

La Reserva Marina del Nord de Menorca

Seguiment de les poblacions de peixos de substrat rocós en el període 2000-2021



G CONSELLERIA
O AGRICULTURA,
I PESCA I ALIMENTACIÓ
B SERVEIS MILLORA
/ AGRÀRIA I PESQUERA



UNIÓN EUROPEA

FONDO EUROPEO MARÍTIMO
Y DE PESCA (FEMP)



Autors: Josep Coll¹, Gabriel Morey¹, Oliver Navarro² i Maria Arpa¹

Col·laboradors: Olga Reñones³ i Joan Moranta³

1: Tragsatec. 2: Serveis de Millora Agrària i Pesquera 3: Institut Espanyol d'Oceanografia

Citar l'informe com: **Coll, J., G. Morey, O. Navarro i M. Arpa. 2021.** La Reserva Marina del Nord de Menorca. Seguiment de les poblacions de peixos de substrat rocós en el període 2000-2021. Informe tècnic per a la Direcció General de Pesca i Medi Marí. Tragsatec, 43 pàgines.

Índex

Resum Executiu	7
1. INTRODUCCIÓ I ANTECEDENTS	9
2. ÀREES D'ESTUDI I METODOLOGIA	10
3. RESULTATS	17
3.1. Les aigües superficials. Variació espacial dels indicadors dins la reserva integral	
3.1.1. Les espècies i la riquesa	17
3.1.2. La densitat de peixos demersals	18
3.1.3. La biomassa de peixos demersals	21
3.1.4. La biomassa d'espècies amb alt nivell tròfic ($B_{NT>3,5}$)	23
3.2. Les aigües profundes	
3.2.1. Les espècies i la riquesa	24
3.2.2. L'abundància de peixos demersals	26
3.2.3. La biomassa de peixos demersals	32
3.2.4. La biomassa d'espècies amb alt nivell tròfic ($B_{NT>3,5}$).....	39
4. DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS	41
5. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES	45

Resum Executiu

La campanya de juny de 2021 a la Reserva Marina del Nord de Menorca ha tingut un doble objectiu: a) ampliar la informació en la escala espacial dins l'estrat superficial (5-15 m) de la reserva integral, estudiant nous llocs, i b) continuar amb el seguiment, amb la tercera campanya que es realitza en aigües profundes (20-25 m).

Pel que respecta al primer objectiu, s'han estudiat un total de 7 llocs o estacions de mostreig, els dos tradicionals, emprats a campanyes anteriors, més cinc de nous. S'han cobert així 7000 m² de fons rocosos amb 14 hores d'immersió. En el conjunt d'aquests llocs s'han censat 13 espècies de peixos vulnerables a la pesca, 11 d'elles de caràcter demersal.

Tots els indicadors han mostrat valors baixos, amb $3,4 \pm 0,3$ espècies/250 m², $16,9 \pm 2,2$ individus/250 m²; $3,6 \pm 0,5$ kg/250 m² de biomassa de demersals, i $1,1$ kg/250 m² per a la biomassa de nivells tròfics elevats. L'indicador per al qual disposam de referències més sòlides és la biomassa per a demersals. Tot i que el resultat per a aquest indicador és força baix en el context d'AMPs balears, el valor de $3,6 \pm 0,5$ kg/250 m² es troba entre els valors mitjans observats el 2017 ($2,9 \pm 0,5$ kg) i el 2019 ($5,0 \pm 0,5$ kg) dins la reserva integral. La geomorfologia i topografia del fons d'aquest àrea, on dominen àmplies extensions d'una base rocosa homogènia, parcialment coberta de posidònia, amb perfil suau, i amb refugis tipus blocs o escletxes molt localitzats, es mostra com a un ambient idoni perquè el peix es mogui i no formi grups residents amb fidelitat espacial. Tot i això, hi ha hagut variació significativa entre estacions, amb un límit inferior de $1,3$ kg/250 m² i un superior de $6,3$ kg/250 m². Totes les dades de la reserva integral estan essent incorporades en un estudi a escala balear, amb un conjunt de 7 AMPs, per tal d'esbrinar a què es deuen les variacions espacials de biomassa, i poder fer servir aquest indicador com a punt de referència d'un bon estat de conservació en ambients que de forma natural són molt variables.

Pel que respecta al seguiment pròpiament dit, en el tercer any de mostreig profund s'han prospectat 8750 m² de fons rocosos en 16 hores d'immersió, enregistrant-se un total de 18 espècies vulnerables a la pesca, 15 d'elles de caràcter demersal. El patró temporal és prou estable per a tots els indicadors. La biomassa d'espècies demersals se situa en $4,6 \pm 1,2$ kg/250 m² dins la reserva integral, $12,5 \pm 3,3$ kg/250 m² a la reserva parcial, i $3,6 \pm 0,7$ kg/250 m² als controls. L'efecte reserva resulta obvi que és degut a la reserva parcial, on les condicions perquè s'assentin espècies residents són millors que a la reserva integral.

1. INTRODUCCIÓ

La Reserva Marina del Nord de Menorca (RMNM) va ser declarada el juny de 1999 (Ordre de 15 de juny de 1999. BOCAIB Núm. 81) i des de l'any 2000 la Direcció General de Pesca i Medi Marí del Govern de les Illes Balears ha vingut realitzant estudis de seguiment dels seus recursos pesquers (Morales-Nin *et al.*, 2004; Garcia-Rubies i Coll, 2004; Coll *et al.*, 2007a,b; Coll *et al.*, 2011, 2012, 2013, 2017 i 2019).

El present informe tècnic descriu els resultats de la campanya de censos visuals realitzada al juny de 2021. L'objectiu d'aquesta campanya ha estat doble. Per una banda, s'ha abordat una ampliació del nombre de llocs o estacions d'estudi en l'estrat superficial de fondària (5-15 m) dins la reserva integral, passant dels 2 llocs tradicionals a 7 llocs. Aquest objectiu està emmarcat dins un projecte de major abast, a escala balear, on es pretén conèixer la variació de la biomassa verge (no pescada) dins les zones de màxima protecció o reserves integrals. En base als estudis citats anteriorment es coneix prou bé que la reserva integral de la RMNM ha mostrat sempre valors baixos de biomassa de peixos respecte d'altres indrets de màxima protecció dins la Xarxa Balear d'AMPs, de la qual cosa es desprèn que el nivell de protecció *per se* no és un bon predictor de la biomassa de peixos. Conèixer altres factors implicats en aquesta variació era una tasca pendent. Tot i que ja es va abordar aquesta problemàtica en l'estudi de Coll *et al.* (2013), l'increment de biomassa observat a altres reserves marines transcorreguts més de 15 anys de protecció total feia necessari actualitzar els resultats, i ampliar l'escala espacial d'estudi. Això ens permetrà determinar els condicionants locals per assolir una capacitat de càrrega (Coll *et al.*, 2012) i determinar a partir d'ella punts de referència a llocs explotats (Caddy i Mahon, 1995; McClanahan *et al.*, 2011, 2019). L'esforç de mostreig ha estat més enfocat, per tant, en conèixer la variació a mitjana escala espacial, entre llocs separats cents de metres dins la reserva integral, que no a nivell local, tal com es feia en el seguiment. En aquest informe tècnic es presenten els resultats preliminars d'aquest estudi de major abast geogràfic.

Per altra banda, s'ha reprès el seguiment pròpiament dit en les aigües profundes (20-25 m), completant el tercer any de presa de dades en aquest estrat de fondària. Per les dificultats intrínseques de la profunditat en qualsevol estudi amb escafandre autònom, l'estrat profund ha estat difícilment compatible amb l'esforç dedicat en les aigües superficials. La sèrie històrica abasta així tan sols els anys 2006, 2017 i 2021, tot i que la seva continuïtat és important per al coneixement dels canvis en profunditat que realitzen la majoria d'espècies íctiques (migracions ontogèniques) (Bell, 1983; MacPherson, 1998; Reñones *et al.*, 2012), i que es tracta d'un estrat on l'activitat pesquera d'arts menors és més freqüent que a menor fondària (Coll *et al.*, 2007a; Cerdà i Brotons, 2020).

2. ÀREES D'ESTUDI I METODOLOGIA

2.1. L'àrea d'estudi i el disseny de mostreig

La RMNM ocupa una àrea de 5119 ha marines (Figura 2.1) i està dividida en tres nivells de protecció: les reserves integrals, la més important d'elles situada a la zona dels Alocs, i la de la colàrsega de Fornells, que té fons predominantment blans. Al voltant de la reserva integral dels Alocs hi ha una zona de veda per a la pesca recreativa. En tercer lloc hi ha la resta de la reserva, que aquí a efectes pràctics anomenem com a “reserva parcial”.



Figura 2.1. Mapa de la Reserva Marina del Nord de Menorca (RMNM).

2.1.1. Llocs d'estudi a l'estrat superficial (5-15 m)

La reserva integral del Pla de Mar i dels Alocs té una extensió de 838 ha, i té una bona representació de fons rocosos, la majoria dels quals presenten també la fanerògama *Posidonia oceanica*, que creix sobre roca. Aquest hàbitat infralitoral mostra, a més, una continuïtat cap a les zones situades més al nord, més profundes, amb fons ja circalitorals on la mateixa posidònia i les algues fotòfiles són substituïdes per fons i hàbitats circalitorals i coral·lígens (Ballesteros i Cebrian, 2004).

Els llocs d'estudi s'han triat en l'infralitoral inferior, entre 5 i 15 m de fondària. Als llocs tradicionals d'estudi: cala Calderer (zona 2) i Pedra de sa Sal (zona 1) s'hi han afegit 5 nous llocs, separats al menys 500 m l'un de l'altre, i que es mostren a la figura 2.2.

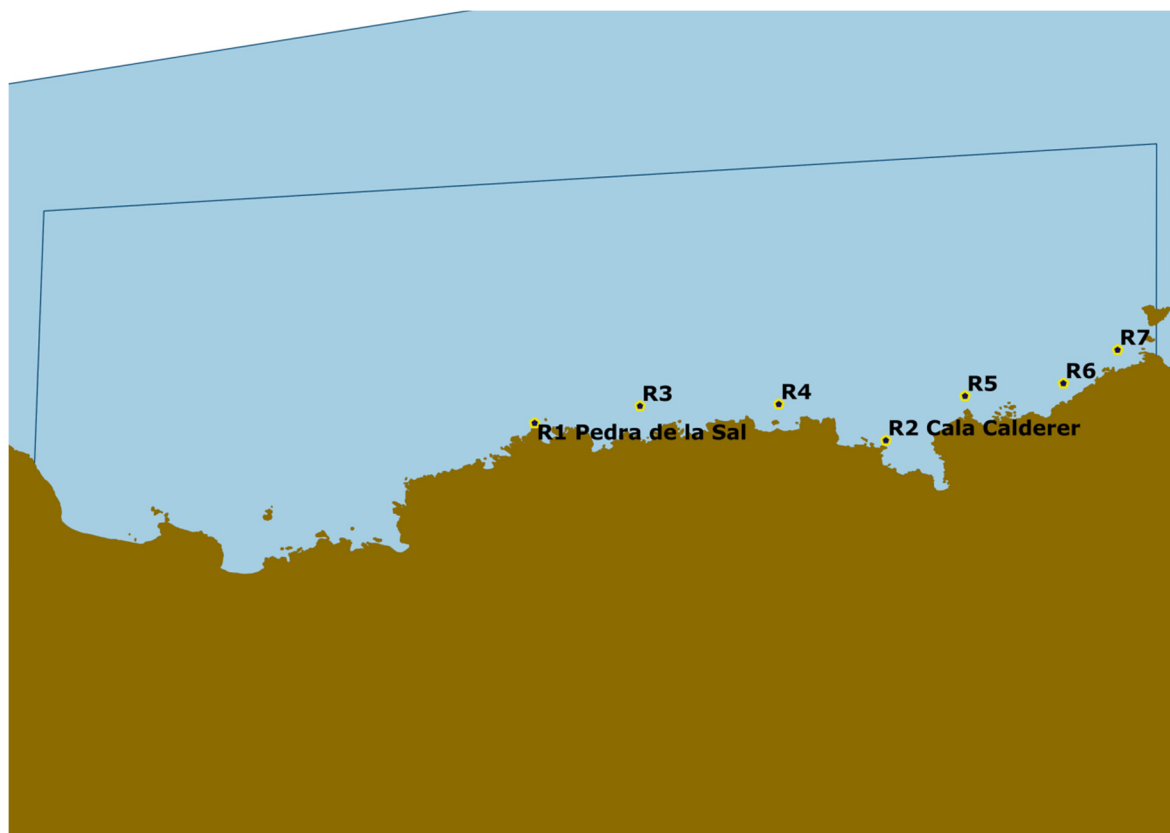


Figura 2.2. Llocs d'estudi de la variació espacial de la biomassa de peixos en l'estrat superficial (5-15 m).

