

La Reserva Marina dels Freus d'Eivissa i Formentera



G CONSELLERIA
O AGRICULTURA,
I PESCA I ALIMENTACIÓ
B



UNIÓN EUROPEA
FONDO EUROPEO MARÍTIMO
Y DE PESCA (FEMP)


Reserves Marines
de les Illes Balears

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



Campanya 2021 RM Es Freus ©Jose A. Aribas

Autors: Josep Coll*, Gabriel Morey* i Oliver Navarro**

* Tragsatec ** Serveis de Millora Agrària i Pesquera

Foto de portada: grup d'escorballs (*Sciaena umbra*) a la reserva integral. Totes les fotografies d'aquest document pertanyen a l'autor: **Jose Arribas Redondo**

Citar el present informe com a:

Coll J., G. Morey i O. Navarro (2021). La Reserva Marina dels Freus d'Eivissa i Formentera. Seguiment de les poblacions de peixos de substrat rocós en el període 2000-2021. Informe Tècnic de la Direcció General de Pesca i Medi Marí/Govern de les Illes Balears-Tragsatec. 52 pàgines.

ÍNDEX

Resum Executiu	7
1. INTRODUCCIÓ I ANTECEDENTS	9
2. ÀREES D'ESTUDI I METODOLOGIA	10
3. RESULTATS	18
3.1. Variació dels indicadors a les aigües superficials amb màxima protecció	
3.1.1. Les espècies i la riquesa	18
3.1.2. La densitat de peixos demersals	20
3.1.3. La biomassa de peixos demersals	22
3.1.4. La biomassa d'espècies amb alt nivell tròfic ($B_{NT>3,5}$)	25
3.2. Seguiment temporal de les espècies vulnerables en aigües profundes	
3.2.1. Les espècies i la riquesa	27
3.2.2. L'abundància de peixos demersals	29
3.2.3. La biomassa de peixos demersals	34
3.2.4. La biomassa d'espècies amb alt nivell tròfic ($B_{NT>3,5}$).....	39
3.2.5. La talla d'una espècie indicadora: l'escorball <i>Sciaena umbra</i>	43
4. DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS	45
5. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES	50

Resum Executiu

Aquest informe tècnic descriu els resultats de la campanya de presa de dades d'octubre de 2021, que tingué un objectiu doble. Per una banda es va abordar la tasca d'estendre el coneixement de la reserva integral a un major nombre de llocs en les aigües superficials (< 15 m), tret dels dos llocs tradicionals emprats en el seguiment. Per altra banda es va realitzar la tercera campanya de seguiment profund (20-25 m), amb l'estudi de dues zones dins cadascun dels tres nivells de protecció considerats: reserva integral, reserva parcial i zones control, que s'afegí a les realitzades els anys 2007 i 2018.

L'efecte de la reserva integral en les aigües superficials havia estat ben definit en l'informe de 2020, on es va aconseguir precisar els intervals de variació dels principals indicadors en un ambient de màxima protecció, assoliment de la capacitat de càrrega del sistema i bon estat ambiental. Ara, amb l'ampliació del mostreig a 6 nous llocs, s'ha demostrat que l'efecte de l'eliminació de la mortalitat per pesca està estès a tota l'àrea de la reserva integral, i no tan sols a les dues estacions tradicionals d'Espardell i Espardelló. Els valors mitjans i la variació dels principals indicadors (riquesa (S), densitat de peixos demersals (D_{nb}), biomassa de demersals (B_{nb}) i biomassa d'espècies amb alt nivell tròfic ($B_{NT>3,5}$)) s'ajusta totalment als intervals de referència per a un bon estat de conservació expressats el 2020. A més, l'ajust es dona en el perfil més alt dels valors, corresponent a l'estació d'Espardelló.

En aquest context de màxima resposta a la protecció s'ha obtingut un valor de $S = 6,2 \pm 0,3$ esp./250 m²; $D_{nb} = 59,0 \pm 12,1$ ind./250 m²; $B_{nb} = 14,3 \pm 3,2$ kg/250 m² i $B_{NT>3,5} = 7,3 \pm 2,2$ kg/250 m²) com a mitjana i error estàndard dels 6 llocs. Aquests valors són, com s'ha dit, força elevats, tot i haver trobat diferències significatives entre ells. Unes diferències que un cop extreta la variació deguda a l'hàbitat dels transsectes continuen essent significatives, i que, aleshores, depenen de factors d'una escala espacial superior als propis transsectes. Aquestes fonts de variació estan sent estudiades conjuntament amb les d'altres zones de reserva integral de la Xarxa Balear d'Àrees Marines Protegides i es descriuran en propers informes tècnics. Les estacions més riques han estat aquelles més exposades a l'hidrodinamisme, concretament a la seca d'Espardell i a la punta del Far, on s'han assolit biomasses fins i tot superiors (> 25,0 kg/250 m²) a la descrita a Espardelló anys enrere.

Pel que respecta al seguiment pròpiament dit en aigües profundes, la campanya d'octubre de 2021 ha mostrat valors inferiors a la de 2018. Tot i això, la tendència per a la reserva integral continua essent creixent, doncs presenta encara valors elevats per a tots els indicadors i superiors als de la primera campanya de 2007. A més a més, el gruix de la biomassa (70%) està formada per un conjunt d'espècies d'elevat nivell tròfic (escorball, anfosos, roja). Però la minva dels valors ha estat molt acusada a les estacions de l'àrea parcialment protegida, als llocs d'estudi de punta Prima i es Dau Petit. Això, conjuntament amb el fet que els controls a les Pitiüses presenten major biomassa que a la resta de zones control de les Illes Balears, no permet afirmar un efecte significatiu de la protecció per a les aigües profundes. A mode d'exemple, i emprant l'indicador de B_{nb} , els valors de biomassa als diferents nivells de protecció són: Reserva Integral = $27,2 \pm 7,1$ kg/250 m², Reserva Parcial = $17,1 \pm 2,3$ kg/250 m², i No Reserva = $19,0 \pm 3,7$ kg/250 m².

Les característiques d'hàbitat de les estacions de la reserva parcial són les més adients perquè s'estableixi un poblament resident d'espècies d'interès pesquer, especialment al lloc de punta Prima. En aquest indret es va trobar un bon nombre d'ormeigs abandonats, enrocats, com ara palangrons, peus de volantí, peus de *spinning*, i peus de canya, curricà o volantí per a esca viva. Conjuntament amb aquesta evidència d'una forta incidència de pesca, i degut a les espècies i

talles que hi manquen, és altament probable que aquest lloc hagi patit pesca submarina il·legal, havent-se trobat els valors de biomassa més baixos de tota la sèrie temporal.

L'anàlisi de talles d'una espècie abundant i preuada als mercats com és l'escorball (*Sciaena umbra*) concorda amb els patrons explicats: peixos més grossos dins la reserva integral, tot i la lleugera minva entre 2018 i 2021, i minva molt accentuada de les talles grosses (> 35 cm) a la reserva parcial, amb una mitjana que no es diferencia de la talla mitjana de les zones control obertes a la pesca.

1. INTRODUCCIÓ I ANTECEDENTS

La Reserva Marina dels Freus d'Eivissa i Formentera (RMFEF) va ser declarada pel Decret 63/1999 de 28 de maig, i ampliada posteriorment pel Decret 41/2015 de 22 de maig, ocupant en l'actualitat una àrea marina de 15.353 ha, i formant part de la Xarxa Balear d'Àrees Marines Protegides (Llei 6/2013 de 7 de novembre), que compta ja amb 11 reserves marines d'àmbit pesquer.

L'any 2000, la Direcció General de Pesca i Medi Marí del Govern de les Illes Balears inicià un seguiment dels recursos marins per tal de conèixer els efectes de la protecció. De llavors ençà s'han realitzat diferents campanyes de mostreig amb diferents metodologies que han aportat resultats importants (Morales-Nin *et al.*, 2004; Moranta *et al.*, 2006; Box, 2011; Coll *et al.*, 2012, 2013 entre d'altres). En el darrer informe tècnic sobre les poblacions de peixos de roca es van poder descriure valors mitjans i límits de confiança prou precisos per a la biomassa i altres indicadors dins l'àrea de protecció màxima o reserva integral (Coll *et al.*, 2020). Pel que es va observar en aquest estudi en referència a la complexitat de l'hàbitat, a la fondària (< 15 m) i per les característiques demogràfiques d'espècies importants (e.g. grans serrànids), es va predir que és difícil que els indicadors de riquesa, densitat i biomassa s'incrementin en anys propers. Entre els 16 i els 20 anys després de la declaració de la RMFEF s'ha assolit, per tant, una estabilitat que té a veure amb la capacitat de càrrega del sistema (McClanahan *et al.*, 2007; Coll *et al.*, 2012). Aquesta situació pot resultar de gran utilitat per extreure punts de referència d'un bon estat de les pesqueries (Caddy i Mahon, 1995) i aplicar-ho en ecosistemes explotats (McClanahan *et al.*, 2011, 2018, 2019). Per a tal efecte era necessari incrementar l'abast espacial d'observació, passant de les dues estacions superficials tradicionals dins de la reserva integral a més llocs d'estudi que descrivissin bé la diversitat d'ambients d'aquesta àrea. Aquesta tasca ocupa la primera part del present informe tècnic, conèixer la variació espacial dels indicadors en les aigües superficials (< 15 m), i que està a la seva vegada integrada en un estudi que s'està desenvolupant a totes les reserves marines integrals de les Illes Balears que acumulen ja més de 10 anys de protecció.

La segona part de l'informe versa sobre el seguiment pròpiament dit dels recursos pesquers en les aigües profundes (20-25 m) de la RMFEF. A causa de la complexitat tècnica inherent a la profunditat en emprar l'escafandre autònom, l'estrat profund no gaudeix de l'esforç de mostreig i, per tant, de la quantitat d'informació obtinguda en l'estrat superficial. La d'octubre de 2021 és la tercera campanya que es realitza en aigües profundes des de la declaració de la

reserva marina (2007, 2018 i 2021), havent-se obtingut bons resultats en campanyes anteriors. L'objectiu concret d'aquesta campanya han estat contrastar l'evolució temporal dels indicadors a dues zones diferents dins tres nivells de protecció: la reserva integral, la reserva parcial i zones control no protegides.

2. ÀREES D'ESTUDI I METODOLOGIA

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

La RMFEF té una extensió de 15.353 ha i està dividida en 3 nivells de protecció diferents (Fig. 1): a) la reserva integral (403 ha) se situa al voltant dels illots d'Espardell i Espardelló, a l'est de la reserva marina, b) la zona de veda per a pesca recreativa, amb una extensió aproximada de 5 vegades la reserva integral, adjacent a aquesta, i a on tan sols pot operar la flota d'arts menors, i c) la resta de la reserva marina, anomenada aquí com a reserva parcial, i on es regulen les diferents modalitats i ormeigs de pesca professional d'arts menors i de pesca recreativa, amb l'excepció de la pesca d'arrossegament, la d'encerclament, el palangre de superfície i la pesca submarina, que resten prohibides dins la RMFEF (Decret 41/2015 de 22 de maig).

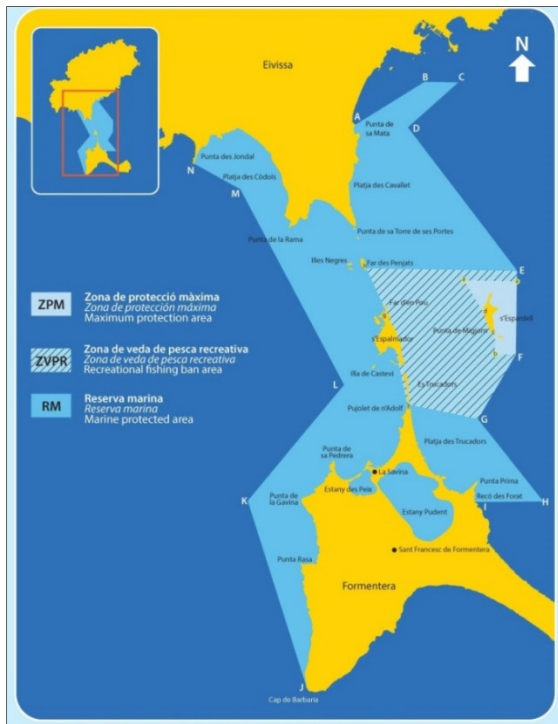


Figura 1. Límits actuals i zonificació de la Reserva Marina dels Freus d'Eivissa i Formentera

Els 6 nous llocs d'estudi se situen al sector nord d'Espardell (Fig. 2), mentre que els llocs profunds estudiats per al seguiment, es mostren a la figura 3.

