i es troben localitzades, és importat dur a terme un seguiment i monitoratge d'aquestes per a tenir un control de la seva propagació, així com dels possibles danys ecosistèmics que pot generar la presència i creixement d'aquesta alga invasora a ambdós parcs naturals. Actualment els científics coincideixen en que la seva extracció no és recomanable, donat el seu ràpid creixement i el risc de què aquesta espècie s'escampi a altres localitats no afectades fins el moment. I per tant, les

accions recomanades serien de monitoreig i d'un augment de la sensibilització a nivell d'usuaris dels Parcs.

Conclusions

Enguany s'ha detectat presència de l'alga invasora *Caulerpa cylindracea* a 9 punts dels dos Parcs Naturals: 6 al Parc Natural del Cap de Creus i 3 al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter.

Aquesta alga invasora s'ha identificat per primer cop al P.N. del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter.

La seva distribució es concentra en fondàries aproximades d'entre 15 i 20m, i les majors extensions es troben les estacions del Cap de Creus.

Donada la seva propagació, l'erradicació d'aquesta espècie invasora és inviable, pel què es recomana aplicar mesures de gestió preventives per evitar la seva dispersió i monitoritzar la seva evolució a ambdós parcs naturals.

Bibliografia

- Ballesteros, E., Grau, M., Riera, F., 1999. *Caulerpa racemosa* (Forsska^o) J. Agardh (Caulerpales, Chlorophyta) a Mallorca. Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears 42, 68.
- Ballesteros, E., García, M., Jordana, E., Pinedo, S., Satta, M.P. Torras, X., 2017a. Seguiment de l'indicador macroalgues de la DMA (2000/60/CE) a les aigües costaneres de Catalunya per a l'obtenció de l'índex de qualitat biològica CARLIT i control d'espècies invasores bentòniques al litoral de Catalunya CTN1500528. INFORME FINAL 2016. Agència Catalana de l'Aigua, Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya.
- Ballesteros, E., García, M., Jordana, E., Mariani, S., Pinedo, S., Ricart, A.M., Satta, M.P. Torras, X., 2017b. Seguiment de l'indicador macroalgues de la DMA (2000/60/CE) a les aigües costaneres de Catalunya per al càlcul de l'índex de qualitat biològica CARLIT i control d'espècies invasores per al càlcul de l'índex de Biopol·lució a les aigües costaneres i de transició de les badies del Delta de l'Ebre CTN1500528. MEMÒRIA CONTROL INVASORES 2017. Agència Catalana de l'Aigua, Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya.
- Bax, N., Williamson, A., Aguero, M., Gonzalez, E., & Geeves, W. 2003. Marine invasive alien species: a threat to global biodiversity. *Marine policy*, 27(4), 313-323.