2.1.2. Llocs d'estudi a l'estrat profund (20-25 m)

El seguiment en l'estrat profund consta de dos llocs d'estudi dins cadascun dels 3 nivells de protecció estudiats: reserva integral, reserva parcial i zones control. La ubicació d'aquests llocs es mostra a la figura 2.3.

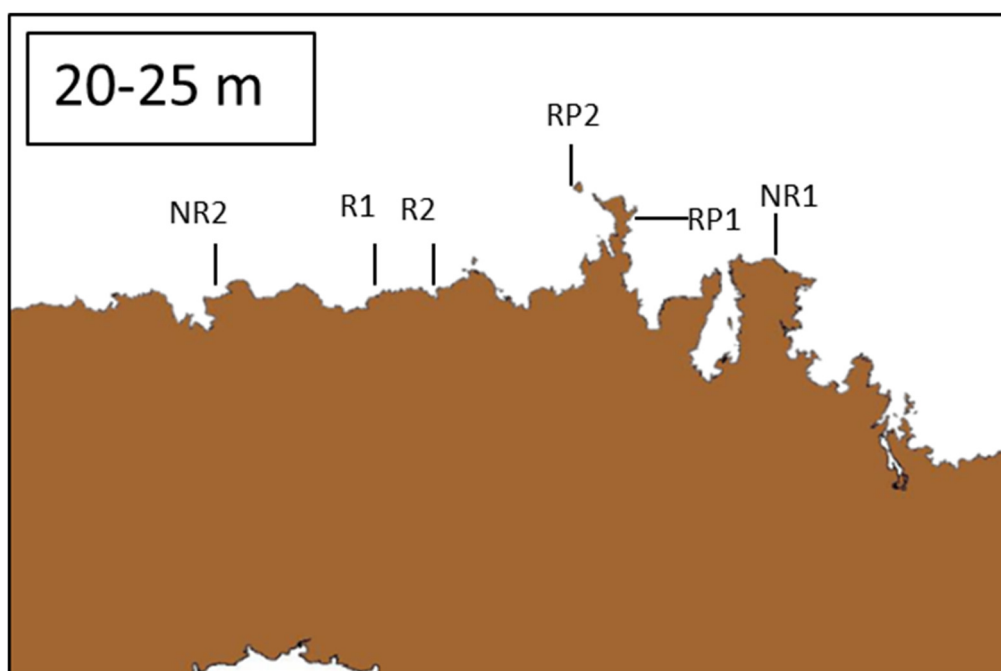


Figura 2.3. Llocs d'estudi en l'estrat profund. Reserva Integral: zona 1 (R1. Pedra de sa Sal), zona 2 (R2. Proximitats de cala Calderer i cala Barril). Reserva Parcial: zona 1 (RP1. Llosa des patró Pere), zona 2 (RP2. Illa des Porros). Zones Control: zona 1 (NR1. Ses Capelles), zona 2 (NR2. Punta Rotja).



2.2. La presa de dades

La unitat de mostra la constituí el transecte de 50x5 m (250 m²) que s'estenia sobre el perfil del fons amb una cinta mètrica mentre el bussejador avançava. Cada transecte va ser mostrejat per dos bussejadors, tant en l'estrat de fondària superficial com en el profund, sobre un conjunt d'espècies que per les seves característiques el feia quasi tancat: espècies de substrat rocós, objectiu de la pesca professional, submarina i recreativa i amb *home ranges* reduïts. El primer bussejador, més avançat, censava les espècies més mòbils. El segon bussejador, sempre per darrera del primer, censava les espècies més críptiques o amagades a caus i escletxes. Les espècies tractades s'agrupen en la seva majoria en les categories espacials 3, 5 i 6 d'Harmelin (1987). Aquest grup reduït d'espècies millora considerablement la precisió del cens, tal com Greene i Alevizon (1989) demostraren amb l'anomenat *Discret Group Censusing*; consumeix menys temps i permet un major nombre de rèpliques que quan es té en compte tota la comunitat de peixos. Així mateix, en tractar-se d'un mètode de presa de dades no destructiu, la seva aplicació és especialment adequada per a estudis relacionats amb les àrees marines protegides. Cada bussejador estava familiaritzat en el reconeixement de les espècies, el cens i l'estima de talla. L'estima de talla s'ha vingut entrenant amb els anys després de seguir protocols amb distribucions de peixos artificials i contrastar l'agrupament per classe de talla que menys diferència donà entre la distribució observada i la real mitjançant un test de Kolmogorov-Smirnov (Bell *et al.*, 1985). Tots els transectes es van distribuir a l'atzar sempre sobre substrat rocós i amb una distància entre transectes contigus superior a 20 m per tal d'evitar casos d'autocorrelació (Ordines *et al.*, 2005).

En l'estrat superficial es van realitzar 4 rèpliques (transectes) a cada lloc, mentre que en el profund la N varià entre 4 i 6 rèpliques per lloc o estació.

Sobre cadascun dels transectes s'identificaren les espècies objectiu i se'n va estimar el nombre d'individus i la seva talla. Es va procurar, en tot cas, que l'estima del nombre d'exemplars fos el més acurada possible. Si els peixos formaven moles denses es va atribuir el nombre d'individus estimat a classes d'abundància pre-establertes que seguien, aproximadament, una progressió geomètrica de classe 2 (1; 2; 3-5; 6-10; 11-30; 31-50; 51-100; etc.). Les talles s'estimaren en classes de 2 cm. L'error en l'estima visual de les talles s'ha demostrat com a mínim en exemplars de fins a 20 cm de longitud total, però s'incrementa, tendint a una certa subestima, en classes de talla superiors. En qualsevol cas, i malgrat l'error inherent a l'observador, ha estat demostrat que a partir d'inventaris visuals, incrementant, si cal, l'interval de talla establert (de 2 a 4 o 5 cm) es podia obtenir una distribució de talles que

no diferia significativament de la real, en peixos amb mides variables de fins a 60 cm de longitud total.

Les espècies vulnerables observades als transsectes es poden agrupar dins de les categories espacials 1, 3, 5 i 6 de les sis que foren definides por Harmelin (1987) i que, breument descrites, son les següents:

Categoria 1: peixos que es mouen en aigües lliures, generalment molt mòbils i de caràcter erràtic. Poden formar moles i són d'activitat generalment diürna. Entre elles hi trobam la cirviola (*Seriola dumerili*), els espets (*Sphyraena* spp.), la palomida (*Lichia amia*), etc. De caire més demersal però amb moviments d'ampli abast també hem inclòs en aquesta categoria el déntol (*Dentex dentex*) i el llop (*Dicentrarchus labrax*).

Categoria 3: peixos característicament necto-bentònics, en general mesòfags, que efectuen desplaçaments verticals moderats i horitzontals importants, però amb una marcada fidelitat per zones determinades. Tots pertanyen a la família dels espàrids i presenten una activitat bàsicament diürna. Les morrudes, els sards i les variades (*D. puntazzo*, *D. sargus*, *D. vulgaris*), la càntera (*Spondyllosoma cantharus*) o l'orada (*Sparus aurata*) en són representants típics.

Categoria 5: Peixos necto-bentònics mesòfags i macròfags carnívors, marcadament sedentaris, amb desplaçaments verticals i horitzontals poc importants. Els grans làbrids (*Labrus* spp.) i els serrànids (*Epinephelus* spp. i *Mycteroperca rubra*) en serien els representants més típics.

Categoria 6: Peixos necto-bentònics molt sedentaris amb desplaçaments verticals i horitzontals poc importants, que depenen d'un cau on troben un refugi momentani o un repòs cíclic. Poden presentar una activitat diürna o nocturna; en aquesta categoria s'hi troben espècies como el congre (*Conger conger*), la morena (*Muraena helena*), els escorpènids o la mòllera de roca (*Phycis phycis*).

A més de les dades referents al poblament de peixos, sobre cada transsecte es va realitzar una caracterització de l'hàbitat en base als trets més rellevants del fons. Així, s'enregistrà sempre la profunditat mínima i màxima, i es va tipificar la natura física del substrat en base al tipus de cobertura. Aquesta es va diferenciar en: roca homogènia; grans blocs ($\varnothing > 2\text{m}$), blocs mitjans ($1\text{m} < \varnothing < 2\text{m}$) i blocs petits ($\varnothing < 1\text{m}$); la cobertura d'arena o grava, i la de *Posidonia oceanica*. Les cobertures de cada tipus de substrat s'estimaren en base als percentatges ocupats sobre la llargada total del transsecte, assenyalada per la cinta mètrica de 50 m que serveix de

corda guia. El relleu del fons, o “rugositat” (*sensu* Lukhurst i Lukhurst, 1978), es va estimar *de visu*, establint-se una escala de 4 graus, essent 1: relació entre la longitud real i la longitud lineal del fons, igual o lleugerament superior a 1, sense escletxes ni anfractuositats aparents, ni importants variacions verticals; 2: relació entre ambdues longituds clarament superior a 1, amb variacions verticals poc importants (menors de 2 m) i poques escletxes i anfractuositats; 3: relació entre longitud real i lineal clarament superior a 1,5, amb escletxes i anfractuositats d’una certa entitat, ocupant, al menys un 25% de la longitud total del transsecte i/o variacions verticals de més de 2 m; 4: presència de blocs i d’escletxes importants, ocupant més del 50% de la longitud del transsecte i/o importants variacions verticals amb una relació entre la longitud real i la lineal propera o superant el 2. Finalment, a cada transsecte s’estimà el pendent del substrat en base a una escala establerta de l’1 al 4, essent 1: un pendent d’entre 0 i 30°; 2: de 30 a 60°; 3: de 60 a 90°; i 4: si el pendent superava els 90°, formant superfícies extraplomades.

2.3. Tractament estadístic de les dades

A partir de les dades d’espècies i talles es va generar una matriu de mostres/espècie/densitat i una altra matriu de mostres/espècie/biomassa. Cada transsecte es va prendre com a unitat de mostra o rèplica, i es va calcular el nombre d’espècies vulnerables, la densitat total de peixos, la biomassa total, la biomassa d’espècies amb nivell tròfic elevat ($NT > 3,5$ segons Froese i Pauly, 2020), i la densitat i biomassa per a cada espècie. Per al càlcul de la biomassa es va fer ús de les relacions talla:pes descrites per Morey *et al.* (2003). La riquesa es va calcular per a tot el conjunt d’espècies vulnerables, mentre que la resta d’indicadors tan sols es calculà per a les espècies demersals més residents, amb *home range* reduït, obviant les espècies de caire més divagant o pelàgic (categoria 1 d’Harmelin (1987)).

L’anàlisi entre zones per a l’estrat superficial va estar dirigit en gran mesura a determinar l’efecte de les covariables d’hàbitat sobre cada transsecte: la fondària mitjana, la rugositat i el pendent. Així, per a cada indicador s’efectuà un anàlisi de la covariància, amb el lloc o estació com a factor fixo principal, tot extraient l’efecte de les covariables esmentades, preses com a variables contínues. En el cas d’observar-se diferències entre llocs, es procedí a realitzar tests aparellats a posteriori mitjançant el test-HSD.