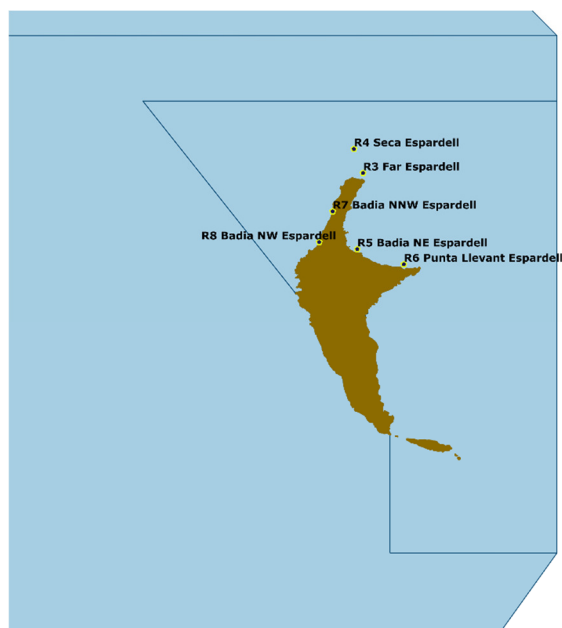


Figura 2. Llocs d'estudi en l'estrat superficial (5-15 m) a la reserva integral

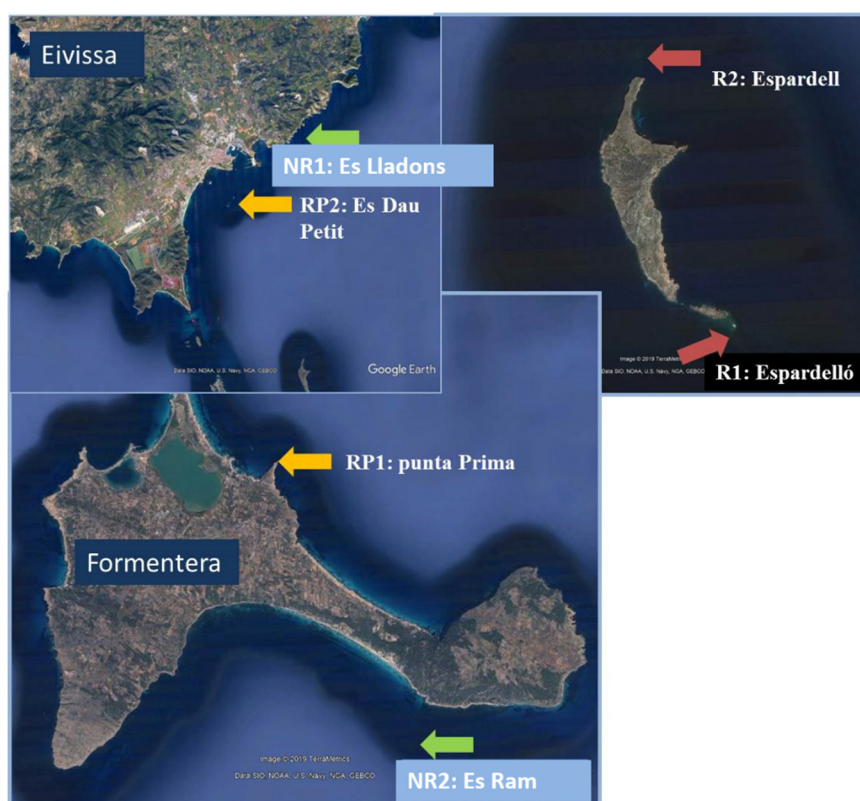


Figura 3. Situació de les zones d'estudi en les aigües profundes (20-25 m) dins la reserva integral (R1 i R2), a la reserva parcial (RP1 i RP2) i a fora de la reserva marina (NR1 i NR2).

2.2. La presa de dades

La unitat de mostra ha estat el transsecte de 50x5 m (250 m²) que s'estenia sobre el perfil del fons amb una cinta mètrica mentre el bussejador avançava. Cada transsecte va ser mostrejat per un sol bussejador 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. Són espècies que en la seva majoria s'agrupen 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 tot el poblament de peixos. En tractar-se d'un mètode de presa de dades no destructiu, la seva aplicació és especialment adient en 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 dona entre la distribució observada i la real mitjançant un test de Kolmogorov-Smirnov (Bell *et al.*, 1985). Tots els transsectes es van distribuir a l'atzar sempre sobre substrat

rocós entre 3 i 15 m de fondària, i amb una distància entre transsectes contigus superior a 20 m per tal d'evitar casos d'autocorrelació (Ordines *et al.*, 2005).

Sobre cadascun dels transsectes 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 preestablertes 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 2cm. L'error en l'estima visual de les talles s'ha demostrat com a mínim en exemplars de fins a 30 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 el déntol (*Dentex dentex*), la cirviola (*Seriola dumerili*) i els espets (*Sphyræna* spp.).



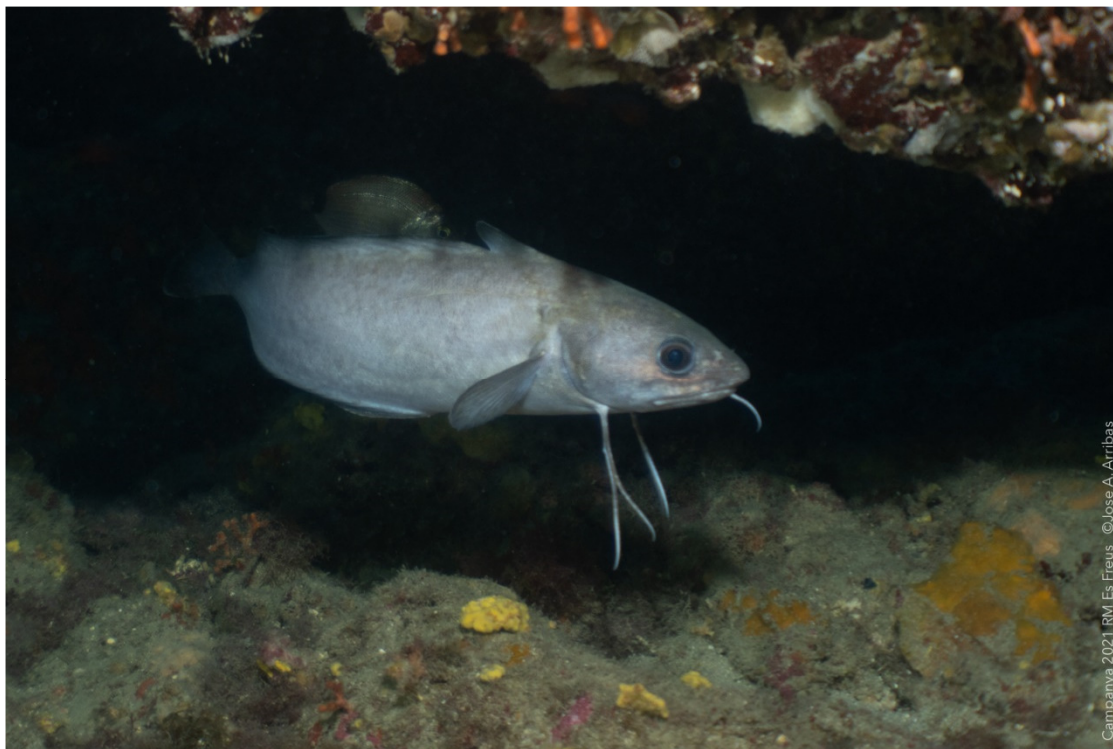
Categoria 3: peixos característicament necto-bentònics, en general mesòfags, que efectuen desplaçaments verticals moderats i horitzontals importants, però amb una marcada fidelitat per zones determinades. Tots pertanyen a la família dels espàrids i presenten una activitat bàsicament diürna. Les morrudes, els sards i les variades (*Diplodus 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 grans 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 50m 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: 1: relació entre la longitud real i la longitud lineal, 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 2m) 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 2m; 4: presència de blocs i d'escletxes importants, ocupant més del 50% de la longitud del transsecte i/o pregoneres 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 la 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 fix 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 Tj . 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 $Zi(h)$, més l'efecte del temps (Tj), més la interacció del temps amb cada zona $Tj \times Zi(h)$, més la interacció del temps amb la protecció

$T_j \times P_h$, més el terme d'error degut a la variació entre rèpliques ($ehijk$). El model lineal queda, doncs: $X_{hijk} = \mu + P_h + Z_i(h) + T_j + T_j \times Z_i(h) + T_j \times P_h + ehijk$. 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 $T_j \times P_h$ s'analitzaren les diferències entre els diferents anys o entre els diferents nivells de protecció mitjançant els tests *a posteriori* de HSD.

Per a l'estudi de l'efecte reserva en l'estrat profund s'ha analitzat l'evolució de la talla mitjana de *Sciaena umbra*. S'ha triat aquesta espècie per presentar una abundància suficient per a la mostra ($N > 30$), perquè és cobejada pels pescadors tant recreatius com professionals, i perquè el seu reclutament no sembla estar afectat per la distància a costa que presenten alguns illots i que afecta a algunes espècies d'espàrids.

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

3. RESULTATS

3.1. Variació dels indicadors en les aigües superficials amb màxima protecció dins la reserva integral

3.1.1. La riquesa d'espècies

S'han enregistrat 14 espècies d'interès pesquer en el conjunt de les 6 noves zones estudiades (Taula 1). La zona amb major riquesa acumulada ha estat la seca del nord d'Espardell (R4), si bé en tractar la riquesa mitjana no s'observen diferències significatives entre zones (Figura 4. Taula 2).

Taula 1. Espècies de peixos vulnerables a la pesca censades a sis llocs de la reserva integral, a l'octubre de 2021. +: presència, -: absència. 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). R3: Far Espardell, R4: Seca Espardell, R5: badia NE Espardell, R6: punta llevant Espardell, R7: badia NNW Espardell i Z8: badia NW Espardell. N= nombre de transsectes.

	R3 (N= 3)	R4 (N= 3)	R5 (N= 3)	R6 (N= 4)	R7 (N= 3)	R8 (N= 3)
<i>Dentex dentex</i> (DLP)	+	-	-	+	-	-
<i>Sphyrna viridensis</i> (DLP)	-	+	+	-	-	-
<i>Seriola dumerili</i> (DLP)	+	-	-	-	-	-
<i>Diplodus puntazo</i> (3,2)	+	+	+	+	+	+
<i>Diplodus sargus</i> (3,4)	+	+	+	+	+	+
<i>Diplodus vulgaris</i> (3,5)	+	+	+	+	+	+
<i>Epinephelus marginatus</i> (4,4)	+	+	+	+	-	+
<i>Labrus merula</i> (3,6)	+	+	+	+	+	+
<i>Labrus viridis</i> (3,9)	-	+	+	+	-	+
<i>Muraena helena</i> (4,2)	-	+	-	-	+	+
<i>Sciaena umbra</i> (3,8)	+	+	+	+	-	-
<i>Scorpaena scrofa</i> (4,3)	-	-	+	-	-	-
<i>Sparisoma cretense</i> (2,9)	-	-	-	-	-	+
<i>Spondylus cantharus</i> (3,3)	+	+	-	+	-	+
RIQUESA	9	10	9	9	5	9

El valor mitjà general de riquesa se situa en les 6,2 espècies/250 m², essent les dues zones o estacions del nord d'Espardell (far i seca), aquelles amb mitjanes més elevades (~7 espècies). L'anàlisi de la variància mostra encara més homogeneïtat per a aquest indicador doncs es

demostra que les petites variacions de riquesa entre zones poden estar influïdes per variacions no significatives de rugositat, fondària mitjana i pendent. Si bé l'anàlisi sense extreure la variància d'aquestes covariables estava en el llindar de significança ($p=0,056$), en extreure el seu efecte, la zona no resulta un factor significatiu ($p=0,19$) (Taula 2A i 2B).

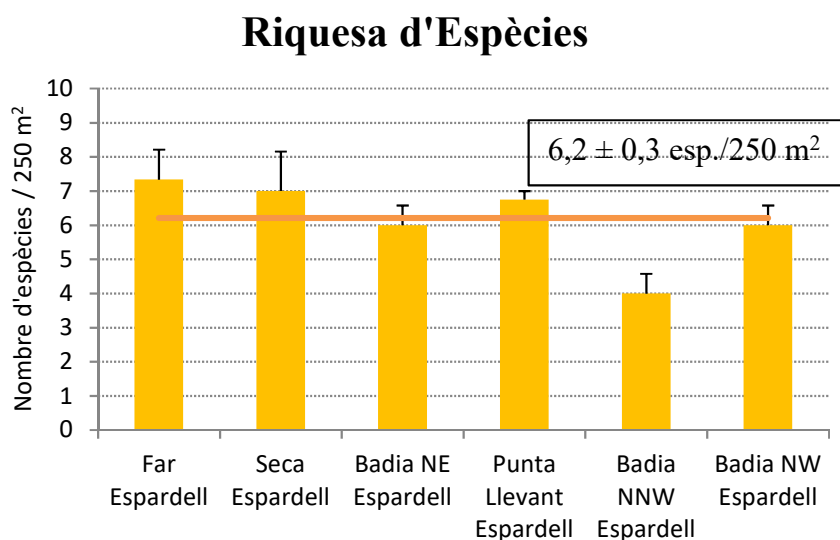


Figura 4. Riquesa mitjana ($\pm$ error estàndard) d'espècies vulnerables a 6 llocs de la reserva integral de la RMFEF.

Taula 2. A) Anàlisi de la variància per a la riquesa d'espècies entre zones com a factor fix. B) Anàlisi de la covariància amb el mateix factor fix (zona) i les covariables: ProfM (profunditat mitjana), rugositat i pendent. SQ: suma de quadrats; GLI: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p= nivell de significança (**en vermell si significatiu; $p < 0,05$**).