- Carlton, J. T., & Geller, J. B. (1993). Ecological roulette: biological invasions and the global transport of nonindigenous. *Marine organisms Science*, 261, 78-82.
- Cebrian, E., Fiona, T., López-Sendino, P., Vilá, M., Ballesteros, E., 2018. Biodiversity influences invasion success of a facultative epiphytic seaweed in a marine forest. *Biological Invasions* 20(10): 2839-2848 (2018).
- Cebrian, E. i Santamaria, J., 2022. Hidden in plain sight Front. Ecol, Environ doi:10.1002/fee.2491© 2022. The Ecological Society of America.
- Ceccherelli, G., Piazzzi, L., Cinelli, F., 2000. Response of the nonindigenous *Caulerpa racemosa* (Forsska^o) 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, 227–240.
- CIESM, 2008. The Mediterranean Science Commission
- Galil, B., 2007. Loss or gain? Invasive aliens and biodiversity in the Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin* 55, 314–322.
- Galil, B. S. (2008). Alien species in the Mediterranean Sea—which, when, where, why?. In *Challenges to Marine Ecosystems* (pp. 105-116). Springer, Dordrecht.
- Hereu, B., Quintana, X. (2012). *El fons marí de les illes Medes i el Montgrí: quatre dècades de recerca per a la conservació*. Càtedra d'ecosistemes litorals mediterranis. Museu de la Mediterrània. ISBN: 2013-5939.
- Hereu, B., Casals, D., Ortega, J., Rovira, G., Linares, C. (2020). 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 2019. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. 168 pp.
- Hereu, B., Aspillaga, E., Casals, D., Ortega, J., Pérez, M., Mascaró, O., Romero, J., Rovira, G., Sanmartí, N., Linares, C. (2021). 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 2020. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. 242 pp
- Kersting DK, Ballesteros E, De Caralt S, Linares C (2014) Invasive macrophytes in a marine reserve (Columbretes Islands, NW Mediterranean): spread dynamics and interactions with the endemic scleractinian coral *Cladocora caespitosa*. *Biological Invasions* 16: 1599-1610.
- Klein, J., & Verlaque, M. (2008). The *Caulerpa racemosa* invasion: a critical review. *Marine pollution bulletin*, 56(2), 205-225.
- Linares, C., Ortega, J., Rovira, G., Margarit, N., Vilanova, M., Zentner, Y., Casals, D., Sala, A., Hereu, C. (2022). Seguiment de la biodiversitat marina als espais protegits de Catalunya: Parc Natural del Cap de Creus i Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Memòria

2021. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural. 175 pp
- Magri, M., Piazzini, L., Serena, F., 2001. La présence de *Caulerpa racemosa* le long des côtes septentrionales de la Toscane et les conséquences possibles sur l'activité de pêche. In: Gravez, V., Ruitton, S., Boudouresque, C.F., Le Direach, L., Meinesz, A., Scabbia, G., Verlaque, M. (Eds.), Fourth International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. GIS Posidonie Publisher, Marseille, France, pp. 338–344.
- Meinesz, A., & Hesse, B. (1991). Introduction et invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée nord-occidentale. *Oceanologica Acta*, 14(4), 415-426.
- Molnar, J. L., Gamboa, R. L., Revenga, C., & Spalding, M. D. (2008). Assessing the global threat of invasive species to marine biodiversity. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(9), 485-492.
- Naylor, R. L., Williams, S. L., & Strong, D. R. (2001). Aquaculture - A gateway for exotic species.
- Nizamuddin, M., 1991. The Green Marine Algae of Libya. *Elga Publisher*, Bern.
- Otero, M., Cebrian, E., Francour, P., Galil, B., Savini, D. 2013. Monitoring Marine Invasive Species in Mediterranean Marine Protected Areas (MPAs): A strategy and practical guide for managers. Malaga, Spain: IUCN. 136 pages.
- Ros, J.D., Olivella, I., Gili, J.M. (1984). *Els sistemes naturals de les illes Medes*. Institut d'Estudis Catalans, Arxius de la Secció de Ciències, LXXIII. Barcelona. 828.
- Santamaría J, Tomas F, Ballesteros E and Cebrian E (2021) Herbivory on the Invasive Alga *Caulerpa cylindracea*: The Role of Omnivorous Fishes. *Front. Mar. Sci.* 8:702492.
- Verlaque, M. (2001). Checklist of the macroalgae of Thau Lagoon (Hérault, France), a hot spot of marine species introduction in Europe. *Oceanologica acta*, 24(1), 29-49.
- Zenetos, A., Gofas, S., Verlaque, M. & Streftaris, N. (2010). Alien species in the Mediterranean Sea by 2010. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part I. Spatial distribution. *Mediterranean Marine Science*, 11(2), 381. doi:<https://doi.org/10.12681/mms.87>
- Zenetos, A., Gofas, S., Morri, C. & Verlaque, M. (2012). Alien species in the Mediterranean Sea by 2012. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part 2. Introduction trends and pathways. *Mediterranean Marine Science*, 13(2), 328-352. doi:<https://doi.org/10.12681/mms.327>