En l’anàlisi del seguiment temporal en l’estrat profund, l’efecte del temps de protecció a cadascun dels tres nivells considerats ha estat comprovat mitjançant una anàlisi de la variància (ANOVA) amb un factor fix, anomenat “Protecció”(Ph), que recull les diferències entre els nivells de protecció i es replica espacialment en “zones”(Zi), aleatòries i encaixades dins el

nivell de protecció. Per a aquests factors espacials s'analitzà l'efecte de la interacció amb el temps T_j . Així, cada rèplica o transsecte (X_{hijk}) es pot definir com la suma de la mitjana global (μ) de totes les rèpliques efectuades, més la variació creada per l'efecte protecció (Ph), més la variació deguda a la zona i en el nivell de protecció h $Z_i(h)$, més l'efecte del temps (T_j), més la interacció del temps amb cada zona $T_j \times Z_i(h)$, més la interacció del temps amb la protecció $T_j \times Ph$, més el terme d'error degut a la variació entre rèpliques (e_{hijk}). El model lineal queda, doncs: $X_{hijk} = \mu + Ph + Z_i(h) + T_j + T_j \times Z_i(h) + T_j \times Ph + e_{hijk}$. Prèviament a l'anàlisi es va comprovar l'homogeneïtat de les variàncies (mitjançant el test de Cochran (Zar, 1984)), l'absència de correlació entre mitjanes i desviacions típiques, i la normalitat de les dades. En el cas, freqüent, que no s'acomplissin aquests requeriments, les dades foren transformades logarítmicament ($x' = \log(x+1)$). En qualsevol cas, les dades varen ser analitzades malgrat que no s'acomplissin totes aquestes condicions, prenent la precaució d'eleva el nivell de significació fins a 0,01 (en lloc de l'habitual $p < 0,05$) per tal d'evitar el risc de cometre un error de tipus I, és dir, d'afirmar que hi ha diferències quan realment no n'hi ha (Underwood, 1997).

En tots els casos en què l'efecte de la zona no resultà significatiu ($p > 0,20$) es va procedir a realitzar un *pooling* de les sumes quadràtiques d'aquest factor niat i dels termes d'error (Underwood, 1997). D'aquesta manera s'incrementà el poder de detectar diferències degudes a la interacció entre els diferents nivells de protecció i el temps.

En els casos en què es detectaren diferències degudes al nivell de protecció o interacció $T_j \times Ph$ s'analitzaren les diferències entre els diferents anys o entre els diferents nivells de protecció mitjançant els tests *a posteriori* de HSD.

Totes les anàlisis foren realitzades amb el programa estadístic Statistica 6.0.

3. RESULTATS

3.1. Les aigües superficials. Variació espacial dels indicadors dins la reserva integral

3.1.1. Les espècies i la riquesa

S'han censat 13 espècies d'interès pesquer en el conjunt de les 7 estacions de la reserva integral, dues d'elles de caràcter divagant (*Sphyraena viridensis* i *Dentex dentex*) i la resta de caire més resident i amb fidelitat pel lloc (Taula 3.1.1). La riquesa mitjana per transsecte és baixa i força estable entre zones (Fig. 3.1.1). Els valors es mouen entre 3 i 4 espècies per transsecte, amb una mitjana general de $3,4 \pm 0,3$ esp./250 m² que no mostra diferències significatives entre zones, ni es veu afectada per la variabilitat de l'hàbitat (Taula 3.1.2).

Taula 3.1.1. Espècies de peixos censades a 7 estacions de la reserva integral (5-15 m) al juny de 2021. DLP= espècies pelàgiques costaneres o divagants de litoral i plataforma. Entre parèntesi, al costat de les espècies emprades en els càlculs de biomassa, s'indica el nivell tròfic segons Froese i Pauly (2021). +: presència, -: absència.

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R 7
<i>Dentex dentex</i> (DLP)	+	0	+	0	0	0	0
<i>Sphyraena viridensis</i> (DLP)	0	0	+	0	0	0	0
<i>Muraena helena</i> (4,2)	0	+	0	0	+	0	+
<i>Diplodus puntazzo</i> (3,2)	+	0	+	0	+	+	0
<i>Diplodus sargus</i> (3,4)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Diplodus vulgaris</i> (3,5)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Sparus aurata</i> (3,7)	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spondyllosoma cantharus</i> (3,3)	+	0	0	0	0	0	0
<i>Epinephelus marginatus</i> (4,4)	0	0	+	+	+	+	+
<i>Labrus merula</i> (3,6)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Labrus viridis</i> (3,9)	0	0	0	0	0	+	0
<i>Sciaena umbra</i> (3,8)	0	+	+	0	+	0	0
<i>Scorpaena porcus</i> (3,9)	0	0	0	0	0	0	+
TOTAL	6	5	8	4	7	6	6

Riquesa d'espècies

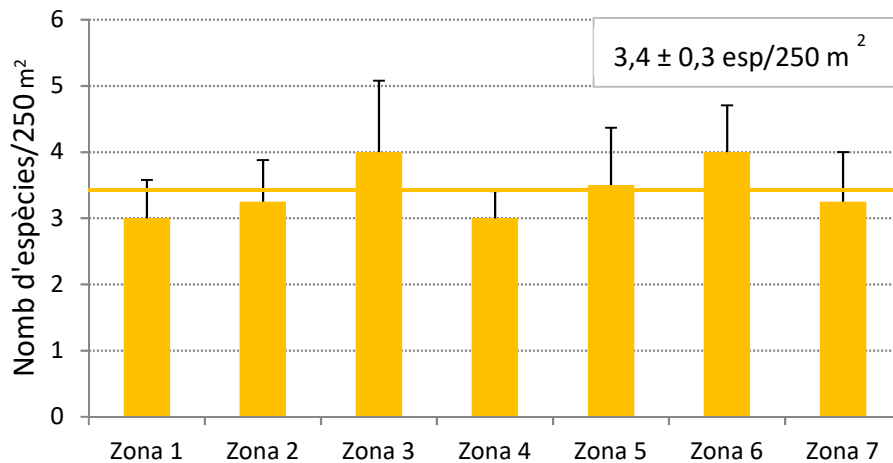


Figura 3.1.1. Variació de la riquesa mitjana d'espècies ($\pm EE$) entre 7 estacions de la reserva integral de la RMNM. La línia de referència indica la mitjana total.

Taula 3.1.2. Anàlisi de la covariància per a la riquesa d'espècies entre les set zones censades dins la reserva integral i les covariables: ProfM (profunditat mitjana), RUG (rugositat) i PEND (pendent). SQ: suma de quadrats; GLL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p= nivell de significança (en vermell si significatiu; $p < 0,05$).

	SQ	GLI	MQ	F	p
Intercept	0,507	1	0,507	0,225	0,6408
ZONA	5,436	6	0,906	0,403	0,8677
ProfM	3,676	1	3,676	1,633	0,2175
RUG	4,168	1	4,168	1,852	0,1904
PEND	1,362	1	1,362	0,605	0,4468
Error	40,519	18	2,251		

3.1.2. La densitat de peixos

Aquest paràmetre presenta major variació que la riquesa, amb una mitjana general de $16,9 \pm 2,2$ ind./250 m² i uns valors extrems d'entre 32 i 6 individus per transsecte i zona (Fig. 3.1.2). Les zones d'estudi 2 i 5 són les que han presentat major densitat de peixos (> 25 ind./250 m²), i presenten diferències significatives amb l'estació més pobre (R7), tot i extraient l'efecte de les covariables d'hàbitat (Taula 3.1.2).

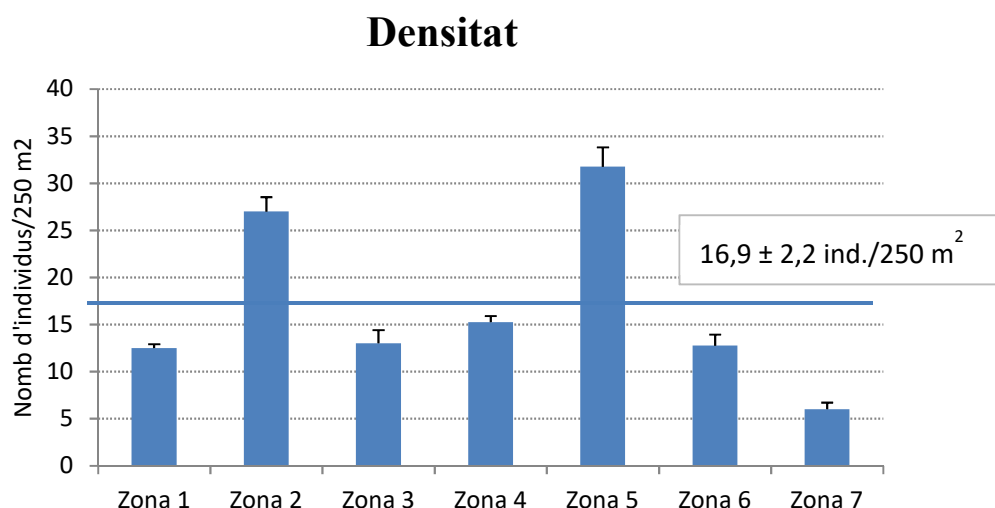


Figura 3.1.2. Variació de la densitat mitjana d'espècies ($\pm$ EE) entre 7 estacions de la reserva integral de la RMNM. La línia de referència indica la mitjana total.

Taula 3.1.3. A) Anàlisi de la covariància per a la densitat d'espècies demersals entre les set zones censades dins la reserva integral i les covariables: ProfM (profunditat mitjana), RUG (rugositat) i PEND (pendent). SQ: suma de quadrats; GLL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p= nivell de significança (**en vermell si significatiu; $p < 0,05$**). B) comparació a posteriori entre parells de zones mitjançant el tes HSD.

A)	SQ	GLL	MQ	F	p
Intercept	48,08	1	48,1	0,671	0,4233
ZONA	1312,10	6	218,7	3,053	0,0307
ProfM	41,81	1	41,8	0,584	0,4548
RUG	501,37	1	501,4	7,000	0,0164
PEND	204,07	1	204,1	2,849	0,1087
Error	1289,32	18	71,6		

HSD test							
B)	1	2	3	4	5	6	7
1		0,245	1,000	0,999	0,059	1,000	0,924
2	0,245		0,279	0,468	0,983	0,262	0,033
3	1,000	0,279		1,000	0,070	1,000	0,897
4	0,999	0,468	1,000		0,140	0,999	0,716
5	0,059	0,983	0,070	0,140		0,064	0,007
6	1,000	0,262	1,000	0,999	0,064		0,911
7	0,924	0,033	0,897	0,716	0,007	0,911	

A la taula 3.1.4 es mostra la densitat per a cada espècie dins cada estació, observant-se que tret de *D. vulgaris* i *D. sargus*, la resta d'espècies presenta densitats molt baixes. Així per exemple, els grans làbrids, ja sigui *L. merula* o *L. viridis*, no assolixen la densitat d'un individu per transsecte més que en l'estació o zona 2. Per altra banda, l'anfós tan sols arriba a la densitat d'un individu per transsecte a l'estació 3, indicant l'escassetat generalitzada d'espècies amb interès pesquer.

Taula 3.1.4. Densitat mitjana de les espècies DLP i de les demersals o necto-bentòniques (D_{nb}) (nombre de peixos $\pm EE/ 250 \text{ m}^2$) censades a 7 estacions de la reserva integral de la RMNM.

	Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4		Zona 5		Zona 6		Zona 7	
	Dnb	EE	Dnb	EE	Dnb	EE	Dnb	EE	Dnb	EE	Dnb	EE	Dnb	EE
<i>D. dentex</i>	0,3	0,3	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. viridensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>M. helena</i>	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,3	0,3
<i>D. puntazzo</i>	0,8	0,8	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,8	0,8	1,0	0,6	0,0	0,0
<i>D. sargus</i>	1,5	0,9	5,0	0,0	1,3	0,8	3,3	1,4	6,3	2,4	5,0	0,4	2,8	1,1
<i>D. vulgaris</i>	9,5	1,6	20,0	5,4	8,5	1,0	9,3	1,3	23,5	9,3	5,0	1,0	1,8	0,9
<i>S. cantharus</i>	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. marginatus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,4	0,3	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3
<i>L. merula</i>	0,5	0,3	1,0	1,0	0,8	0,3	2,5	0,6	0,3	0,3	1,0	0,4	0,5	0,3
<i>L. viridis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0
<i>S. umbra</i>	0,0	0,0	0,8	0,3	1,0	1,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3



Morruda (*D. puntazzo*) a les aigües superficials de la reserva integral

3.1.3. La biomassa d'espècies demersals

D'igual forma que el que s'ha explicat per als altres indicadors, la biomassa superficial de la reserva integral és molt baixa en el context de la Xarxa Balear d'Àrees Marines Protegides (XBAMPs) (Coll *et al.*, 2022). La mitjana general mostra un valor que ben bé podria ser el de zones obertes a la pesca: $3,6 \pm 0,5 \text{ kg/250 m}^2$. Tan sols les estacions 2 i 5 presenten una biomassa superior a 5 kg/250 m^2 , més acord amb la d'àrees protegides. L'anàlisi de la variància detecta diferències entre zones, que en els tests *a posteriori* se concreten entre els valors extrems de l'esmentada zona 2 ($6,3 \pm 1,5 \text{ kg/250 m}^2$) i la zona 7 ($1,3 \pm 0,7 \text{ kg/250 m}^2$) (Taula 3.1.5). En l'anàlisi de la covariància s'observa la important contribució de la rugositat i de la profunditat mitjana en la variació de la biomassa, i que tot i extreure'n el seu efecte, les diferències entre zones continuen essent significatives (Taula 3.1.5).

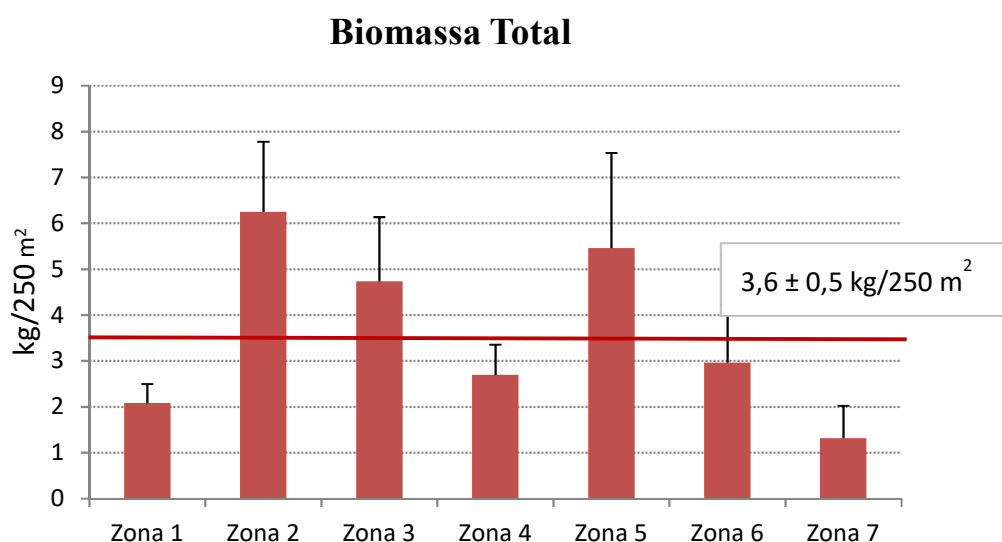


Figura 3.1.3. Variació de la biomassa mitjana d'espècies ($\pm EE$) entre 7 estacions de la reserva integral de la RMNM. La línia de referència indica la mitjana total.

A la taula 3.1.6 es poden observar els valors de biomassa per a cadascuna de les espècies dins cada estació.

Taula 3.1.5. A) Anàlisi de la covariància per a la biomassa d'espècies demersals entre les set zones censades dins la reserva integral i les covariables: ProfM (profunditat mitjana), RUG (rugositat) i PEND (pendent). SQ: suma de quadrats; GLL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p= nivell de significança (**en vermell si significatiu; p<0,05**). B) comparació a posteriori entre parells de zones mitjançant el tes HSD.

A)	SQ	GLI	MQ	F	p		
Intercept	22,1	1	22,1	5,059	0,0373		
ZONA	75,3	6	12,6	2,878	0,0380		
ProfM	23,6	1	23,6	5,423	0,0317		
RUG	46,3	1	46,3	10,620	0,0044		
PEND	15,0	1	15,0	3,439	0,0801		
Error	78,5	18	4,4				
HSD test							
B)	1	2	3	4	5	6	7
1		0,124	0,567	1,000	0,300	0,996	0,998
2	0,124		0,940	0,250	0,998	0,330	0,046
3	0,567	0,940		0,805	0,999	0,886	0,290
4	1,000	0,250	0,805		0,519	1,000	0,962
5	0,300	0,998	0,999	0,519		0,629	0,128
6	0,996	0,330	0,886	1,000	0,629		0,915
7	0,998	0,046	0,290	0,962	0,128	0,915	

Taula 3.1.6. Biomassa mitjana de les espècies DLP i demersals o necto-bentòniques (B_{nb}) ($kg \pm EE/ 250 m^2$) censades a 7 estacions de la reserva integral de la RMNM.

	ZONA 1		ZONA 2		ZONA 3		ZONA 4		ZONA 5		ZONA 6		ZONA 7	
	B_{nb}	EE	B_{nb}	EE	B_{nb}	EE	B_{nb}	EE	B_{nb}	EE	B_{nb}	EE	B_{nb}	EE
<i>D. dentex</i>	0,5	0,5	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. viridensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>M. helena</i>	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,2	0,2
<i>D. puntazzo</i>	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0
<i>D. sargus</i>	0,3	0,2	1,3	0,1	0,3	0,2	0,9	0,4	1,3	0,4	1,1	0,1	0,3	0,1
<i>D. vulgaris</i>	1,4	0,2	3,8	1,3	1,3	0,2	1,0	0,2	3,2	1,5	0,6	0,2	0,1	0,0
<i>S. cantharus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. marginatus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,6	0,1	0,1	0,4	0,2	0,9	0,9	0,7	0,5
<i>L. merula</i>	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1	0,6	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
<i>L. viridis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. umbra</i>	0,0	0,0	0,4	0,2	1,6	1,6	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

3.1.4. La biomassa d'espècies d'elevat nivell tròfic

La biomassa d'aquest grup d'espècies ve molt condicionada per la rugositat i la profunditat mitjana. En extreure l'efecte d'aquestes covariables, no es pot afirmar que hi hagi diferències significatives entre estacions (Taula 3.1.7). La mitjana general de la reserva integral és per tant un descriptor fiable que se situa en $1,1 \pm 0,3 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$. L'estació que més s'allunya d'aquest valor és la R3, amb $3,1 \pm 1,1 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$, tot i que amb uns amplis marges d'error.

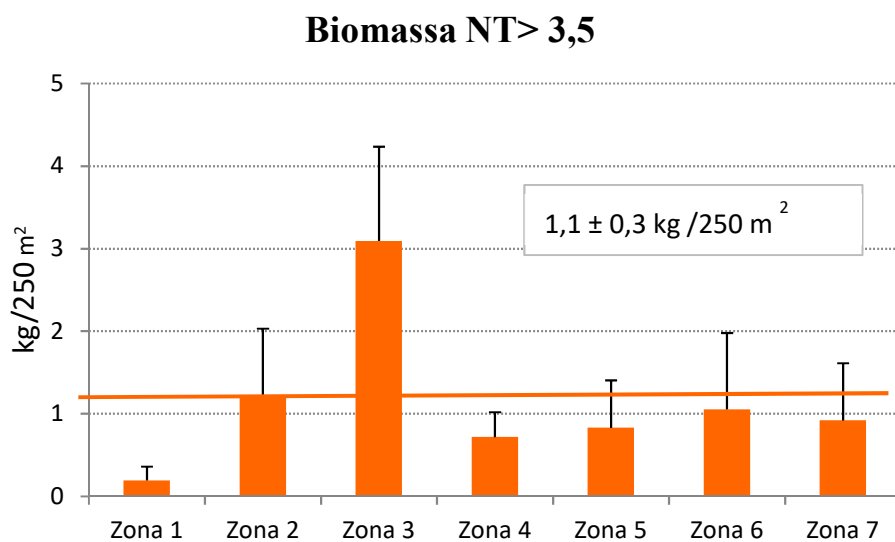


Figura 3.1.4. Variació de la biomassa mitjana d'espècies ($\pm EE$) entre 7 estacions de la reserva integral de la RMNM. La línia de referència indica la mitjana total.

Taula 3.1.7. Anàlisi de la covariància per a la biomassa d'espècies d'alt nivell tròfic entre les set zones censades dins la reserva integral i les covariables: ProfM (profunditat mitjana), RUG (rugositat) i PEND (pendent). SQ: suma de quadrats; GLL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p= nivell de significança (**en vermell si significatiu; $p < 0,05$**).

	SQ	GLI	MQ	F	p
Intercept	12,34	1	12,3	8,19	0,0104
ZONA	19,29	6	3,2	2,13	0,0995
ProfM	15,20	1	15,2	10,08	0,0052
RUG	7,88	1	7,9	5,23	0,0346
PEND	0,88	1	0,9	0,58	0,4551
Error	27,13	18	1,5		

3.2. Les aigües profundes

3.2.1. Les espècies i la riquesa

S'han censat un total de 18 espècies vulnerables a la pesca en les aigües profundes de la RMNM i a zones control veïnes obertes a la pesca (Taula 3.2.1). El major nombre d'espècies s'ha enregistrat a les estacions de la reserva parcial, amb 17. Aquest nombre acumulat d'espècies es veu també reflectit en l'indicador de riquesa mitjana (Fig. 3.2.1).

Taula 3.2.1. Espècies de peixos censades en les aigües profundes (20-25 m) de les campanyes de 2006, 2017 i 2021. DLP= espècies pelàgiques costaneres o divagants de litoral i plataforma. Entre parèntesi, al costat de les espècies emprades en els càlculs de biomassa, s'indica el nivell tròfic segons Froese i Pauly (2021). +: presència, -: absència.

	R	RP	NR
<i>Dentex dentex</i> (DLP)	+	+	+
<i>Seriola dumerili</i> (DLP)	-	+	-
<i>Sphyraena viridensis</i> (DLP)	+	+	-
<i>Diplodus puntazzo</i> (3,2)	+	+	+
<i>Diplodus sargus</i> (3,4)	+	+	+
<i>Diplodus vulgaris</i> (3,5)	+	+	+
<i>Spondyllosoma cantharus</i> (3,3)	+	+	+
<i>Sparus aurata</i> (3,7)	+	+	-
<i>Epinephelus costae</i> (3,9)	+	+	+
<i>Epinephelus marginatus</i> (4,4)	+	+	+
<i>Mycteroperca rubra</i> (4,1)	+	+	-
<i>Labrus merula</i> (3,6)	+	+	+
<i>Labrus viridis</i> (3,9)	+	+	+
<i>Muraena helena</i> (4,2)	+	+	+
<i>Phycis phycis</i> (4,3)	-	+	+
<i>Sciaena umbra</i> (3,8)	+	+	+
<i>Scorpaena porcus</i> (3,9)	-	-	+
<i>Scorpaena scrofa</i> (4,3)	+	+	+
	15	17	14

Una primera anàlisi de la variància indica que, per a un nivell de $p=0,05$, cap factor ha resultat significatiu (Taula 3.2.2). Això no obstant, la homogeneïtat dels valors a les dues zones estudiades dins cada nivell de protecció ens permet obviar el factor “zona” i incorporar les seves

dades com a rèpliques de cada nivell de protecció. Aquesta segona anàlisi ens indica, per una banda, que hi ha diferències amb els anys, i que ocorren d'una forma general, independentment del nivell de protecció. Per altra banda, s'observa que l'efecte reserva es deu a l'àrea de reserva parcial mostrejada al cap de Cavalleria i l'illa des Porros, que mostren els majors valors de riquesa (Fig. 3.2.1 i Taula 3.2.3). A la campanya de 2021 s'ha observat el major nombre d'espècies dins la reserva parcial (5,3 esp./250 m²). En els tests *a posteriori* se demostra que la reserva parcial presenta una riquesa mitjana superior respecte a la reserva integral i als controls, i que la reserva integral no es diferencia dels controls pel que fa a la riquesa d'espècies (Taula 3.2.3.b).