A)	SQ	GLI	MQ	F	p
Intercept	717,5	1	717,5	480,4	0,0000
Zona	21,7	5	4,3	2,9	0,0560
Error	19,4	13	1,5		
B)	SQ	GLI	MQ	F	p
Intercept	2,0	1	2,0	1,5	0,2549
Zona	12,4	5	2,5	1,9	0,1904
Prof M	0,6	1	0,6	0,5	0,5073
Rugositat	1,3	1	1,3	1,0	0,3427
Pendent	1,9	1	1,9	1,4	0,2637
Error	13,4	10	1,3		

3.1.2. La densitat de peixos demersals

S'observa un paral·lelisme entre els elevats valors de riquesa i els de densitat observats a les estacions/zones del far i de la seca del nord d'Espardell (Fig. 5). La densitat mitjana de peixos demersals d'interès pesquer se situa sobre els ~ 60 ind./250 m², i no és un bon indicador del que succeeix en tota la reserva integral (Fig. 5). A les dues estacions esmentades, la densitat gairebé duplica la mitjana, mentre que a la resta d'estacions no se supera en cap cas el valor de 40 ind./250 m². Aquestes diferències les detecta prou bé l'anàlisi de la variància, amb diferències molt significatives degudes a l'efecte zona (Taula 3.A). Quan extraïem l'efecte de les covariables d'hàbitat, s'observa que l'efecte zona és encara significatiu, per la qual cosa es dedueix que hi entren en joc altres variables ambientals diferents a les analitzades (Taula 3B).

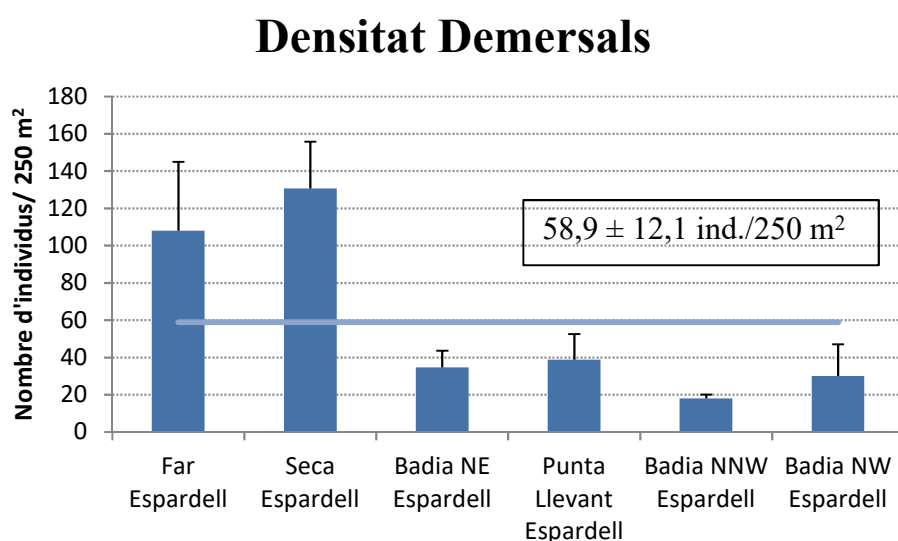


Figura 5. Densitat mitjana d'individus ($\pm$ error estàndard) als 6 nous llocs estudiats a la reserva integral de la RMFEF.

Les anàlisis *a posteriori* demostren que les diferències es donen entre l'estació amb major abundància (>120 ind./250 m²) de la seca d'Espardell i les dues estacions del nord-oest d'Espardell (< 40 ind./250 m²). A la taula 5 es pot observar la densitat de les diferents espècies a cada estació de mostreig.

Taula 3. A) Anàlisi de la variància per a la densitat de peixos demersals entre zones com a factor fix. B) Anàlisi de la covariància amb el mateix factor fix (zona) i les covariables: ProfM (profunditat mitjana), rugositat i pendent. SQ: suma de quadrats; GLI: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p= nivell de significança (**en vermell si significatiu; $p < 0,05$**).

A)	SQ	GLI	MQ	F	p
Intercept	67648,7	1	67648,7	53,3	0,0000
Zona	33593,7	5	6718,7	5,3	0,0072
Error	16496,1	13	1268,9		
B)	SQ	GLI	MQ	F	p
Intercept	276,1	1	276,1	0,2	0,6497
Zona	24177,8	5	4835,6	3,8	0,0335
Prof M	77,8	1	77,8	0,1	0,8088
Rugositat	819,8	1	819,8	0,7	0,4386
Pendent	658,0	1	658,0	0,5	0,4864
Error	12596,4	10	1259,6		

Taula 4. Anàlisi a posteriori (corresponent als resultats de la taula 3. A) amb el test HSD per a N desigual entre la densitat mitjana de peixos demersals entre les 6 zones estudiades dins la reserva integral (**en vermell si significatiu; $p < 0,05$**).

Zona	R3	R4	R5	R6	R7	R8
R3		0,966	0,187	0,232	0,073	0,145
R4	0,966		0,051	0,066	0,019	0,039
R5	0,187	0,051		1,000	0,991	1,000
R6	0,232	0,066	1,000		0,977	1,000
R7	0,073	0,019	0,991	0,977		0,998
R8	0,145	0,039	1,000	1,000	0,998	

Taula 5. Densitat mitjana (Nombre d'individus/250 m²) i error estàndard (EE) per a totes les espècies vulnerables censades a les 6 noves zones de la reserva integral en la campanya d'octubre de 2021. N= nombre de transsectes.

	Z3 (N= 3)		Z4 (N= 3)		Z5 (N= 3)		Z6 (N= 4)		Z7 (N= 3)		Z8 (N= 3)	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>D. dentex</i>	0,7	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. viridensis</i>	0,0	0,0	16,7	16,7	0,7	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. dumerili</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
<i>D. puntazzo</i>	3,7	0,3	1,3	0,9	0,3	0,3	1,0	0,0	2,7	1,2	1,0	0,6
<i>D. sargus</i>	4,0	2,1	1,0	0,6	3,7	1,8	1,3	0,3	2,0	1,0	3,3	0,9
<i>D. vulgaris</i>	81,3	31,5	113,3	22,8	15,0	3,1	29,8	12,8	10,0	2,1	18,7	14,2
<i>E. marginatus</i>	2,7	0,7	3,3	0,9	3,3	0,9	1,5	0,3	0,0	0,0	1,7	0,3
<i>L. merula</i>	1,0	0,0	2,0	0,6	0,7	0,3	0,5	0,3	3,0	0,0	3,0	1,5
<i>L. viridis</i>	0,0	0,0	0,7	0,3	0,3	0,3	1,0	0,4	0,0	0,0	0,7	0,3
<i>M. helenae</i>	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,3	0,3
<i>S. umbra</i>	13,3	6,7	4,7	4,2	11,0	7,5	2,3	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. scrofa</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
<i>S. cretense</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,7
<i>S. cantharus</i>	2,0	1,5	4,0	3,5	0,0	0,0	1,5	0,6	0,0	0,0	0,7	0,7

3.1.3. La biomassa de peixos demersals

Les estacions amb major riquesa i densitat de peixos són les que també mostren major biomassa (Fig. 6). El far i la seca d'Espardell presenten biomasses d'entre 25 i 30 kg/250 m², uns valors que es troben entre els més elevats de les Illes Balears en l'estrat de fondària superficial (3-15 m) (Coll *et al.*, 2022) i també per damunt dels que s'havien observat a les estacions tradicionals del seguiment (Coll *et al.*, 2020). La mitjana general és també força elevada (14,3 kg/250 m²) i característica de zones protegides, però ve molt condicionada per les estacions més riques. Per contra, a la costa de mestral (NW i NNW) d'Espardell, els valors de biomassa són molt baixos (≤ 5 kg/250 m²) (Fig. 6).

A les taules 6A i 6B es pot observar com les diferències entre estacions/zones són significatives, i com la rugositat del fons és també un factor significatiu a l'hora d'explicar la variació de la biomassa. Tot i això, quan extraïem el seu efecte, el factor zona continua essent significatiu. Altres variables estan segurament implicades en aquestes diferències, i seran analitzades en futurs informes tècnics.

A la taula 7 es pot observar com les diferències es donen entre les estacions més riques (far-R3 i seca-R4) i la resta d'estacions, exceptuant la de la badia NE-R5, que presenta diferències tan sols amb l'estació més pobre de NNW-Espardell-R7. També a la taula 8 es pot observar la contribució de cada espècie a la biomassa de cada estació.

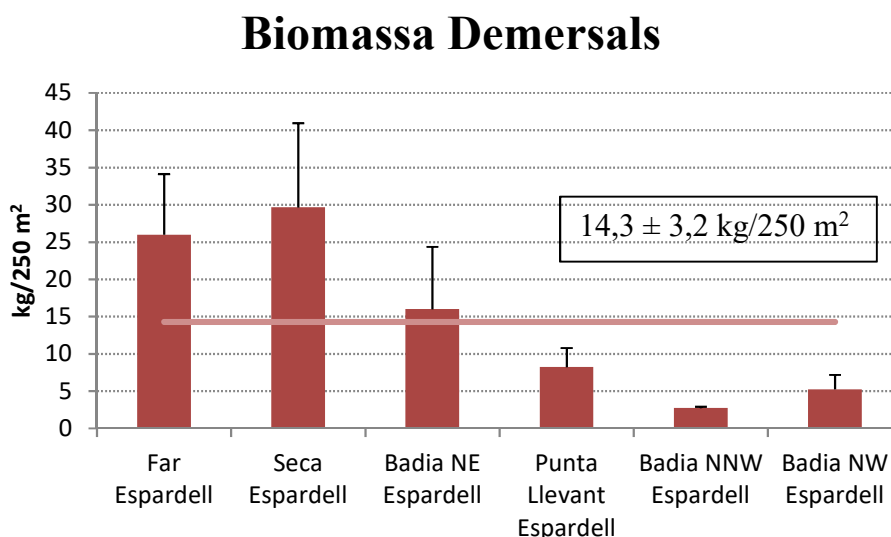


Figura 6. Biomassa mitjana ($\pm$ error estàndard) d'espècies demersals als 6 nous llocs estudiats a la reserva integral de la RMFEF.

Taula 6. A) Anàlisi de la variància per a la biomassa de peixos demersals entre zones com a factor fix. B) Anàlisi de la covariància amb el mateix factor fix (zona) i les covariables: ProfM (profunditat mitjana), rugositat i pendent. SQ: suma de quadrats; GLI: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p= nivell de significança (**en vermell si significatiu; $p < 0,05$**).

A)	SQ	GLI	MQ	F	p
Intercept	19,8	1	19,8	298,4	0,0000
Zona	1,7	5	0,3	5,2	0,0077
Error	0,9	13	0,1		
B)	SQ	GLI	MQ	F	p
Intercept	0,00	1	0,00	0,11	0,7419
Zona	0,59	5	0,12	4,85	0,0164
Prof M	0,00	1	0,00	0,12	0,7400
Rugositat	0,39	1	0,39	16,13	0,0025
Pendent	0,00	1	0,00	0,09	0,7726
Error	0,24	10	0,02		

Taula 7. Anàlisi a posteriori (corresponent als resultats de la taula 6. B) amb el test HSD per a N desigual entre la densitat mitjana de peixos demersals entre les 6 zones estudiades dins la reserva integral (**en vermell si significatiu; $p < 0,05$**).

Zona	R3	R4	R5	R6	R7	R8
R3		1,0000	0,4197	0,0408	0,0009	0,0059
R4	1,0000		0,3587	0,0334	0,0008	0,0049
R5	0,4197	0,3587		0,5936	0,0122	0,1094
R6	0,0408	0,0334	0,5936		0,1427	0,7718
R7	0,0009	0,0008	0,0122	0,1427		0,6943
R8	0,0059	0,0049	0,1094	0,7718	0,6943	

Taula 8. Biomassa mitjana (kg/250 m²) i error estàndard (EE) per a totes les espècies vulnerables censades a les 6 noves zones de la reserva integral en la campanya d'octubre de 2021. N= nombre de transsectes.

	R3 (N= 3)		R4 (N= 3)		R5 (N= 3)		R6 (N= 4)		R7 (N= 3)		R8 (N= 3)	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>S. viridensis</i>	0,0	0,0	9,5	9,5	1,1	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. dumerili</i>	0,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>D. dentex</i>	1,1	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>D. puntazzo</i>	0,9	0,0	0,4	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	0,4	0,1	0,2	0,2
<i>D. sargus</i>	1,4	0,7	0,4	0,2	1,5	0,6	0,4	0,1	0,4	0,2	0,7	0,2
<i>D. vulgaris</i>	12,9	5,4	12,9	5,3	1,1	0,2	3,9	1,9	1,0	0,3	2,0	1,5
<i>S. cantharus</i>	0,4	0,3	1,4	1,2	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>S. cretense</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>E. marginatus</i>	3,2	0,7	8,5	5,6	4,3	3,2	1,7	0,5	0,0	0,0	0,8	0,2
<i>L. merula</i>	0,3	0,1	0,8	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,8	0,2	0,8	0,4
<i>L. viridis</i>	0,0	0,0	0,4	0,2	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,3	0,1
<i>M. helena</i>	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2
<i>S. umbra</i>	6,8	3,5	4,0	3,2	8,5	5,7	1,2	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

3.1.4. La biomassa d'espècies amb alt nivell tròfic ($B_{NT>3,5}$)

Les espècies que formen aquest grup d'anàlisi estan majoritàriament lligades a fons abruptes amb refugis. Aquesta característica de l'hàbitat presenta una forta heterogeneïtat espacial fins i tot dins l'escala del mateix lloc d'estudi, per la qual cosa les dades presenten una gran dispersió. Això es pot observar a la figura 7, amb les majors biomasses observades al far i a la seca d'Espardell, i a la badia NE, totes per damunt dels 10 kg/250 m², però amb una gran dispersió (error estàndard). Per contra, tant els valors mitjans com la dispersió són mes baixos a la resta de zones d'estudi (< 5 kg/250 m²).

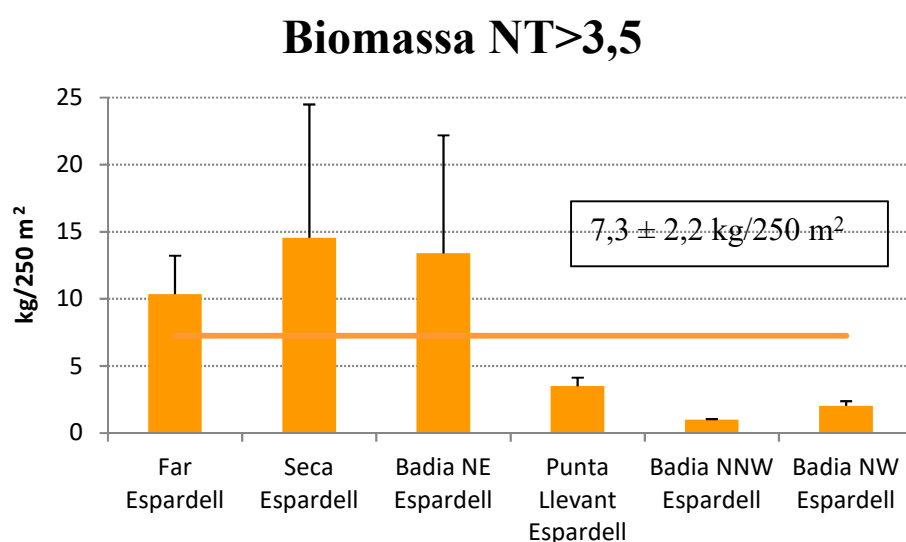


Figura 7. Biomassa mitjana ($\pm$ error estàndard) d'espècies demersals amb alt nivell tròfic (NT > 3,5) als 6 nous llocs estudiats a la reserva integral de la RMFEF.

La dispersió o variància entre transsectes dins el mateix lloc d'estudi resta potència a l'anàlisi comparativa entre estacions. De fet, tot i les diferències nominals observades i comentades en el paràgraf anterior, no podem parlar estrictament de diferències de biomassa d'espècies d'alt nivell tròfic entre les diferents estacions (Taula 9A i 9B).

Taula 9. A) Anàlisi de la variància per a la biomassa de peixos demersals amb elevat nivell tròfic (NT> 3,5) entre zones com a factor fixo. B) Anàlisi de la covariància amb el mateix factor fixo (zona) i les covariables: ProfM (profunditat mitjana), rugositat i pendent. SQ: suma de quadrats; GLl: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p= nivell de significança (**en vermell si significatiu; $p<0,05$**).

A)	SQ	GLl	MQ	F	p
Intercept	1046,8	1	1046,8	12,2	0,0039
Zona	558,8	5	111,8	1,3	0,3203
Error	1112,1	13	85,5		
B)	SQ	GLl	MQ	F	p
Intercept	216,9	1	216,9	10,5	0,0088
Zona	182,9	5	36,6	1,8	0,2060
Prof M	15,9	1	15,9	0,8	0,4007
Rugositat	666,9	1	666,9	32,3	0,0002
Pendent	1,7	1	1,7	0,1	0,7812
Error	206,2	10	20,6		



3.2. Seguiment temporal de les espècies vulnerables en aigües profundes

3.2.1. Les espècies i la riquesa

S'ha censat un conjunt de 23 espècies vulnerables a la pesca al llarg de les tres campanyes realitzades en aigües profundes de la RMFEF. El major nombre d'espècies s'ha observat dins la reserva integral (18) i en la zona control de Es Lladó Petit (18) (Taula 10).

Taula 10. Espècies de peixos vulnerables a la pesca censades dins la reserva integral, la reserva parcial i a les zones control no protegides en el conjunt de les campanyes de 2007, 2018 i 2021. +: presència, -: absència. 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). R1: Espardelló; R2: Espardell; RP1: punta Prima; RP2: Es Dau Petit; NR1: Es Lladó Petit; NR2: Es Ram.

	Reserva Integral		Reserva Parcial		No reserva	
	R1	R2	RP1	RP2	NR1	NR2
<i>Auxis thazard</i> (DLP)	-	+	-	-	-	-
<i>Seriola dumerili</i> (DLP)	-	+	-	+	+	+
<i>Sphyraena viridensis</i> (DLP)	+	+	+	+	+	-
<i>Dentex dentex</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>Pagrus pagrus</i> (4,3)	-	-	-	-	+	+
<i>Epinephelus costae</i> (3,9)	+	+	+	-	+	+
<i>Epinephelus marginatus</i> (4,4)	+	+	+	+	+	+
<i>Epinephelus caninus</i> (3,8)	+	-	-	-	-	-
<i>Labrus merula</i> (3,6)	+	+	+	+	+	+
<i>Labrus mixtus</i> (3,9)	-	+	-	-	+	+
<i>Labrus viridis</i> (3,9)	+	+	+	+	+	+
<i>Conger conger</i> (4,3)	+	-	-	-	-	-
<i>Muraena helena</i> (4,2)	+	+	+	+	+	+
<i>Mycteroperca rubra</i> (4,1)	+	+	+	-	-	-
<i>Phycis phycis</i> (4,3)	+	+	+	+	+	+
<i>Sciaena umbra</i> (3,8)	+	+	+	+	+	+
<i>Scorpaena porcus</i> (3,9)	+	-	+	-	+	-
<i>Scorpaena scrofa</i> (4,3)	+	+	-	+	+	+
TOTAL	18	18	15	15	18	15

La freqüència d'aparició, o ocurrència d'aquestes espècies als transsectes, conforma l'indicador de riquesa. Els valors mitjans de riquesa estan en el llindar de la significança estadística pel que fa l'efecte del temps sobre tots els nivells de protecció (5% de probabilitat d'errar si afirmam que el temps ha produït canvis) (Taula 11), i que com s'ha comentat a altres informes tècnics es pot prendre com a vàlid i significatiu en estudis d'ecologia de peixos litorals. Tot i això, i encara més important, és la interacció significativa dels factors Temps i Nivell de Protecció, que indiquen una minva diferencial de la riquesa a les zones control el 2021 (Fig. 8 i Taules 12 i 13). Aquesta minva no sembla respondre a un patró concret sinó que es produeix en front dels alts valors observats el 2018.

En conjunt, i també fent servir de referència els valors de la reserva integral, la riquesa mitjana varia en torn de les 7 espècies/250 m² en la majoria dels casos.

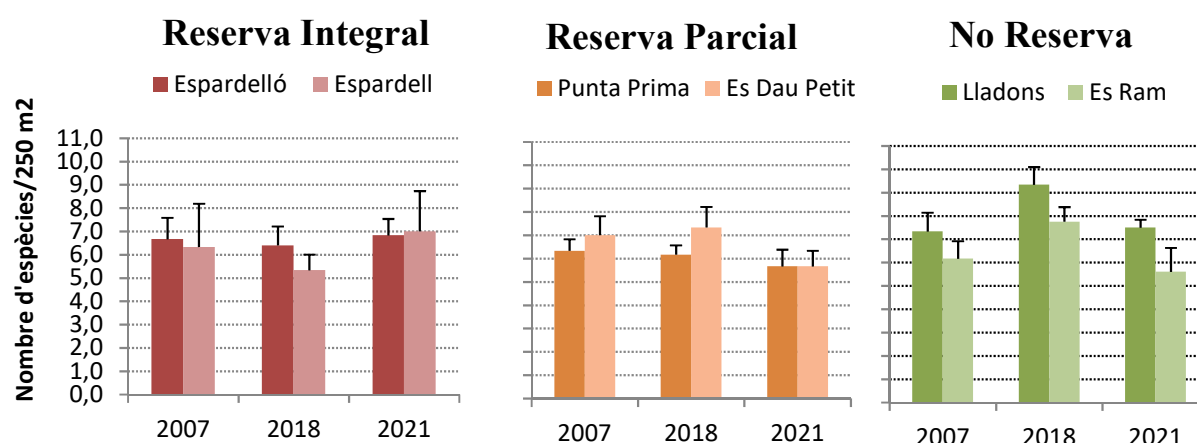


Figura 8. Evolució temporal de la riquesa mitjana d'espècies vulnerables a la pesca en els tres nivells de protecció considerats i a dues zones diferents dins cada nivell.

Taula 11. Anàlisi de la variància per a la riquesa d'espècies i els factors: Protecció (Prot), Temps (Any) i Zona, aquest darrer encaixat dins la protecció. *: interacció entre factors. SQ: suma de quadrats; GLI: 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	3718,0	1	3718,0	489,5	0,0002
Any	6,1	2	3,0	4,5	0,0541
Prot	15,7	2	7,9	1,0	0,4557
Zona(Prot)	22,9	3	7,6	11,8	0,0048
Any*Zona(Prot)	3,8	6	0,6	0,2	0,9815
Any*Prot	27,4	4	6,8	10,6	0,0054
Error	250,5	72	3,5		

Taula 12. Anàlisi de la variància per a la riquesa d'espècies entre el factor Temps (Any) i les dues zones dins cadascun dels tres nivells de protecció considerats. *: 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**).

Reserva Integral	SQ	GLl	MQ	F	p
Intercept	1025,8	1	1025,8	191,1	0,0000
Any	4,7	2	2,3	0,4	0,6539
Zona	1,0	1	1,0	0,2	0,6629
Any*Zona	1,6	2	0,8	0,1	0,8621
Error	112,7	21	5,4		
Reserva Parcial					
Intercept	1092,5	1	1092,5	478,2	0,0000
Any	6,1	2	3,1	1,3	0,2801
Zona	2,5	1	2,5	1,1	0,3040
Any*Zona	1,4	2	0,7	0,3	0,7432
Error	54,8	24	2,3		
No Reserva					
Intercept	1708,9	1	1708,9	556,2	0,0000
Any	24,3	2	12,2	4,0	0,0311
Zona	19,4	1	19,4	6,3	0,0183
Any*Zona	0,8	2	0,4	0,1	0,8819
Error	83,0	27	3,1		

Taula 13. Tests a posteriori HSD per a N desigual per a la riquesa d'espècies entre els diferents anys estudiats a l'àrea control i entre les dues zones considerades.

Any	2007	2018	2021
2007		0,0492	0,9874
2018	0,0492		0,0359
2021	0,9874	0,0359	
Zona	Es Lladó	Es Ram	
Es Lladó		0,0155	
Es Ram	0,0155		

3.2.2. La densitat de peixos demersals

La campanya de 2021 ha estat la que ha resultat en una menor densitat de peixos en tots els nivells de protecció considerats, un canvi que ha estat significatiu degut als alts valors de 2018 a les estacions d'Espardelló i de Es Dau Petit (Fig. 9 i Taules 14 i 15). A Espardelló, les espècies que van presentar més altes densitats el 2018 i que ara han minvat són la variada (78 ind./250

m²) i l'escorball (21 ind./250 m²) (Taula 16). A Es Dau Petit van ser les grans moles de variades (192 ind./250 m²) les que han minvat en l'actual campanya de 2021 (61,3 ind./250 m²), mentre que la mateixa espècie ha minvat també en gran mesura al control de Es Ram (Fig. 9 i Taula 18).

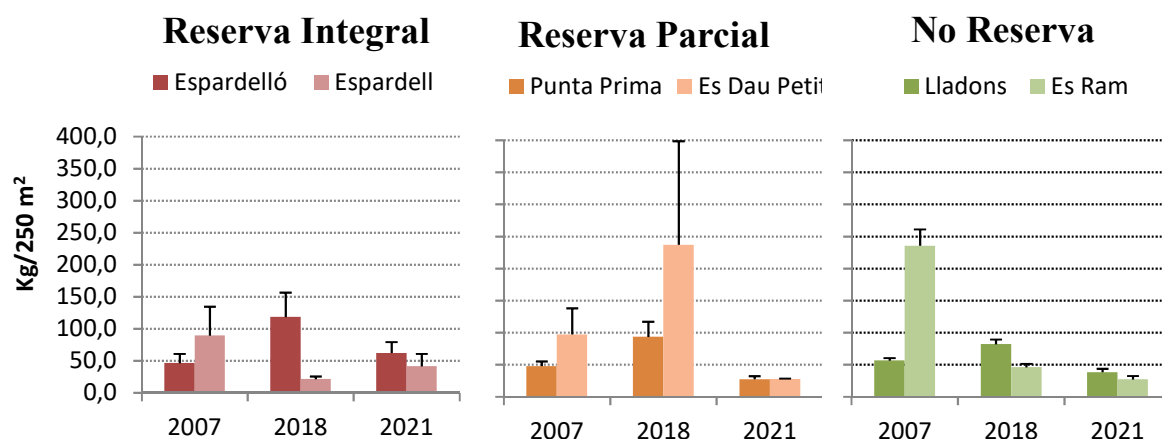


Figura 9. Evolució temporal de la densitat mitjana d'espècies vulnerables a la pesca en els tres nivells de protecció considerats i a dues zones diferents dins cada nivell.