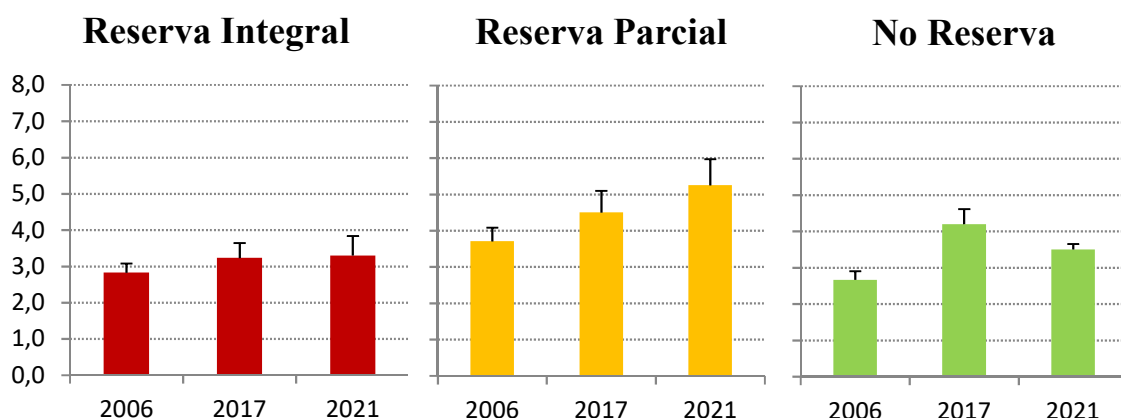


Figura 3.2.1. Evolució temporal del nombre mitjà d'espècies de peixos vulnerables dins la reserva integral, reserva parcial i a l'àrea no protegida.

Taula 3.2.2. Anàlisi de la variància per a la riquesa d'espècies i els factors: Protecció (Prot), Temps (Time) i Zona, aquest darrer encaixat dins la protecció. *: interacció entre factors. SQ: suma de quadrats; GLL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p= nivell de significança (en vermell si significatiu; $p < 0,05$).

	SQ	GLL	MQ	F	p
Intercept	1669,313	1	1669,313	590,0518	0,000150
TIME	28,279	2	14,139	4,3210	0,068252
Prot	42,245	2	21,122	7,4652	0,068309
TIME*Prot	8,939	4	2,235	0,6823	0,629207
Zona(Prot)	8,489	3	2,830	0,8751	0,501433
TIME*Zona(Prot)	19,666	6	3,278	1,3772	0,229073
Error	290,354	122	2,380		

Taula 3.2.3. a) Anàlisi de la variància per a la riquesa d'espècies amb el *pooling* de la suma de quadrats de l'efecte zona amb el terme d'error. Protecció (Prot), Temps (Time). *: interacció entre factors. SQ: suma de quadrats; GLL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p= nivell de significança (**en vermell si significatiu; $p < 0,05$**). b) tests a posteriori de Tukey per a N desigual entre els diferents nivells de protecció (R: reserva integral; RP: reserva parcial; NR: no reserva).

a)	SQ	GLL	MQ	F	p
Intercept	1684,224	1	1684,224	672,963	0,000
TIME	30,106	2	15,053	6,015	0,003
Prot	42,871	2	21,436	8,565	0,000
TIME*Prot	9,986	4	2,497	0,998	0,411
Error	327,854	131	2,503		

b)	R	RP	NR
R		0,0005	0,8580
RP	0,0005		0,0032
NR	0,8580	0,0032	

3.2.2. La densitat de peixos vulnerables

Amb una vista ràpida de la figura 3.2.2 es pot deduir que el nivell de protecció no implica una major densitat de peixos. La reserva integral és l'espai que presenta menor densitat de peixos demersals durant els tres anys estudiats, amb una estabilitat manifesta (12-15 ind./250 m²). Per contra, la reserva parcial presenta les majors estimes de densitat (38 ind./250 m²) en el darrer any d'estudi, i una mitjana interanual de 31 ind./250 m².

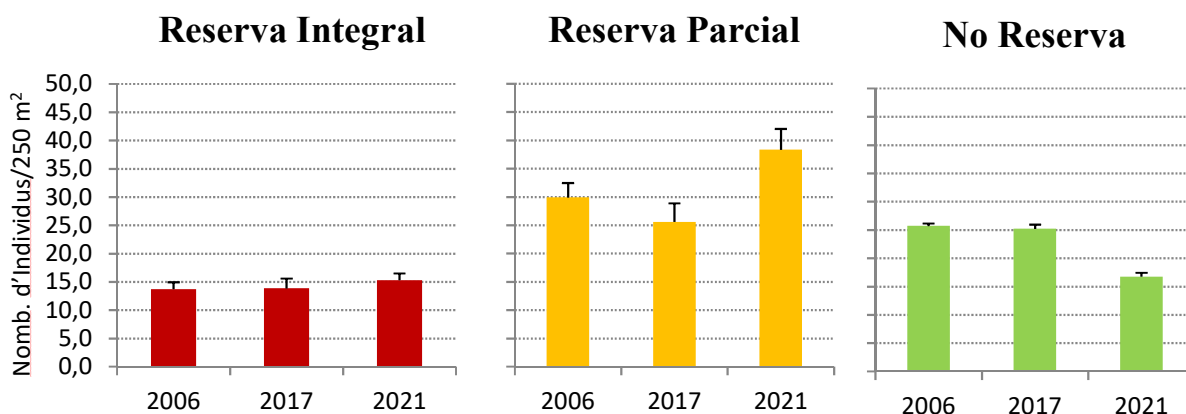


Figura 3.2.2. Evolució temporal de la densitat mitjana de peixos dins la reserva integral, reserva parcial i a l'àrea no protegida.

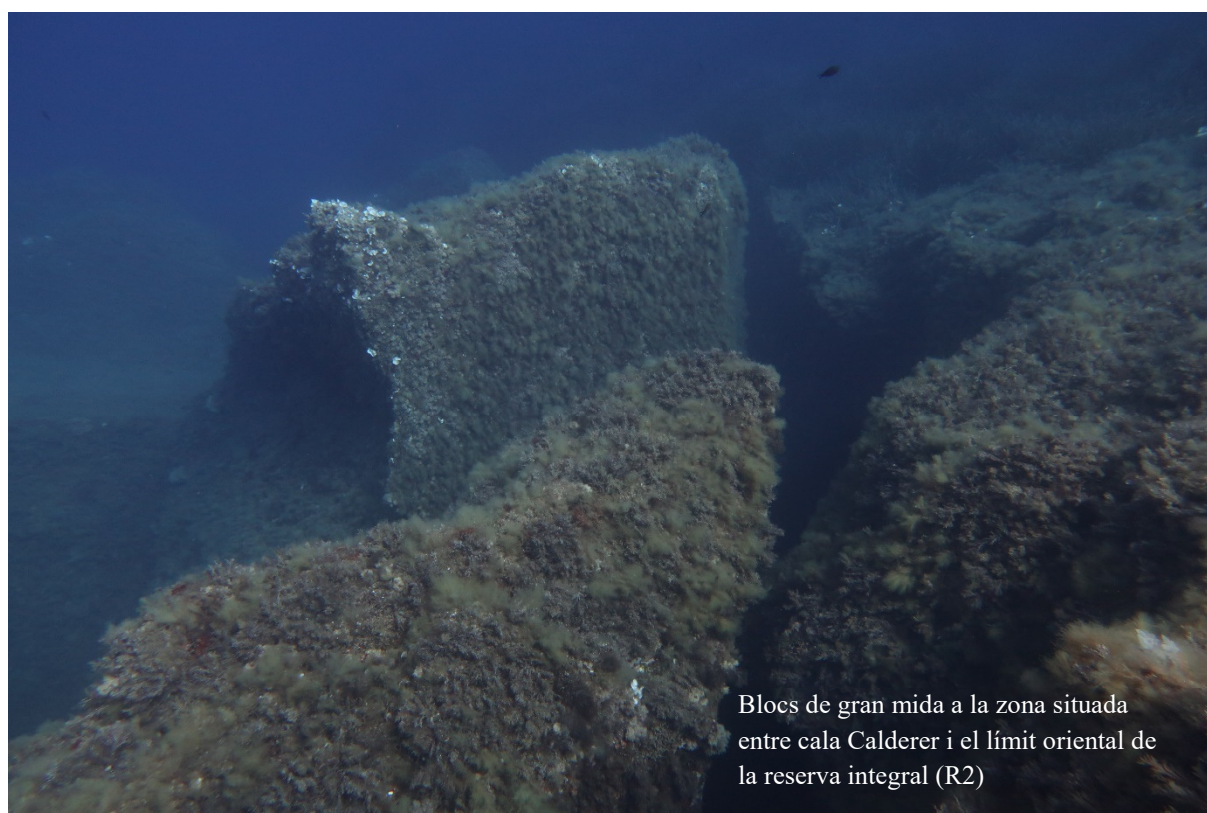
Tot i això, les fluctuacions interanuals a la reserva parcial són del mateix ordre que les diferències que hi ha amb les zones control no protegides, que presenten una densitat mitjana

de peixos de 23 ind./250 m². Aquesta descripció visual sobre el gràfic concorda amb l'anàlisi de la variància, on cap factor analitzat ha presentat diferències significatives (Taula 3.2.4).

Taula 3.2.4. Anàlisi de la variància per a la densitat total d'espècies demersals i els factors: Protecció (Prot), Temps (Time) i Zona, aquest darrer encaixat dins la protecció. *: interacció entre factors. SQ: suma de quadrats; GLL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p= nivell de significança (**en vermell si significatiu; p<0,05**).

	SQ	GLl	MQ	F	p
Intercept	191,6	1	191,6	553,2	0,0002
TIME	0,1	2	0,0	0,3	0,7430
Prot	1,7	2	0,9	2,5	0,2311
TIME*Prot	0,2	4	0,1	0,5	0,7220
Zona(Prot)	1,0	3	0,3	3,3	0,0923
TIME*Zona(Prot)	0,6	6	0,1	1,1	0,3545
Error	11,5	122	0,1		

A les taules 3.2.5, 3.2.6 i 3.2.7 es mostra la densitat de peixos per a cada una de les espècies censada dins cada zona d'estudi.



Taules 3.2.5 A i B. Densitat mitjana (nombre d'individus/250 m²) i error estàndard (EE) per a les espècies vulnerables censades en els tres anys d'estudi dins la reserva integral. A: Estació de la Pedra de sa Sal (R1). B: Estació al nord de cala Calderer (R2). N: nombre de transsectes.

A. Pedra de sa Sal (R1)						
	2006. N= 11		2017. N= 6		2021. N= 5	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Dentex dentex</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sphyraena viridensis</i>	0,7	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2
<i>Diplodus sargus</i>	0,5	0,2	1,0	0,4	0,4	0,2
<i>Diplodus vulgaris</i>	12,3	3,2	8,3	2,5	10,2	3,9
<i>Sparus aurata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0,0	0,0	0,5	0,2	0,2	0,2
<i>Epinephelus costae</i>	1,3	0,4	0,7	0,3	0,0	0,0
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,9	0,3	0,5	0,2	0,0	0,0
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Labrus merula</i>	0,6	0,2	0,7	0,3	0,6	0,4
<i>Labrus viridis</i>	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
<i>Muraena helena</i>	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Phycis phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sciaena umbra</i>	0,8	0,6	0,2	0,2	1,0	1,0
<i>Scorpaena porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2

Cala Calderer (R2)						
	2006. N= 12		2017. N= 7		2021. N= 5	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Dentex dentex</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sphyraena viridensis</i>	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,0	0,0	0,3	0,3	0,8	0,6
<i>Diplodus sargus</i>	0,3	0,2	3,3	1,9	2,6	1,3
<i>Diplodus vulgaris</i>	9,8	3,2	8,9	3,8	10,0	2,6
<i>Sparus aurata</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>Epinephelus costae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,3	0,1	0,6	0,3	0,2	0,2
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2
<i>Labrus merula</i>	0,2	0,1	0,1	0,1	0,4	0,4

Continuació taula 3.2.5

<i>Labrus viridis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2
<i>Muraena helena</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,4
<i>Phycic phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sciaena umbra</i>	0,0	0,0	2,0	1,2	2,4	1,5
<i>Scorpaena porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Taules 3.2.6 A i B. Densitat mitjana (nombre d'individus/250 m²) i error estàndard (EE) per a les espècies vulnerables censades en els tres anys d'estudi dins la reserva parcial. A: Estació de sa Llosa del Patró Pere. B: Estació de l'illa des Porros. N: nombre de transectes.