Taula 14. A) Anàlisi de la variància per a la densitat mitjana de peixos (dades transformades amb $\log_{10}(x+1)$) i els factors: Protecció (Prot), Temps (Any) i Zona, aquest darrer encaixat dins la protecció. B) Anàlisi amb l'efecte zona incorporat (*pooling*) al terme d'error. *: interacció entre factors. SQ: suma de quadrats; GLI: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p= nivell de significança (**en vermell si significatiu; $p < 0,05$**).

A)	SQ	GLI	MQ	F	p
Intercept	233,3	1	233,3	1681,7	0,0000
Any	1,2	2	0,6	3,2	0,1120
Prot	0,1	2	0,1	0,4	0,7230
Any*Prot	0,8	4	0,2	1,0	0,4564
Zona(Prot)	0,4	3	0,1	0,7	0,5809
Any*Zona(Prot)	1,2	6	0,2	1,5	0,1823
Error	9,3	72	0,1		

B)	SQ	GLI	MQ	F	p
Intercept	250,0	1	250,0	1866,3	0,0000
Any	1,3	2	0,7	4,9	0,0095
Prot	0,0	2	0,0	0,1	0,8711
Any*Prot	0,7	4	0,2	1,3	0,2934
Error	10,9	81	0,1		

Taula 15. Tests a posteriori HSD per a N desigual per a la densitat de peixos entre els diferents anys estudiats a tots els nivells de protecció.

Any	2007	2018	2021
2007		0,6850	0,0695
2018	0,6850		0,0111
2021	0,0695	0,0111	

Taula 16. Densitat mitjana (Nombre d'individus/250 m²) i error estàndard (EE) per a totes les espècies vulnerables censades a les dues zones de la reserva integral en les campanyes de 2007, 2018 i 2021. N= nombre de transsectes.

	Espardelló						Espardell					
	2007 (N= 6)		2018 (N= 5)		2021 (N= 6)		2007 (N= 3)		2018 (N= 3)		2021 (N= 4)	
	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE
<i>A. thazard</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,8
<i>S. dumerili</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,7
<i>S. viridensis</i>	1,0	1,0	0,2	0,2	2,0	2,0	5,3	5,3	0,0	0,0	12,5	12,5
<i>D. dentex</i>	0,0	0,0	0,2	0,2	3,3	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	1,7
<i>D. puntazzo</i>	1,0	0,4	2,0	1,1	0,8	0,5	2,0	1,2	1,7	0,3	0,0	0,0
<i>D. sargus</i>	2,5	1,7	3,0	2,5	2,5	1,4	2,7	1,3	2,7	1,5	6,0	2,9
<i>D. vulgaris</i>	12,3	4,3	77,6	31,4	46,8	26,0	66,0	40,6	7,0	4,7	26,5	14,8
<i>S. cantharus</i>	8,5	3,0	8,6	4,0	8,5	8,5	11,3	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. aurata</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
<i>P. pagrus</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
<i>E. costae</i>	0,0	0,0	1,2	0,7	0,7	0,3	0,3	0,3	1,0	1,0	0,8	0,5
<i>E. marginatus</i>	1,0	0,4	2,8	1,0	2,5	0,5	1,0	1,0	2,3	0,7	2,0	0,8
<i>E. caninus</i>	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>L. merula</i>	1,0	0,4	0,2	0,2	1,0	0,6	0,7	0,7	0,0	0,0	1,5	0,6
<i>L. mixtus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>L. viridis</i>	0,2	0,2	0,0	0,0	0,5	0,3	0,0	0,0	0,3	0,3	0,5	0,3
<i>C. conger</i>	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>M. helena</i>	0,7	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,7	0,7	0,0	0,0	0,3	0,3
<i>M. rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3
<i>P. phycis</i>	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. umbra</i>	18,0	14,4	21,0	6,7	18,2	9,1	3,0	1,7	2,3	2,3	11,0	10,3
<i>S. porcus</i>	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. scrofa</i>	0,5	0,3	1,8	0,5	2,5	0,6	0,0	0,0	4,0	1,2	0,8	0,5

Taula 17. Densitat mitjana (Nombre d'individus/250 m²) i error estàndard (EE) per a totes les espècies vulnerables censades a les dues zones de la reserva parcial en les campanyes de 2007, 2018 i 2021. N= nombre de transsectes.

	Punta Prima						Es Dau petit					
	2007		2018		2021		2007		2018		2021	
	(N= 6)		(N= 6)		(N= 6)		(N= 6)		(N= 3)		(N= 3)	
	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE
<i>A. thazard</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
<i>S. dumerili</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,7	10,0	10,0	0,0	0,0
<i>S. viridensis</i>	2,3	1,7	7,5	7,5	0,0	0,0	23,3	17,9	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>D. dentex</i>	0,3	0,3	0,0	0,0	0,2	0,2	2,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>D. puntazzo</i>	0,7	0,5	2,2	0,9	0,2	0,2	2,3	0,8	4,0	2,3	1,0	0,6
<i>D. sargus</i>	4,8	1,7	11,2	1,1	7,0	1,7	4,0	1,4	15,0	8,0	7,0	7,0
<i>D. vulgaris</i>	30,7	5,7	64,3	19,1	51,0	19,0	65,0	31,6	192,3	155,2	61,3	20,1
<i>S. cantharus</i>	2,7	1,5	0,8	0,8	2,8	1,8	11,8	7,1	14,0	11,5	36,0	8,7
<i>S. aurata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,7	0,0	0,0
<i>P. pagrus</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
<i>E. costae</i>	0,2	0,2	0,8	0,4	1,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. marginatus</i>	0,8	0,3	1,5	0,4	1,2	0,5	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. caninus</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
<i>L. merula</i>	0,2	0,2	0,7	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,7	0,3	1,0	0,6
<i>L. mixtus</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
<i>L. viridis</i>	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,0	0,0
<i>C. conger</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
<i>M. helenae</i>	0,2	0,2	0,0	0,0	0,8	0,5	0,0	0,0	1,3	1,3	1,3	0,9
<i>M. rubra</i>	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>P. phycis</i>	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
<i>S. umbra</i>	6,8	2,8	12,0	6,2	3,0	1,4	12,3	6,2	8,0	3,0	6,3	4,1
<i>S. porcus</i>	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3

Taula 18. Densitat mitjana (Nombre d'individus/250 m²) i error estàndard (EE) per a totes les espècies vulnerables censades a les dues zones control no protegides en les campanyes de 2007, 2018 i 2021. N= nombre de transsectes.

	Es Lladó Petit						Es Ram					
	2007		2018		2021		2007		2018		2021	
	(N= 6)		(N= 6)		(N= 6)		(N= 6)		(N= 4)		(N= 5)	
	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE
<i>A. thazard</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
<i>S. dumerili</i>	0,3	0,3	4,2	2,5	0,3	0,3	0,0	0,0	1,5	1,5	0,0	0,0
<i>S. viridensis</i>	21,5	12,4	2,7	2,5	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>D. dentex</i>	0,5	0,5	0,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>D. puntazzo</i>	0,7	0,3	2,0	0,8	2,0	0,7	0,7	0,3	0,5	0,5	0,2	0,2
<i>D. sargus</i>	8,2	1,9	8,8	1,8	4,3	1,1	3,7	2,2	10,3	4,3	7,2	3,8
<i>D. vulgaris</i>	28,7	8,5	37,8	10,4	68,5	23,4	216,5	177,6	20,5	10,9	107,6	44,1
<i>S. cantharus</i>	1,2	0,5	1,3	0,7	3,2	2,1	3,8	2,6	0,3	0,3	8,4	5,8
<i>S. aurata</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
<i>P. pagrus</i>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. costae</i>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	1,1	0,4	0,4
<i>E. marginatus</i>	1,7	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	1,2	0,4	1,5	0,9	0,6	0,4
<i>E. caninus</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
<i>L. merula</i>	0,2	0,2	0,8	0,3	0,2	0,2	1,0	0,4	1,8	0,5	0,8	0,4
<i>L. mixtus</i>	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2	0,5	0,3	0,0	0,0
<i>L. viridis</i>	0,7	0,3	0,7	0,2	0,3	0,2	0,7	0,3	0,0	0,0	0,4	0,4
<i>C. conger</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
<i>M. helena</i>	1,0	0,4	1,3	0,7	1,0	0,3	0,0	0,0	0,5	0,3	0,2	0,2
<i>M. rubra</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
<i>P. phycis</i>	0,2	0,2	0,7	0,3	0,2	0,2	1,0	0,5	0,0	0,0	1,0	0,8
<i>S. umbra</i>	13,5	8,1	26,2	11,2	18,5	5,5	6,0	4,3	7,5	3,3	2,8	1,8
<i>S. porcus</i>	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. scrofa</i>	0,3	0,3	1,5	0,5	2,3	0,7	0,5	0,2	0,5	0,3	0,2	0,2

3.2.3. La biomassa de peixos demersals

A la figura 10 es pot observar que tant a la reserva integral com a la parcial, els valors de 2018 i 2021 són superiors als valors de la primera campanya realitzada en aigües profundes el 2007, tot i la menor biomassa estimada el 2021 respecte del 2018. Als controls s'observa un patró prou estable si exceptuam l'elevada biomassa d'Es Ram el 2007, deguda a les grans moles de variades abans esmentades. El factor any ha estat aleshores un factor significatiu que ha afectat tots els nivells de protecció i que ve condicionat pels pics de biomassa de 2018 dins la RMFEF (Taules 19 i 20).

Els valors de biomassa per al conjunt d'espècies tractades no respon a l'esperat efecte reserva (una evolució diferencial amb valors més elevats dins la reserva) (Taula 19). Ara per ara, la reserva integral mostra una mitjana de $25,4 \pm 4,7$ kg/250 m² mentre que la reserva parcial i les zones control presenten uns valors mitjans molt semblants: $20,7 \pm 3,8$ kg/250 m² i $21,1 \pm 4,8$ kg/250 m² respectivament, i l'error dels quals se solapa amb els de la reserva integral. Els fets més notables han estat, per una banda, la minva de biomassa a la reserva parcial, que en la present campanya de 2021 mostra tan sols el 50% de la biomassa observada el 2018, i que es diferencia molt poc de la del primer any d'estudi (2007: $14,1 \pm 5,0$ kg/250 m² i 2021: $17,1 \pm 2,3$ kg/250 m²). Per altra banda, cal constatar que les zones control estudiades a Pitiüses mostren uns valors superiors a la majoria de zones obertes la pesca de les Illes Balears (Coll *et al.*, 2022).

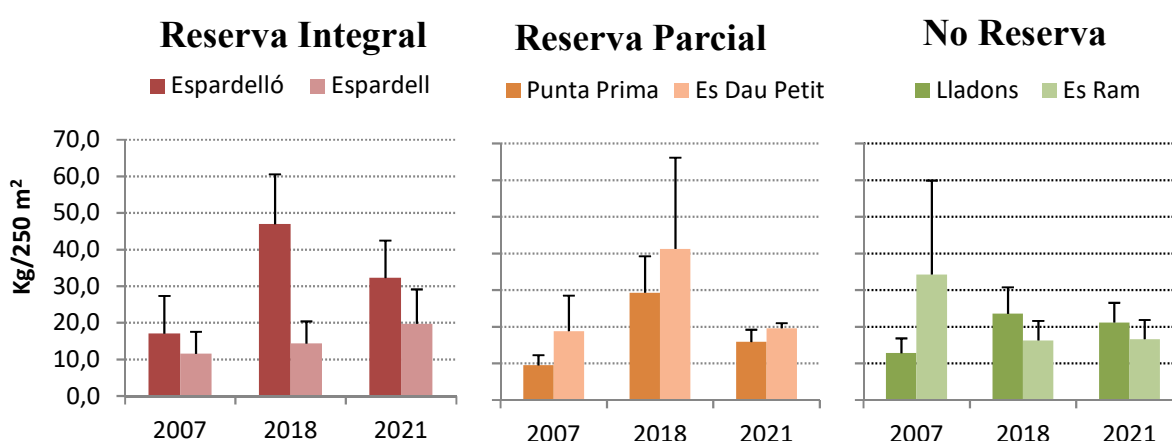


Figura 10. Evolució temporal de la biomassa mitjana d'espècies vulnerables a la pesca en els tres nivells de protecció considerats i a dues zones diferents dins cada nivell.

Taula 19. Anàlisi de la variància per a la biomassa mitjana d'espècies demersals (dades transformades amb $\log_{10}(x+1)$) i els factors: Protecció (Prot), Temps (Any) 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	120,7	1	120,7	717,3	0,0001
Any	1,4	2	0,7	13,6	0,0047
Prot	0,0	2	0,0	0,1	0,9145
Any*Prot	0,2	4	0,1	1,1	0,4205
Zona(Prot)	0,5	3	0,2	3,3	0,0937
Any*Zona(Prot)	0,3	6	0,0	0,4	0,8960
Error	9,7	72	0,1		

Taula 20. Tests a posteriori HSD per a N desigual per a la biomassa de peixos entre els diferents anys estudiats a tots els nivells de protecció.

Any	2007	2018	2021
2007		0,007	0,061
2018	0,007		0,620
2021	0,061	0,620	

A les taules 21, 22 i 23 es mostren els valors de biomassa mitjana per a totes les espècies censades en els 3 anys estudiats.

Pel que respecta a aquestes espècies, a la figura 11 es pot observar com a l'estació d'Espardelló hi ha una bona representació d'aquelles amb alt nivell tròfic des de la primera campanya (2007). Espècies com l'escorball (*S. umbra*), els diferents grans serrànids (*E. marginatus* i *E. costae*) i la roja (*S. scrofa*) assoleixen sempre més del 60% de la biomassa. Per contra, a l'estació d'Espardell s'observa una evolució d'un conjunt dominat inicialment pels *Diplodus* spp. cap a un recurs que en els darrers dos anys d'estudi està dominat per les espècies d'alt nivell tròfic esmentades abans.



Anfòs llis adult (> 50 cm) (*E. costae*) a les parets verticals d'Espardelló.
Foto: José Arribas.

Taula 21. Biomassa mitjana (kg/250 m²) i error estàndard (EE) per a totes les espècies vulnerables censades a les dues zones de la reserva integral en les campanyes de 2007, 2018 i 2021. N= nombre de transsectes.

	Espardelló						Espardell					
	2007 (N= 6)		2018 (N= 5)		2021 (N= 6)		2007 (N= 3)		2018 (N= 3)		2021 (N= 4)	
	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE
<i>A. thazard</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5
<i>S. viridensis</i>	0,6	0,6	0,1	0,1	0,6	0,6	2,1	2,1	0,0	0,0	6,9	6,9
<i>S. dumerili</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,9
<i>D. dentex</i>	0,0	0,0	0,3	0,3	12,1	12,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	1,4
<i>D. puntazzo</i>	0,2	0,1	0,6	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,7	0,2	0,0	0,0
<i>D. sargus</i>	0,8	0,6	1,3	1,1	1,0	0,7	0,4	0,2	1,3	0,7	2,5	1,3
<i>D. vulgaris</i>	1,4	0,6	12,9	5,2	6,3	4,0	6,6	3,9	0,5	0,3	2,4	1,3
<i>S. cantharus</i>	1,2	0,4	2,8	1,2	1,5	1,5	1,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. aurata</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
<i>E. caninus</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. costae</i>	0,0	0,0	1,4	0,9	1,0	0,7	0,1	0,1	1,4	1,4	0,5	0,4
<i>E. marginatus</i>	1,3	0,6	6,2	2,8	5,6	1,5	0,5	0,5	2,2	0,5	4,3	2,5
<i>M. rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>L. merula</i>	0,4	0,2	0,2	0,2	0,5	0,4	0,1	0,1	0,0	0,0	0,5	0,2
<i>L. mixtus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>L. viridis</i>	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,4	0,4	0,3	0,2
<i>C. conger</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>M. helena</i>	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>P. pagrus</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
<i>P. phycis</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. umbra</i>	10,8	9,6	19,5	7,3	12,7	7,3	1,3	1,1	3,8	3,8	8,6	8,1
<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
<i>S. scrofa</i>	0,2	0,2	2,0	0,6	2,9	0,7	0,0	0,0	4,0	1,0	0,4	0,2

Taula 22. Biomassa mitjana (kg/250 m²) i error estàndard (EE) per a totes les espècies vulnerables censades a les dues zones de la reserva parcial en les campanyes de 2007, 2018 i 2021. N= nombre de transectes.

	Punta Prima						Es Dau Petit					
	2007 (N= 6)		2018 (N= 6)		2021 (N= 6)		2007 (N= 6)		2018 (N= 3)		2021 (N= 3)	
	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE
<i>A. thazard</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
<i>S. viridensis</i>	0,4	0,2	4,2	4,2	0,0	0,0	16,6	12,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. dumerili</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,0	11,1	11,1	0,0	0,0
<i>D. dentex</i>	0,4	0,4	0,0	0,0	0,1	0,1	4,6	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>D. puntazzo</i>	0,1	0,1	0,6	0,2	0,0	0,0	0,7	0,4	1,1	0,6	0,2	0,2
<i>D. sargus</i>	1,0	0,2	2,9	0,7	2,7	1,0	1,0	0,3	4,4	2,1	1,9	1,9
<i>D. vulgaris</i>	2,7	0,8	8,3	3,1	6,5	2,6	5,9	2,8	27,9	22,7	7,9	3,0
<i>S. cantharus</i>	0,4	0,2	0,2	0,2	0,8	0,5	1,3	0,8	3,1	2,4	6,9	2,1
<i>S. aurata</i>	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>E. caninus</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
<i>E. costae</i>	0,1	0,1	0,7	0,3	1,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. marginatus</i>	1,6	0,9	4,4	1,5	2,1	1,2	0,8	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>M. rubra</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>L. merula</i>	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,4	0,2	0,4	0,2
<i>L. mixtus</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
<i>L. viridis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>C. conger</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
<i>M. helena</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,5	0,0	0,0	0,9	0,9	0,6	0,4
<i>P. pagrus</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
<i>P. phycis</i>	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
<i>S. umbra</i>	3,0	1,6	11,9	7,7	1,5	0,7	8,6	7,1	2,7	1,2	1,4	0,9
<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
<i>S. scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Taula 23. Biomassa mitjana (kg/250 m²) i error estàndard (EE) per a totes les espècies vulnerables censades a les dues zones control en les campanyes de 2007, 2018 i 2021. N= nombre de transsectes.

	Es Lladó Petit						Es Ram					
	2007 (N= 6)		2018 (N= 6)		2021 (N= 6)		2007 (N= 6)		2018 (N= 4)		2021 (N= 5)	
	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE
<i>A. thazard</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
<i>S. viridensis</i>	11,4	7,2	1,7	1,6	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. dumerili</i>	0,6	0,6	2,0	1,4	0,2	0,2	0,0	0,0	1,9	1,9	0,0	0,0
<i>D. dentex</i>	0,3	0,3	0,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>D. puntazzo</i>	0,2	0,1	0,6	0,3	0,5	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>D. sargus</i>	2,0	0,6	2,9	0,9	1,1	0,2	0,9	0,5	3,8	1,7	1,5	0,8
<i>D. vulgaris</i>	2,8	0,9	4,7	1,4	9,3	4,5	27,9	24,0	2,8	1,7	7,9	2,4
<i>S. cantharus</i>	0,1	0,1	0,2	0,1	0,6	0,4	0,9	0,6	0,0	0,0	2,2	1,4
<i>S. aurata</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
<i>E. caninus</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
<i>E. costae</i>	0,2	0,2	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	1,0	0,3	0,3
<i>E. marginatus</i>	2,1	1,1	0,1	0,1	0,3	0,3	1,3	0,4	1,7	0,8	0,9	0,6
<i>M. rubra</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
<i>L. merula</i>	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,4	0,2	0,9	0,4	0,4	0,2
<i>L. mixtus</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
<i>L. viridis</i>	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,4	0,2	0,0	0,0	0,6	0,6
<i>C. conger</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
<i>M. helena</i>	0,8	0,6	1,0	0,5	0,6	0,2	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1
<i>P. pagrus</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>P. phycis</i>	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,0	0,0	0,4	0,3
<i>S. umbra</i>	3,7	2,3	11,7	6,7	7,1	2,6	1,6	0,9	4,4	1,6	2,0	1,3
<i>S. porcus</i>	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. scrofa</i>	0,1	0,1	0,9	0,3	1,3	0,3	0,3	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2

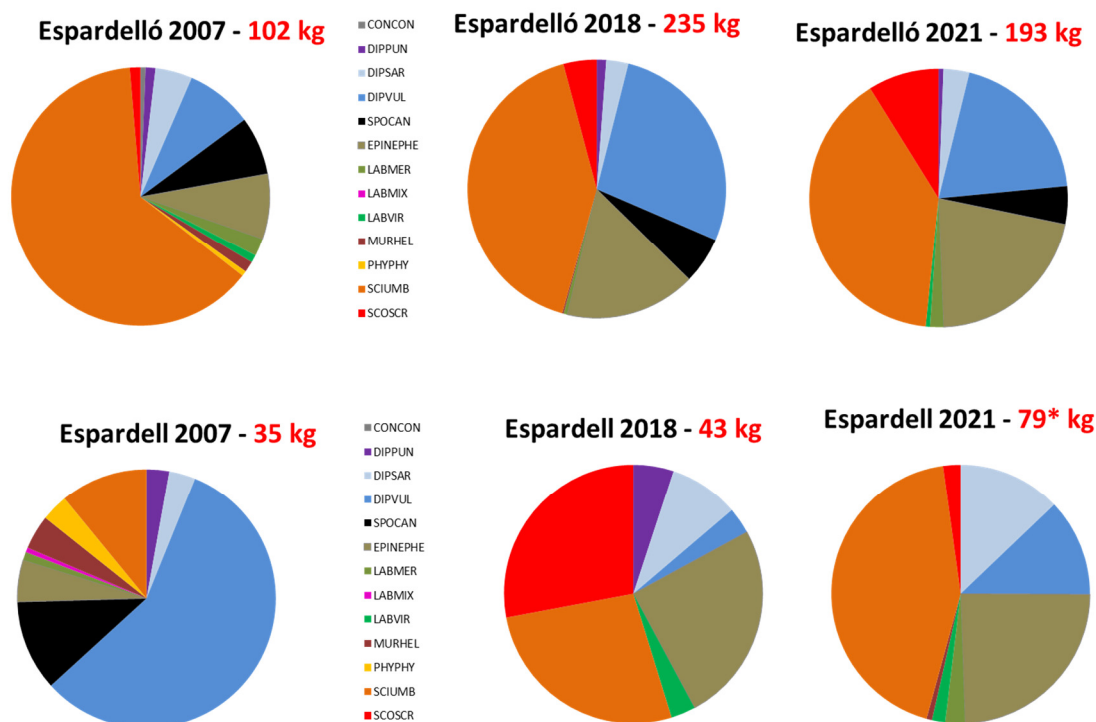


Figura 11. Composició percentual (% de cada espècie) de la biomassa total d'espècies demersals vulnerables a la pesca en les dues zones de màxima protecció als anys 2007, 2018 i 2021. *: el 2021 es van realitzar N= 4 transsectes a s'Espardell respecte dels N= 3 realitzats en anys anteriors.

3.2.4. La biomassa d'espècies amb alt nivell tròfic ($B_{NT>3,5}$)

El conjunt d'aquestes espècies mostra una tendència creixent dins la reserva integral, tot i la minva dels resultats d'Espardelló respecte del màxim de 2018 (Fig. 12). A la reserva parcial s'ha romput la tendència positiva de punta Prima entre 2007 i 2018, havent-se produït una minva dràstica de biomassa el 2021, que situa els valors en el nivell del primer any (entre 5 i 6 kg/250 m²). Amb els màxims de 2018, en general, els controls mostren una estabilitat de biomassa, sense cap tendència marcada, al voltant dels 5-10 kg/250 m². D'igual forma que amb els altres indicadors, l'any 2018 marca la diferència deguda al factor any, i no s'ha trobat un efecte reserva significatiu (Taula 24). Malgrat la biomassa de la reserva integral és elevada, aquesta no presenta una distribució homogènia entre els dos llocs estudiats. Les diferències entre Espardelló i Espardell són prou elevades, sovint del mateix ordre que les diferències entre nivells de protecció, i, sobretot, les dades presenten una gran dispersió en ambdós llocs degut a

la distribució atomitzada dels fons abruptes que serveixen de refugi a les espècies tractades (Fig. 12).

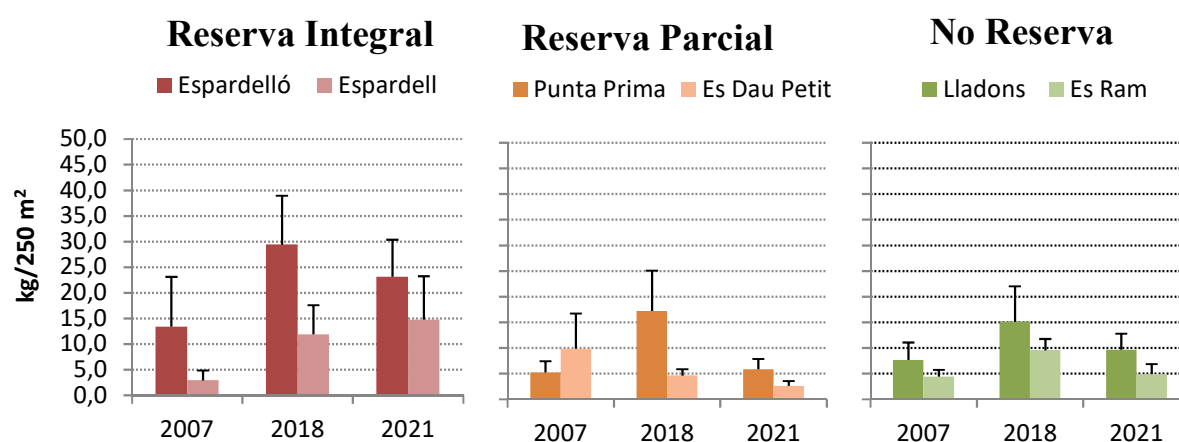


Figura 12. Evolució temporal de la biomassa mitjana d'espècies d'alt nivell tròfic en els tres nivells de protecció considerats i a dues zones diferents dins cada nivell.