A. Llosa Patró Pere (RP1)						
	2006. N= 12		2017. N= 6		2021. N= 6	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Dentex dentex</i>	0,0	0,0	0,2	0,2	0,3	0,3
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sphyraena viridensis</i>	0,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
<i>Diplodus sargus</i>	1,5	0,6	4,7	3,4	2,0	0,4
<i>Diplodus vulgaris</i>	22,8	9,9	10,3	4,1	18,2	8,5
<i>Sparus aurata</i>	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	0,0	0,0	0,2	0,2	0,8	0,5
<i>Epinephelus costae</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus marginatus</i>	1,1	0,5	1,2	0,5	0,8	0,4
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Labrus merula</i>	0,2	0,1	0,7	0,3	0,3	0,2
<i>Labrus viridis</i>	0,0	0,0	0,3	0,2	0,2	0,2
<i>Muraena helena</i>	0,6	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
<i>Phycic phycis</i>	0,3	0,2	0,0	0,0	0,3	0,2
<i>Sciaena umbra</i>	1,7	0,6	6,3	1,8	2,2	0,9
<i>Scorpaena porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0

B. Illa des Porros (RP2)						
	2006. N= 12		2017. N= 6		2021. N= 6	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Dentex dentex</i>	0,4	0,3	0,2	0,2	1,0	0,6
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	0,3	0,3	0,5	0,5
<i>Sphyraena viridensis</i>	0,5	0,3	1,0	0,7	0,2	0,2
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2
<i>Diplodus sargus</i>	2,0	1,8	1,7	0,9	4,2	2,2
<i>Diplodus vulgaris</i>	25,0	8,7	18,0	5,6	35,5	10,1
<i>Sparus aurata</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	0,6	0,5	3,3	3,3	7,8	7,6
<i>Epinephelus costae</i>	0,2	0,1	0,5	0,3	1,3	0,8
<i>Epinephelus marginatus</i>	2,0	0,6	1,2	0,4	1,2	0,8
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
<i>Labrus merula</i>	0,2	0,1	0,3	0,3	0,7	0,2
<i>Labrus viridis</i>	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0
<i>Muraena helena</i>	0,8	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2
<i>Phycic phycis</i>	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2
<i>Sciaena umbra</i>	0,0	0,0	0,8	0,8	0,0	0,0
<i>Scorpaena porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Taules 3.2.7 A i B. Densitat mitjana (nombre d'individus/250 m²) i error estàndard (EE) per a les espècies vulnerables censades en els tres anys d'estudi dins les zones control. A: Estació de Ses Capelles. B: Estació de la punta Rotja. N: nombre de transsectes.

A. Ses Capelles (NR1)						
	2006. N= 12		2017. N= 6		2021. N= 6	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Dentex dentex</i>	0,1	0,1	0,3	0,3	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sphyraena viridensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,0	0,0	0,3	0,2	0,3	0,2
<i>Diplodus sargus</i>	0,9	0,5	5,2	2,2	1,0	0,4
<i>Diplodus vulgaris</i>	34,7	8,6	26,2	1,5	12,0	1,0
<i>Sparus aurata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	0,6	0,3	1,2	0,3	0,5	0,5
<i>Epinephelus costae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Continuació taula 3.2.7

<i>Epinephelus marginatus</i>	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Labrus merula</i>	0,3	0,2	0,7	0,3	0,7	0,3
<i>Labrus viridis</i>	0,1	0,1	0,2	0,2	0,0	0,0
<i>Muraena helena</i>	0,6	0,2	0,3	0,2	0,5	0,3
<i>Phycic phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2
<i>Sciaena umbra</i>	0,0	0,0	0,2	0,2	1,7	1,7
<i>Scorpaena porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0

B. Punta Rotja (NR2)

	2006. N= 12		2017. N= 4		2021. N= 6	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Dentex dentex</i>	0,3	0,3	0,0	0,0	2,7	2,7
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sphyraena viridensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,0	0,0	0,5	0,3	0,3	0,2
<i>Diplodus sargus</i>	1,3	0,7	0,5	0,3	1,3	0,5
<i>Diplodus vulgaris</i>	11,3	1,6	9,0	0,7	13,0	3,2
<i>Sparus aurata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0,1	0,1	0,5	0,3	0,0	0,0
<i>Epinephelus costae</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Labrus merula</i>	0,2	0,1	0,5	0,3	1,3	0,3
<i>Labrus viridis</i>	0,2	0,1	0,5	0,3	0,0	0,0
<i>Muraena helena</i>	0,2	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2
<i>Phycic phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sciaena umbra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3
<i>Scorpaena porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0

3.2.3. La biomassa de peixos vulnerables

La major densitat de peixos observada a la reserva parcial es tradueix en una biomassa mitjana significativament superior dins aquesta àrea parcialment protegida (Fig. 3.2.3). L'anàlisi de la variància tant quan es té en compte l'efecte de la zona (Taula 3.2.8) com si s'integra el seu efecte amb el terme d'error (Taula 3.2.9) ens indica que la biomassa mitjana ha estat superior a la reserva parcial des del mateix inici de l'estudi; és a dir, no hi ha una interacció significativa entre el temps i el nivell de protecció. Els tests *a posteriori* mostren com la biomassa de la reserva parcial és superior ($12,2 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$) a la de la reserva integral ($4,7 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$) i a la dels controls ($3,2 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$), que no mostren diferències entre elles (Taula 3.2.9 b).

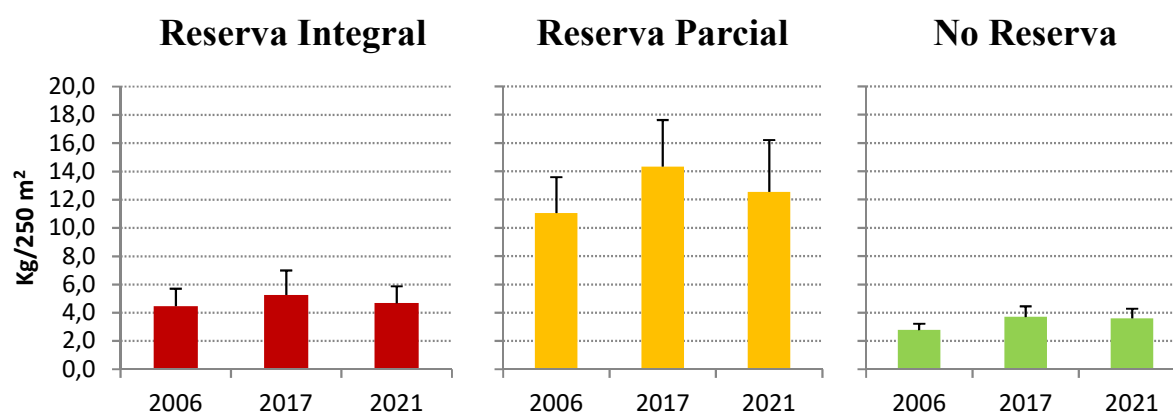


Figura 3.2.3. Evolució temporal de la biomassa mitjana de peixos dins la reserva integral, la reserva parcial i a l'àrea no protegida.

Taula 3.2.8. Anàlisi de la variància per a la biomassa total d'espècies demersals i els factors: Protecció (Prot), Temps (Time) i Zona, aquest darrer encaixat dins la protecció. *: interacció entre factors. SQ: suma de quadrats; GLL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p= nivell de significança (en vermell si significatiu; $p < 0,05$).

	SQ	GLI	MQ	F	p
Intercept	5833,6	1	5833,6	350,6	0,0003
TIME	56,3	2	28,2	0,4	0,7104
Prot	2120,5	2	1060,3	63,9	0,0034
TIME*Prot	37,6	4	9,4	0,1	0,9699
Zona(Prot)	49,7	3	16,6	0,2	0,8831
TIME*Zona(Prot)	467,3	6	77,9	1,2	0,3091
Error	7895,3	122	64,7		

Taula 3.2.9. a) Anàlisi de la variància per a la biomassa total amb el *pooling* de la suma de quadrats de l'efecte zona amb el terme d'error. Protecció (Prot), Temps (Time). *: interacció entre factors. SQ: suma de quadrats; GLL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p= nivell de significança (**en vermell si significatiu; p<0,05**). b) tests a posteriori de Tukey per a N desigual entre els diferents nivells de protecció (R: reserva integral; RP: reserva parcial; NR: no reserva).

a)	SQ	GLL	MQ	F	p
Intercept	5944,8	1	5944,8	92,6	0,0000
TIME	66,8	2	33,4	0,5	0,5957
Prot	2098,4	2	1049,2	16,3	0,0000
TIME*Prot	32,2	4	8,1	0,1	0,9731
Error	8408,7	131	64,2		

b) Prot	R	RP	NR
R		0,0000	0,6247
RP	0,0000		0,0000
NR	0,6247	0,0000	

A les taules 3.2.10, 3.2.11 i 3.2.12 es mostra la biomassa mitjana per a cada espècie censada a cada zona.

Taula 3.2.10. A i B. Biomassa mitjana (Kg/250 m²) i error estàndard per a les espècies vulnerables censades en els tres anys d'estudi dins la reserva integral. A: estació de la Pedra de sa Sal. B: estació de cala Calderer. N: nombre de transsectes.

A. Pedra de sa Sal						
	2006. N= 11		2017. N= 6		2021. N= 5	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Dentex dentex</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sphyræna viridensis</i>	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Diplodus sargus</i>	0,1	0,1	0,4	0,1	0,1	0,1
<i>Diplodus vulgaris</i>	0,8	0,2	0,7	0,3	1,8	0,7
<i>Sparus aurata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Spondyliosa cantharus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus costae</i>	1,1	0,3	1,0	0,5	0,0	0,0
<i>Epinephelus marginatus</i>	2,1	0,7	0,9	0,5	0,0	0,0
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Continuació taula 3.2.10

<i>Labrus merula</i>	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
<i>Labrus viridis</i>	0,0	0,0	0,3	0,3	0,1	0,1
<i>Muraena helena</i>	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Phycic phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sciaena umbra</i>	0,7	0,5	0,2	0,2	1,4	1,4
<i>Scorpaena porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1

A. Cala Calderer

	2006. N= 12		2017. N= 7		2021. N= 5	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Dentex dentex</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sphyrna viridensis</i>	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2
<i>Diplodus sargus</i>	0,1	0,0	1,1	0,7	0,8	0,4
<i>Diplodus vulgaris</i>	1,2	0,4	1,1	0,6	1,4	0,4
<i>Sparus aurata</i>	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0
<i>Spondylusoma cantharus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus costae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus marginatus</i>	2,5	2,0	2,0	1,5	0,3	0,3
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Labrus merula</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Labrus viridis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Muraena helena</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,3
<i>Phycic phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sciaena umbra</i>	0,0	0,0	2,0	1,2	2,1	1,3
<i>Scorpaena porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Taula 3.2.11 A i B. Biomassa mitjana (Kg/250 m²) i error estàndard per a les espècies vulnerables censades en els tres anys d'estudi dins la reserva parcial. A: Llosa des Patró Pere. B: Illa des Porros. N: nombre de transsectes.