Taula 24. A) Anàlisi de la variància per a la biomassa mitjana d'espècies demersals amb alt nivell tròfic (NT> 3,5) (dades transformades amb $\log_{10}(x+1)$) i els factors: Protecció (Prot), Temps (Any) i Zona, aquest darrer encaixat dins la protecció. B) Tests a posteriori HSD per a N desigual entre els diferents anys estudiats a tots els nivells de protecció *: interacció entre factors. SQ: suma de quadrats; GLI: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p= nivell de significança (**en vermell si significatiu; $p<0,05$**).

A)	SQ	GLI	MQ	F	p
Intercept	61,9	1,0	61,9	192,7	0,0008
Any	1,7	2,0	0,9	14,1	0,0043
Prot	0,8	2,0	0,4	1,3	0,3979
Any*Prot	0,9	4,0	0,2	3,8	0,0701
Zona(Prot)	1,0	3,0	0,3	5,4	0,0360
Any*Zona(Prot)	0,4	6,0	0,1	0,4	0,8675
Error	10,2	72	0,1	0,1	

B) Any	2007	2018	2021
2007		0,0023	0,1533
2018	0,0023		0,2005
2021	0,1533	0,2005	

En coneixement d'aquesta heterogeneïtat de l'hàbitat dins la reserva, cal procedir a extreure la variació de les covariables mesurades: profunditat mitjana, rugositat i pendent. A la taula 24 es pot comprovar com la rugositat és una covariable important i que afecta de forma

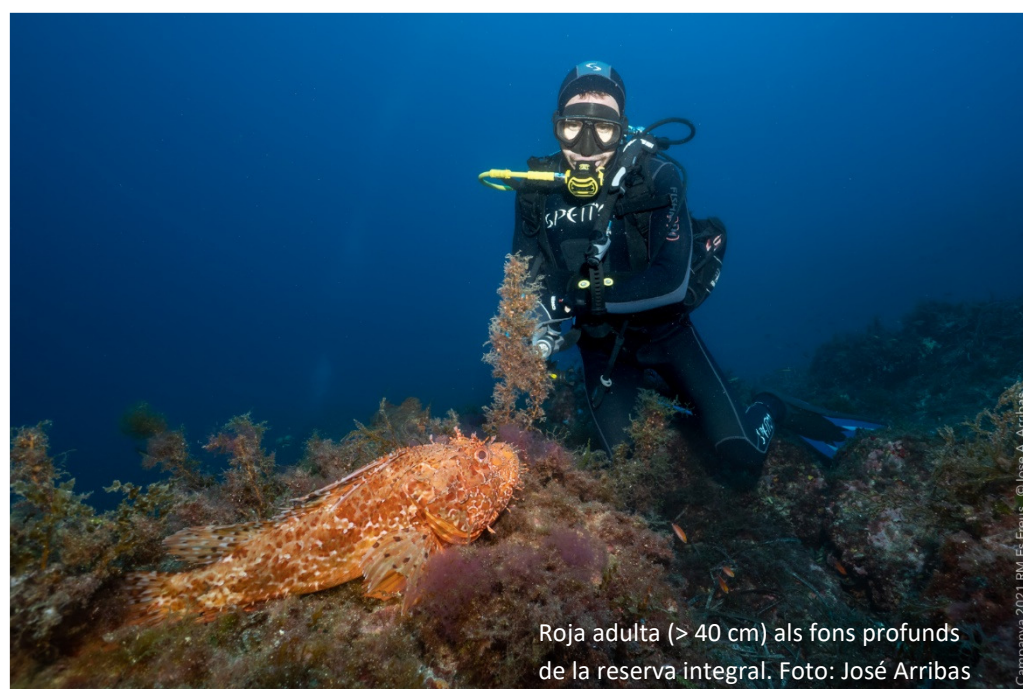
significativa a aquestes espècies. Un cop extreta la seva variació en la comparació dels altres factors, el primer resultat important és que “desapareix” l’efecte zona ($p>0,20$). Seguidament, si eliminam aquest factor de l’anàlisi (Taula 25A), mantenint les covariables d’hàbitat, es pot comprovar que els dos factors principals són altament significatius. Hi ha diferències entre anys i entre nivells de protecció. Pel que fa a l’any, sabem que el 2018 fou el de major biomassa d’espècies d’alt nivell tròfic. Pel que fa al nivell de protecció, a la taula 25B, es pot comprovar com la biomassa mitjana ($B_{NT>3,5}$) és significativament superior dins la reserva integral ($17,4\pm3,6$ kg/250 m²) respecte a la reserva parcial ($8,3\pm2,2$ kg/250 m²) però no respecte als controls ($8,6\pm1,6$ kg/250 m²). El fet que la interacció Any x Nivell de Protecció no hagi estat significativa implica que l’anàlisi s’hagi fet amb les dades de tots els anys, assumint la seva variació intrínseca, i que l’afirmació de l’efecte reserva és per al conjunt dels 3 anys estudiats i no per a un any concret.

Taula 24. Anàlisi de la covariància per a la biomassa mitjana d’espècies demersals amb alt nivell tròfic ($B_{NT>3,5}$) (dades transformades amb $\log_{10}(x+1)$) amb els factors: Protecció (Prot), Temps (Any) i Zona, aquest darrer encaixat dins la protecció; i les covariables d’hàbitat: Profunditat mitjana, rugositat i pendent. *: 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	0,06	1	0,06	0,53	0,4700
Any	1,85	2	0,92	6,29	0,0246
Prot	1,80	2	0,90	3,38	0,1676
Any*Prot	0,92	4	0,23	1,52	0,3057
Zona(Prot)	0,81	3	0,27	1,86	0,2133
Any*Zona(Prot)	0,91	6	0,15	1,27	0,2823
Prof M	0,00	0	0,00	0,01	0,9055
Rugositat	2,09	1	2,09	17,56	0,0001
Pendent	0,01	1	0,01	0,08	0,7726
Error	7,85	66	0,12		

Taula 25. A. Anàlisi de la covariància per a la biomassa mitjana d'espècies demersals amb alt nivell tròfic ($B_{NT>3,5}$) (dades transformades amb $\log_{10}(x+1)$) amb els factors: Protecció (Prot), Temps (Any), i les covariables d'hàbitat: Profunditat mitjana, rugositat i pendent. *: 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 entre nivells de protecció (HSD amb N desigual)

A)	SQ	GLL	MQ	F	p
Intercept	0,00	1	0,005	0,037	0,8472
Any	1,96	2	0,981	7,605	0,0010
Prot	1,58	2	0,789	6,115	0,0035
Any*Prot	0,74	4	0,184	1,429	0,2328
Prof M	0,00	1	0,004	0,031	0,8609
Rugositat	1,32	1	1,324	10,265	0,0020
Pendent	0,09	1	0,086	0,671	0,4154
Error	9,67	75	0,128970		
B)	R	RP	NR		
R		0,0229	0,0890		
RP	0,0229		0,8228		
NR	0,0890	0,8228			



3.2.5. Anàlisi de talles d'una espècie clau: *Sciaena umbra*

La talla mitjana d'una espècie important com és l'escorball (*Sciaena umbra*) mostra una evolució positiva i significativa amb el temps, amb un efecte reserva molt significatiu i peixos més grossos (> 37 cm) dins les zones de màxima protecció (Fig. 13 i Taula 25). Tal com ha succeït amb la biomassa, i en part degut a l'efecte de variació en les talles, la talla mitjana d'aquesta espècie ha patit una minva important a les zones de reserva parcial, segurament per l'eradicació dels exemplars més grossos. Les dades de la darrera campanya indiquen que la població d'escorballs de la reserva parcial no es diferencia de la de les zones control pel que respecta a la talla (Taula 26).

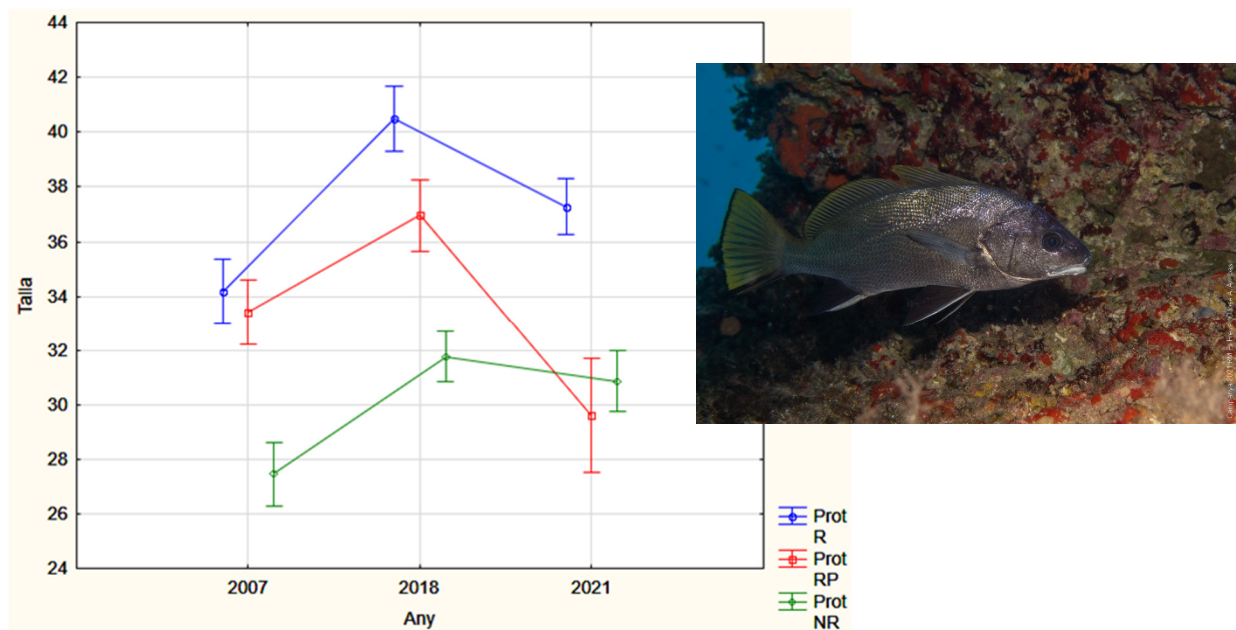


Figura 13. Evolució de la talla mitjana ($\pm$ 95% límits de confiança) d'escorball (*Sciaena umbra*) dins cadascun dels tres nivells de protecció considerats. R: reserva integral, RP: reserva parcial i NR: no reserva.

Taula 25. Anàlisi de la variància per a la talla mitjana de *Sciaena umbra* entre els diferents anys estudiats (2007, 2028 i 2021) (Any) i els tres nivells de protecció (Prot) considerats. SQ: suma de quadrats; GLI: 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	990918,8	1	990918,8	23829,8	0,000
Any	4367,4	2	2183,7	52,5	0,000
Prot	10411,5	2	5205,7	125,2	0,000
Any*Prot	1351,3	4	337,8	8,1	0,000
Error	43662,2	1050	41,6		

Taula 26. A) Anàlisi de la variància per a la talla mitjana de *Sciaena umbra* entre els tres nivells de protecció (Prot) considerats en el darrer any d'estudi (2021). B) Tests a posteriori HSD per a N desigual entre els diferents nivells de protecció. SQ: suma de quadrats; GLI: 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	229910,5	1	229910,5	8413,9	0,00
Prot	3563,3	2	1781,7	65,2	0,00
Error	8525,4	312	27,3		
Prot	R	RP	NR		
R		0,0000	0,0000		
RP	0,0000		0,5628		
NR	0,0000	0,5628			

4. DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS

Ampliant el coneixement de la reserva integral: els nous llocs d'estudi

Després d'onze campanyes de seguiment en les aigües superficials de la RMFEF, i amb 16 anys de protecció acumulats, es va concloure que les dues estacions dins la reserva integral presentaven un poblament d'espècies vulnerables que, en conjunt, mostrava símptomes de bon estat de conservació i d'una estabilitat temporal equivalent a la capacitat de càrrega del sistema. Aquesta situació permeté descriure els paràmetres i la variabilitat esperable dels indicadors de riquesa d'espècies, densitat de peixos, biomassa d'espècies demersals i biomassa d'espècies amb elevat nivell tròfic, dins un ambient que es podia prendre com a referència d'un bon estat de conservació (Coll *et al.*, 2020) (Taula 27). La passa endavant necessària per poder emprar aquests valors com a referència era anar més enllà de les dues estacions d'estudi tradicionals i ampliar la informació amb més llocs dins la reserva integral.

Taula 27. Nombre de transsectes (N), valors mitjans, desviació típica, error estàndard i límits de confiança del 95% per a la riquesa (nombre d'espècies), la densitat (nombre de peixos), biomassa d'espècies demersals (kg), i per a la biomassa d'espècies demersals d'alt nivell tròfic (NT > 3,5) (kg) a les zones de reserva integral d'Espardelló i Espardell entre 2016 i 2020. Tots els resultats estan referits a 250 m². Extret de l'informe anterior (Coll *et al.*, 2020).