A. Llosa Patró Pere						
	2006. N= 12		2017. N= 6		2021. N= 6	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Dentex dentex</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sphyræna viridensis</i>	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Diplodus sargus</i>	0,3	0,1	1,0	0,6	0,5	0,1
<i>Diplodus vulgaris</i>	2,8	1,2	0,9	0,3	3,3	1,7
<i>Sparus aurata</i>	0,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1
<i>Epinephelus costae</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus marginatus</i>	4,6	2,2	8,2	2,9	1,9	1,0
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Labrus merula</i>	0,1	0,1	0,5	0,2	0,1	0,1
<i>Labrus viridis</i>	0,0	0,0	0,2	0,2	0,1	0,1
<i>Muraena helenæ</i>	0,4	0,2	0,9	0,9	0,1	0,1
<i>Phycis phycis</i>	0,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sciaena umbra</i>	1,2	0,4	6,6	2,1	1,9	0,8
<i>Scorpaena porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

B. Illa des Porros						
	2006. N= 12		2017. N= 6		2021. N= 6	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Dentex dentex</i>	0,3	0,2	0,2	0,2	2,1	1,4
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	0,2	0,2	1,6	1,6
<i>Sphyræna viridensis</i>	0,2	0,1	0,8	0,6	0,2	0,2
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus sargus</i>	0,5	0,4	0,3	0,1	1,2	0,6
<i>Diplodus vulgaris</i>	1,7	0,6	1,8	0,8	5,0	1,4
<i>Sparus aurata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	0,2	0,1	2,8	2,8	1,5	1,4

Continuació taula 3.2.11

<i>Epinephelus costae</i>	0,3	0,2	0,6	0,4	3,3	2,4
<i>Epinephelus marginatus</i>	6,9	2,7	3,4	1,6	4,9	3,5
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,6	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2
<i>Labrus merula</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
<i>Labrus viridis</i>	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0
<i>Muraena helena</i>	1,2	0,4	0,2	0,2	0,4	0,3
<i>Phycic phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Sciaena umbra</i>	0,0	0,0	0,6	0,6	0,0	0,0
<i>Scorpaena porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Taula 3.2.12. Biomassa mitjana (Kg/250 m²) i error estàndard per a les espècies vulnerables censades en els tres anys d'estudi a les zones control. A: estació de Ses Capelles. B: punta Rotja. N: nombre de transectes.

Ses Capelles						
	2006. N= 12		2017. N= 6		2021. N= 6	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Dentex dentex</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sphyrna viridensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
<i>Diplodus sargus</i>	0,2	0,1	1,2	0,7	0,2	0,1
<i>Diplodus vulgaris</i>	2,0	0,5	2,6	0,5	1,8	0,2
<i>Sparus aurata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Spondyliosa cantharus</i>	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1
<i>Epinephelus costae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Labrus merula</i>	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
<i>Labrus viridis</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>Muraena helena</i>	0,6	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2
<i>Phycic phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sciaena umbra</i>	0,0	0,0	0,2	0,2	1,3	1,3
<i>Scorpaena porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0

Punta Rotja						
	2006. N= 12		2017. N= 4		2021. N= 6	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Dentex dentex</i>	0,2	0,2	0,0	0,0	3,8	3,8
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sphyraena viridensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Diplodus sargus</i>	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2
<i>Diplodus vulgaris</i>	0,6	0,1	1,5	0,1	2,3	0,7
<i>Sparus aurata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus costae</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Labrus merula</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,4	0,2
<i>Labrus viridis</i>	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>Muraena helena</i>	0,3	0,2	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Phycis phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sciaena umbra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Scorpaena porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

La composició del gruix de la biomassa ha variat sensiblement dins la RMNM si comparem els dos darrers anys de seguiment. Tant a la reserva integral com a la parcial augmenta la proporció d'espècies amb menor nivell tròfic, concretament espàrids del gènere *Diplodus*, a l'hora que minva la biomassa d'anfós (*E. marginatus*). Fora de la reserva, els *Diplodus* spp. conformen la major part de la biomassa tant el 2017 com el 2021 (Fig. 3.2.4).

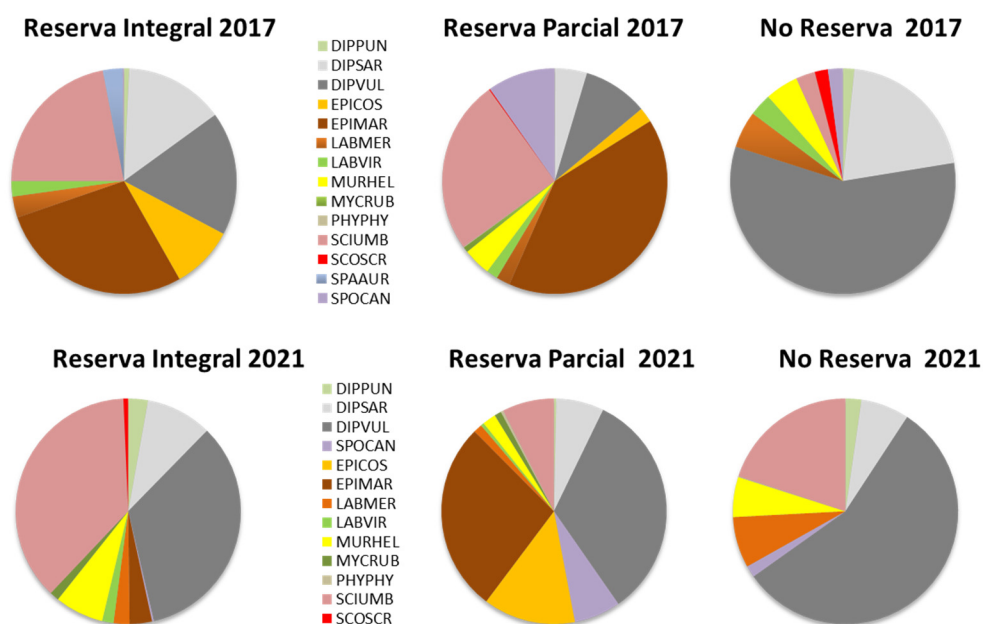


Figura 3.2.4. Composició percentual (% de cada espècie) de la biomassa total d'espècies demersals vulnerables a la pesca. Zones de reserva integral, parcial i controls en els anys 2017 i 2021.



3.2.4. La biomassa dels nivells tròfics elevats (NT> 3,5)

Els peixos d'alt nivell tròfic mostren un patró de variació molt semblant als d'anteriors indicadors (Fig. 3.2.5). L'anàlisi de la variància ens indica que la reserva parcial presenta una biomassa significativament superior (8,5 kg/250 m²) a la de la reserva integral (3,2 kg/250 m²) i a la dels controls (1,1 kg/250 m²) (Taules 3.2.10 i 3.2.11a). Tot i que la biomassa a l'àrea totalment protegida és nominalment tres vegades superior a la dels controls si tenim en compte els tres anys d'estudi, la dispersió espacial de les dades a petita escala (entre transsectes) no permet afirmar que existeixin diferències significatives entre les dues àrees (Taula 3.2.11b).

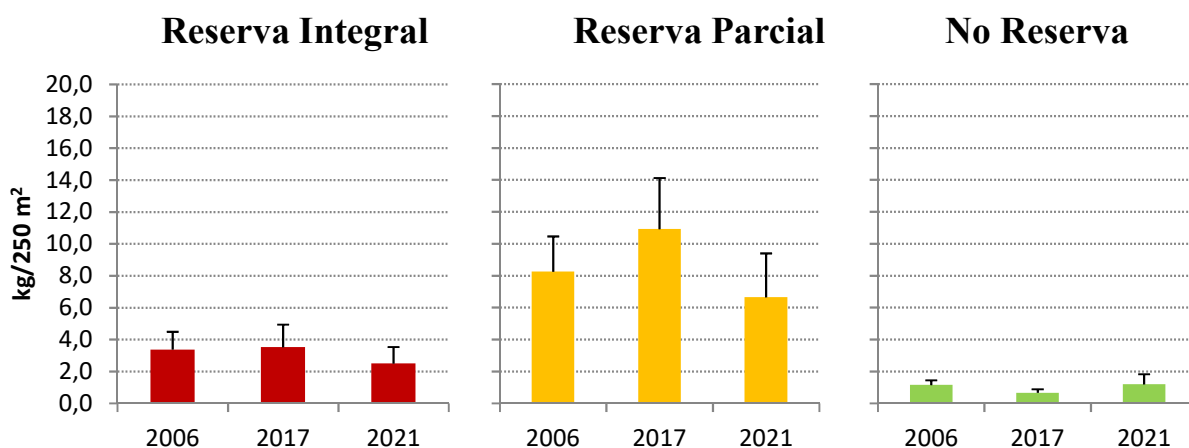


Figura 3.2.5. Evolució temporal de la biomassa mitjana de peixos d'elevat nivell tròfic dins la reserva integral, la reserva parcial i a l'àrea no protegida.

Taula 3.2.10. Anàlisi de la variància per a la biomassa d'espècies d'elevat nivell tròfic i els factors: Protecció (Prot), Temps (Time) i Zona, aquest darrer encaixat dins la protecció. *: interacció entre factors. SQ: suma de quadrats; GLL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p= nivell de significança (en vermell si significatiu; $p < 0,05$).

	SQ	GLL	MQ	F	p
Intercept	2205,9	1	2205,9	208,1	0,0007
TIME	40,6	2	20,3	0,3	0,7856
Prot	1288,7	2	644,4	60,9	0,0036
TIME*Prot	77,3	4	19,3	0,2	0,9066
Zona(Prot)	31,6	3	10,5	0,1	0,9371
TIME*Zona(Prot)	486,0	6	81,0	1,7	0,1179
Error	5689,2	122	46,6		

Taula 3.2.11. a) Anàlisi de la variància per a la biomassa d'espècies d'alt nivell tròfic amb el *pooling* de la suma de quadrats de l'efecte zona amb el terme d'error. Protecció (Prot), Temps (Time). *: interacció entre factors. SQ: suma de quadrats; GLL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p= nivell de significança (**en vermell si significatiu; $p < 0,05$**). b) tests a posteriori de Tukey per a N desigual entre els diferents nivells de protecció.

a)	SQ	GLL	MQ	F	p
Intercept	2233,3	1	2233,3	47,3	0,0000
TIME	43,3	2	21,6	0,5	0,6335
Prot	1290,1	2	645,1	13,7	0,0000
TIME*Prot	75,0	4	18,8	0,4	0,8105
Error	6188,0	131	47,2		

b) Prot	R	RP	NR
R		0,0007	0,2850
RP	0,0007		0,0000
NR	0,2850	0,0000	

4. CONCLUSIONS

Mostreig a les aigües superficials de la reserva integral

- 1) S'observa una elevada homogeneïtat faunística que dona lloc a una riquesa d'espècies molt estable entre els 7 llocs estudiats. La riquesa mitjana d'espècies vulnerables té un valor baix i és prou precisa: $3,4 \pm 0,3$ espècies/250 m².
- 2) La densitat i la biomassa de peixos sí presenten una variabilitat quan treballem amb escales espacials de cents de metres (separació de 500 m entre els llocs). La densitat de peixos mostra uns valors extrems per lloc d'entre 6,0 i 32,0 individus/250 m² i una mitjana de $16,9 \pm 2,2$ ind./250 m². La biomassa mostra valors extrems per lloc de 1,3 i 6,3 kg/250 m² i una mitjana de $3,6 \pm 0,5$ kg/250 m².
- 3) El valor de biomassa mitjana de la campanya de 2021 ($3,6 \pm 0,5$ kg/250 m²) se situa entre els valors de 2017 ($2,9 \pm 0,5$ kg/250 m²) i de 2019 ($5,0 \pm 0,5$ kg/250 m²). Assumint que el present mostreig té una major variabilitat espacial que el d'anys anteriors, la seva validesa relativa en la sèrie temporal indicaria, per una banda, una estabilitat temporal en els darrers anys, que en el 2021 mostra uns valors d'un ordre de magnitud superior als de l'inici de l'estudi l'any 2000 (entre 0,3 i 0,4 kg/250 m²) (Coll *et al.*, 2019). Per altra banda, amb les referències d'altres reserves marines, indica que els hàbitats de la reserva integral de la RMNM no són adients per acumular una gran abundància/biomassa de peixos.
- 4) Les anàlisis estadístiques demostren que les variables d'hàbitat implicades en la variació de biomassa de la reserva integral no són ni la rugositat ni la profunditat mesurades dins cada mostra o transsecte. En extreure el component de la variació provocada per aquestes variables en la comparació entre diferents llocs, les diferències de biomassa segueixen essent significatives. S'estan analitzant aspectes tròfics i ecosistèmics a una escala geogràfica major (XBAMPs) que podran fer llum sobre la variació d'aquest indicador i els baixos valors observats dins la reserva integral.
- 5) En concordança amb els valors de biomassa per a totes les espècies demersals, la biomassa d'espècies d'elevat nivell tròfic (NT > 3,5) ha estat molt baixa en les aigües superficials, amb valors mínims de $0,2 \pm 0,2$ kg/250 m², una mitjana de $1,1 \pm 0,3$ kg/250 m² entre totes les estacions i valors màxims de $3,1 \pm 1,1$ kg/250 m².

Seguiment temporal a les aigües profundes de la reserva marina i de les zones control

- 6) Els valors per a tots els indicadors mostren una estabilitat en el temps dins cada nivell de protecció estudiat. Una lleugera minva dins la reserva integral, no significativa, és probablement deguda a un artefacte del mostreig, degut a condicions meteorològiques adverses que provocaren la deriva del vaixell i una situació no òptima sobre el punt de mostreig (Pedra de sa Sal).
- 7) Hi ha un efecte significatiu de la reserva parcial, que mostra més diversitat d'espècies i més biomassa del conjunt d'espècies demersals i de les de major nivell tròfic respecte a les zones control i respecte a la reserva integral. Donat el cas que la interacció entre l'efecte del nivell de protecció i el temps no és significativa, cal concloure que els valors superiors observats a la reserva parcial tenen un component natural intrínsec, independent de la protecció, que s'observen des del primer any de mostreig (2007). També és altament probable que el 2007, 8 anys després de la declaració de la reserva marina, ja s'hagués produït una recuperació significativa dels recursos dins la reserva parcial, i que això es reflecteixi ara en les comparacions espacials.
- 8) Tant els valors de biomassa de la reserva integral com els de la reserva parcial són baixos en el context de la XBAMPs en el seu estrat profund (20-25 m) (Coll *et al.*, 2022).
- 9) És a destacar l'estabilitat de biomassa dins la reserva parcial (península del cap de Cavalleria) en unes condicions de pesca contínua, per part de la flota d'arts menors i també de la recreativa. Es constata així l'elevat efecte refugi que els fons abruptes d'aquestes zones ofereixen als poblaments de peixos. Tot i això, aquesta estabilitat es deu sobretot a les espècies de menor nivell tròfic i menor valor comercial. Les espècies de major nivell tròfic han mostrat el valor més baix de tota la sèrie temporal, el que està en concordança amb les minves de rendiment pesquer per a moltes espècies afectades per la flota d'arts menors, i en especial amb l'ormeig de palangró (Cerdà i Brotons, 2020).
- 10) Els resultats observats en tots els anys de seguiment amb censos visuals i amb els quaderns de seguiment pesquer dibuixen un escenari on la major qualitat de l'hàbitat a la península del cap de Cavalleria exerceix d'atraient de peixos que han passat ja la fase juvenil. La pesca contínua en aquest espai provoca un alliberament continu d'hàbitat que afavoreix la immigració des d'altres zones amb menor qualitat i més alt nivell de protecció. Aquesta hipòtesi concorda així mateix amb les teories de Jennings (2001)

sobre la conveniència de protegir els *hot spots*, així com de les migracions saltatòries de gran serrànids (Chauvet i Francour, 1990) sempre cap als millors hàbitats.

11) A rel del punt anterior, i exposats els resultats en la Comissió de Seguiment de la RMNM el juliol de 2021, s'obrí el debat legítim sobre si és més convenient protegir de forma integral les zones amb millor hàbitat o d'altres de menor qualitat, sempre en el context de l'ús de reserves marines com a eines de gestió pesquera. Si bé des del punt de vista d'una AMP on el primer objectiu fos la conservació d'hàbitats i espècies, s'haurien d'incloure els millors hàbitats o part d'ells dins les zones de màxima protecció, des del punt de vista pesquer hi entren en joc altres criteris que podrien, en el seu cas, recolzar la zonificació actual:

- Nivell de biomassa a la reserva parcial respecte del nivell de B_{MSY} (biomassa sota un aprofitament sostenible del recurs).
- La importància que es dona a l'exportació d'ous i larves des dels llocs amb major abundància de reproductors en vers la importància d'exportar juvenils i/o adults.
- La configuració de l'hàbitat i l'existència d'ecotons que exerceixin de barrera per a l'exportació d'adults i el seu aprofitament pesquer.
- Les sèries històriques de captures per unitat d'esforç (cpue) a la reserva parcial.

5. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

BALLESTEROS, E i E. CEBRIAN. 2004. Estudi sobre la bionomia bentònica, biodiversitat i cartografia de la Reserva Marina del Nord de Menorca. Informe tècnic del Centre d'estudis Avançats de Blanes-CSIC. 110 pàg.

BELL, J. D., G. J. S. CRAIK, D. A. POLLARD i B. C. RUSSELL. 1985. Estimating length frequency distributions of large reef fish underwater. *Coral Reefs*, 4: 41-44.

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*, 20: 357-369.

CADDY J. F i R. MAHON. 1995. Reference points for fisheries management. FAO Fisheries Technical Paper. No. 347. Rome, FAO, 83 pp.

CERDÀ, M i J. M. BROTONS. 2020. Recopilació i anàlisi de dades pesqueres artesanals per a la millora de la gestió a l'entorn de la xarxa de reserves marines de les Illes Balears. 171 pàg. Memòria de beca del Govern de les Illes Balears.

CHAUVET, C i FRANCOUR, P. 1990. Les merous *Epinephelus guaza* du Parc National de Port-Cros (France): aspects socio-demographiques. Bulletin de la Société Zoologique de France, 114: 5-13.

COLL, J., G. MOREY, O. NAVARRO, S. MARTINO i F. RIERA. 2007a. La Reserva Marina del Nord de Menorca (RMNM). Seguiment de les poblacions de peixos de substrat rocós i anàlisi dels usos desenvolupats a la reserva. Període 2000-2006. Informe tècnic del Servei de Recursos Marins. Direcció General de Pesca. Govern de les Illes Balears; 40 pàg.

COLL, J., A. GARCIA-RUBIES, G. MOREY, O. NAVARRO, S. MARTINO, F. RIERA and A.M. GRAU. 2007b. The North of Minorca Marine Reserve (W Mediterranean) as a tool for a sustainable management of natural resources. The case of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). 2nd Symposium on Mediterranean Groupers. Francour, P., Gratiot, J (eds). Nice, May 10th-13th 2007. Pag: 55-57.

COLL, J., G. MOREY, O. NAVARRO i A. M. GRAU. 2011. Avaluació dels recursos íctics litorals de la Reserva Marina del Nord de Menorca. Resultats del Període 2000 – 2011. Informe Tècnic de la Direcció General de Medi Rural i Marí. Govern de les Illes Balears. 32 pàg.

COLL, J., A. GARCIA-RUBIES, G. MOREY and A. M. GRAU. 2012. The carrying capacity and the effects of protection level in three MPAs in the Balearic Islands (NW Mediterranean). *Scientia Marina*, 76(4): 809-826.

COLL, J., A. GARCIA-RUBIES, G. MOREY, O. REÑONES, D. ÁLVAREZ-BERASTEGUI, O. NAVARRO and A. M. GRAU. 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.

COLL, J., G. MOREY, F. VERGER i O. NAVARRO. 2017. La Reserva Marina del Nord de Menorca. Seguiment de les poblacions de peixos de substrat rocós en el període 2000-2017. Informe tècnic per a la Direcció General de Pesca i Medi Marí-Govern de les Illes Balears-Tragsatec, 51 pàgines.

COLL, J., G. MOREY, F i O. NAVARRO. 2019. La Reserva Marina del Nord de Menorca. Seguiment de les poblacions de peixos de substrat rocós en el període 2000-2019. Informe tècnic per a la Direcció General de Pesca i Medi Marí-Govern de les Illes Balears-Tragsatec-SEMILLA, 72 pàgines.

COLL, J., O. REÑONES, J. MORANTA, G. MOREY, D. ÁLVAREZ-BERASTEGUI i M. ARPA. 2022. Seguiment de les comunitats marines d'Espais Naturals Protegits de les Illes Balears. Cens de poblacions de peixos (PN Cabrera). Informe tècnic per a la Direcció General d'Espais Naturals i Biodiversitat del Govern de les Illes Balears. Tragsatec. Abril de 2022. 132 pàgines.

FROESE, R i D. PAULY. 2020. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org.

GARCÍA-RUBIES, A i J. COLL. 2004. Evolució de la ictiofauna litoral de la Reserva del nord de Menorca: 2000-2003. Informe Final. Informe tècnic del CEAB-CSIC. 105 pàg.

GREENE L. E and W. S. ALEVIZON. 1989. Comparative accuracies of visual assesment methods for coral reef fishes. *Bull. Mar. Sci.* 44: 899-912.

HARMELIN, J-G. 1987. Structure et variabilité de l'ichtyofaune d'une zone rochouse protégée en Méditerranée (Parc national de port Cros, France). *P.S.Z.N.I: Marine Ecology*, 8: 263-284.

JENNINGS, S. 2001. Patterns and prediction of population recovery in marine reserves. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 10: 209-231.

LUCKHURST B. E and K. LUCKHURST. 1978. Analysis of the influence of substrate variables on coral reef fish communities. *Mar. Biol.* 49: 317-323.

MACPHERSON, E. 1998. Ontogenetic shifts in habitat use and aggregation in juvenile sparid fishes. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 220: 127-150.

McCLANAHAN, T. M., R. E. SCHROEDER, A. M. FRIEDLANDER, L. VIGLIOLA et al., 2019. Global baselines and benchmarks for fish biomass: comparing remote reefs and fisheries closures. *MEPS*, 612: 167-192.

McCLANAHAN, T. R., N. A. J. GRAHAM, M. A. MacNEIL, N. A. MUTHIGA, J. E. CINNER, J. H. BRUGGEMANN and S. K. WILSON. 2011. Critical thresholds and tangible targets for ecosystem-based management of coral reef fisheries. *PNAS*. 108: 17230-17233.

MORALES-NIN, B., G. MOREY, J. MORANTA, A. RUIZ, M. PALMER, F. ORDINES i P. TUGORES. 2004. Seguiment de les mesures de protecció sobre la comunitat íctica de les reserves marines de les Illes Balears. CSIC-IMEDEA. Informe tècnic, 756 pàg.

MOREY, G., J. MORANTA., E. MASSUTI, A. GRAU, M. LINDE, F. RIERA and B. MORALES-NIN. 2003. Weight-length relationship of littoral to lower slope fishes from the western Mediterranean. *Fisheries Research*, 62: 89-96.

ORDINES F., MORANTA J., PALMER M., LERYCKE A., SUAUA A., MORALES-NIN B and A. M. GRAU. 2005. Variations in a shallow rocky reef fish community at different spatial scales in the western Mediteranean Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 304: 221-233.

REÑONES, O., D. ÁLVAREZ. J. COLL, G. MOREY, O. NAVARRO, L. RUEDA, A. GRAU, B. STOBART, D. DÍAZ, A. BOX, S. DEUDERO, A. M. GRAU y R. GOÑI. 2012.

Identificación del patrón de movimientos y factores ambientales que determinan la distribución espacial del mero *Epinephelus marginatus* en el Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera: aplicaciones para su conservación. Proyectos de Investigación en Parques Nacionales, 2008-2011. Pág: 407-430. Organismo Autónomo de Parques Nacionales (Ed.). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

UNDERWOOD, A.J., 1997. Experiments in ecology. Their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge University Press. Cambridge. 504 pp.

ZAR J. H. 1984. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, Inc. New Jersey.