	N	Mitjana	Desv. Típ	EE	LC 95% inf.	LC 95% sup.
ESPARDELLÓ						
Riquesa	54	6,0	2,1	0,3	5,4	6,5
Densitat	54	80,4	100,6	13,7	53,0	107,9
Biomassa	54	18,4	16,1	2,2	14,0	22,8
B _(NT > 3,5)	54	6,3	5,6	0,8	4,8	7,8
ESPARDELL						
Riquesa	54	6,7	1,9	0,3	6,2	7,2
Densitat	54	34,6	16,9	2,3	30,0	39,2
Biomassa	54	9,7	4,2	0,6	8,6	10,8
B _(NT > 3,5)	54	5,6	3,3	0,5	4,7	6,6

En la campanya de 2021 s'ha abordat per una banda aquest objectiu, descriure millor la variabilitat dels indicadors d'espècies vulnerables a mitjana escala espacial (cents de metres), triant estacions d'estudi que estaven separades entre si un mínim de 500m. Amb això s'ha aconseguit la descripció completa de 6 estacions addicionals dins la reserva integral.

Els primers resultats ens indiquen que els valors mitjans en aquestes 6 noves estacions encaixen dins dels límits de confiança que es van considerar com a referència a l'informe citat

(Taula 27). Per això es pot concloure que, tot i les diferències trobades entre llocs, l'efecte positiu d'haver eliminat la mortalitat per pesca es dona en major o menor mesura en tot l'espai de la reserva integral.

El cas de la riquesa d'espècies mostra fins i tot una homogeneïtat de valors entre els 6 llocs estudiats, amb $6,2 \pm 0,3$ espècies/250 m² i sense diferències significatives entre estacions. L'estabilitat d'aquest indicador, i vists els valors que presenta a altres indrets protegits, com el cas del Parc Nacional Marítim-Terrestre de l'Arxipèlag de Cabrera (Coll, 2020), o a llocs amb regulacions parcials, cas de la Reserva Natural des Vedrà, Vedranell i Illots de Ponent (Coll *et al.*, 2019), possibilita el seu ús directe com a referència.

Per altra banda, la densitat de peixos se situa en $58,9 \pm 1,1$ ind./ 250 m², el que indica que les densitats assolides a mode de capacitat de càrrega a s'Espardelló entre 2016 i 2020, i tenint sobretot en compte els seus límits de confiança (Taula 27), no són exclusives d'aquest lloc i es poden trobar a més indrets dins la reserva integral. Tot i això, es tracta d'un indicador que ha mostrat diferències significatives, amb valors màxims a la Seca i al Far d'Espardell, al nord de la reserva integral. La correcció d'aquesta comparació entre llocs amb les covariables d'hàbitat analitzades, a escala del propi transsecte, no ha esmorteït les diferències observades, per la qual cosa resulta obvi que hi ha factors d'escala superior al transsecte, o factors d'una altra casta (tròfics, hidrodinàmics) que hi entren en joc. Aquest tipus d'informació s'està tractant actualment i veurà la llum en propers informes tècnics.

La biomassa mitjana d'espècies demersals ($14,3 \pm 3,2$ kg/250 m²) a les 6 noves estacions de mostreig se situa més en la línia marcada per Espardelló com a referència que no per l'estació tradicional d'Espardell (Taula 27). Es tracta d'una biomassa elevada, molt característica i evident d'una protecció notable i efectiva. De nou les estacions situades al nord, Seca i Far d'Espardell, presenten les majors biomasses (>25 kg/250 m²), significativament superiors a altres estacions, i notablement elevades en el context de les AMPs balears (Morey *et al.*, 2020; Coll, 2020; Guidetti *et al.*, 2014). Si bé la rugositat dels transsectes mostra un efecte significatiu en la variació d'aquest indicador (Taula 6B), quan extraïem el seu efecte, les diferències entre estacions romanen molt significatives, i hem d'incidir per tant en la mateixa explicació emprada anteriorment per a la densitat.

Finalment, la biomassa d'aquelles espècies amb major nivell tròfic ha presentat un valor mitjà molt elevat ($7,3 \pm 2,2$ kg/250 m²) i amb absoluta concordança amb els valors de referència i els límits de confiança d'Espardelló (Taula 27). Tot i això, la variació dins cada estació és

força elevada, molt influïda per la rugositat, i les diferències entre estacions no han resultat significatives.

El seguiment en les aigües profundes

En el present document tècnic s'han exposat els resultats corresponents a la tercera campanya de seguiment en aigües profundes (2007, 2018 i 2021). En el conjunt d'aquestes campanyes s'han enregistrat 23 espècies d'interès pesquer, tres d'elles de caràcter epipelàgic costaner (*A. thazard*, *S. dumerili*, *S. viridensis*) i una divagant entre litoral i plataforma (*D. dentex*), essent la resta eminentment litorals de fons durs o de fons mixts de roca i alguers de *Posidonia oceanica*. El cas de la pàguera (*Pagrus pagrus*), tot i ser eminentment divagant entre litoral i plataforma, s'ha tractat en les dades de biomassa doncs s'observà que els juvenils d'aquesta espècie eren força residents en el lloc d'estudi.

L'ocurrència del conjunt d'aquestes espècies en els llocs d'estudi no ha experimentat canvis en els anys mostrejats ni entre els diferents nivells de protecció; pel què podem concloure que la riquesa mitjana no és un indicador sensible a l'efecte reserva en aquest estrat de fondària (20-25 m), trobant-se un valor general de $6,7 \pm 0,2$ espècies/250 m².

Tot i la tendència general creixent de la resta d'indicadors a la reserva integral, els valors de 2021 són inferiors als de 2018. Això es veu també de forma més accentuada a la reserva parcial. En una primera anàlisi, sense comptar amb les variables d'hàbitat, cap indicador ha presentat un efecte reserva significatiu. Tan sols l'efecte dels alts valors de biomassa trobats el 2018 han produït diferències per al factor any, i d'una forma general dins els tres nivells de gestió estudiats.

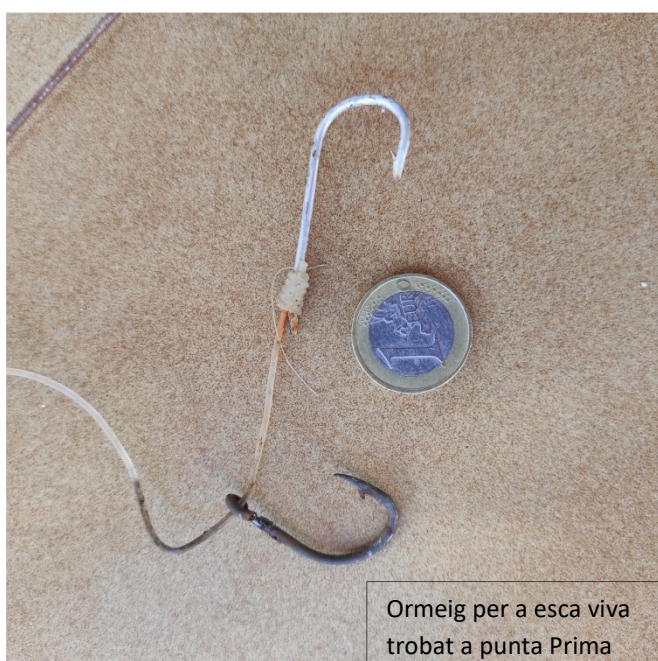
La disminució relativa de biomassa dins l'àrea de màxima protecció no resulta gens preocupant doncs creix any darrera any a l'estació d'Espardell, i és força elevada a Espardelló ($32,2 \pm 10,0$ kg/250 m²), amb uns marges de variació que se solapen amb els elevats valors de 2018, i són ben representatius de llocs protegits arreu de les Illes Balears (Morey *et al.*, 2020; Coll, 2020). Cal comentar així mateix tres aspectes d'interès per posar en context tot el procés comparatiu entre els 3 nivells de gestió:

- a) Per una banda, s'ha de destacar que les zones control emprades a Pitiüses, per a aquest i altres estudis, presenten unes poblacions de peixos en millor estat que a la resta de Balears, la qual cosa dificulta detectar l'efecte reserva d'una forma directa, *grosso modo*.
- b) Aquesta dificultat ve accentuada també per la limitació que la fondària suposa a l'hora de fer transsectes. La replicació, en termes del nombre de transsectes efectuats, és molt inferior a la que s'empra en l'estrat superficial, la qual cosa resta potència a les anàlisis estadístiques. Amb un major nombre de transsectes és molt probable que els valors de la reserva integral resultessin significatius.
- c) A aquests aspectes s'ha d'afegir la gran heterogeneïtat en la distribució dels fons abruptes dins la reserva integral. Així com el lloc d'estudi d'Espardelló presenta una cobertura relativament àmplia de blocs rocosos i esquerdes a parets verticals, que són l'hàbitat essencial de moltes espècies, l'estació al nord d'Espardell està dominada per fons de roca homogènia, sovint amb posidònia i pocs blocs.

Vists aquests aspectes a tenir en compte, i especialment el tercer, quan l'efecte de la rugositat, que ve marcada per la presència de blocs i esquerdes, se separa de l'efecte del nivell de protecció, les dades conjuntes de les tres campanyes (2007, 2018 i 2021) mostren una $B_{NT>3,5}$ significativament superior dins la reserva integral ($17,4 \pm 3,6$ kg/250 m²) respecte a la reserva parcial ($8,3 \pm 2,2$ kg/250 m²) però no respecte als controls ($8,6 \pm 1,6$ kg/250 m²). Dins la reserva integral, per tant, l'escenari és positiu i respon al nivell de protecció del què gaudeix i a la gestió que se'n fa d'aquest espai. Això es veu també amb la composició específica del gruix de la biomassa, dominada ($\approx 70\%$) tant a Espardelló com a Espardell per espècies d'elevat nivell tròfic i alt valor de mercat: anfós (*E. marginatus*), anfós llis (*E. costae*), escorball (*S. umbra*) i roja (*S. scrofa*).

Això no obstant, per primera vegada en tot el seguiment, sí que resulta preocupant la baixada de biomassa total i d'espècies d'alt nivell tròfic en la reserva parcial. Aquesta minva es produeix a més a més en les dues estacions estudiades: punta Prima i Es Dau Petit. La biomassa total d'espècies demersals se situa el 2021 ($17,1 \pm 2,3$ kg/250 m²) en valors molt semblants als de l'inici de l'estudi el 2007 ($14,1 \pm 5,0$ kg/250 m²), i minva un 48% respecte a la de 2018 ($33,2 \pm 9,9$ kg/250 m²). I la biomassa d'espècies amb major nivell tròfic del 2021 ($4,8 \pm 1,4$ kg/250 m²) se situa fins i tot per davall de la del primer any d'estudi ($7,5 \pm 3,5$ kg/250 m²). La minva més acusada es produeix a l'estació de punta Prima, amb un 75% menys de biomassa per a aquestes espècies més preuades respecte del primer any de seguiment.

Sabem que l'activitat pesquera està permesa i és freqüent a les estacions esmentades. La quantitat d'ormeigs professionals (palangró) i recreatius (*spinning*, volantí) enrocats ha estat considerable a punta Prima, però res no fa pensar que un possible increment d'esforç pesquer respecte del 2018 hagi produït una tan considerable minva del recurs sense la intervenció d'una activitat furtiva, molt probablement per pesca submarina i *jigging* (també es van trobar restes d'aquest ormeig il·legal dins la reserva). Les espècies que hi “manquen” (anfossos de mida legal i grossa, i escorballs) són especialment sensibles a la pesca amb arpó, mentre que suporten bé la pressió professional a llocs d'alta complexitat estructural (Coll, 2020), com n'és el cas dels llocs estudiats.



A la figura 12 es pot comprovar com la reserva integral presenta una talla mitjana d'escorball (*Sciaena umbra*) molt superior a la d'altres nivells de protecció, i que aquest paràmetre minva molt a la reserva parcial en el darrer any d'estudi, equiparant-se a les zones no protegides.

Aquestes constatacions obren el debat de la mida de les reserves marines, essent la dels Freus, amb 15.353 ha, una de les majors de les Illes Balears, i, conjuntament, de la capacitat real dels equips de vigilància per cobrir tot el terreny. Una cobertura que no sembla comptar amb la coordinació ni ajuda dels equips del Parc Natural de ses Salines ni de la inspecció pesquera del Consell Insular de Formentera.

5. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- 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.
- BOX, A. 2011. Informe pesques experimentals Eivissa 2011. Informe tècnic de la Direcció General de Pesca del Govern de les Illes Balears. 84 pàgines.
- CADDY J. F i R. MAHON. 1995. Reference points for fisheries management. FAO Fisheries Technical Paper. No. 347. Rome, FAO, 83 pp.
- COLL, J. 2020. 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. Novembre de 2020. 109 pàg. + Annex 12 pàg.-A3.
- COLL, J., A. GARCIA-RUBIES, G. MOREY i 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 i 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., O. NAVARRO, X. VERGER i G. MOREY. 2019. Avaluació de les poblacions de peixos vulnerables a la pesca submarina a les reserves naturals des Vedrà, es Vedranell i els illots de Ponent. Bases per a l'establiment d'un pla de conservació i d'aprofitament pesquer. Projecte de Seguiment de les Comunitats Marines d'Espais Naturals Protegits de les Illes Balears. Informe tècnic de la Direcció General d'Espais Naturals i Biodiversitat del Govern de les Illes Balears-Tragsatec, 91 pàgines.
- COLL J., G. MOREY i O. NAVARRO. 2020. La Reserva Marina dels Freus d'Eivissa i Formentera. Seguiment de les poblacions de peixos de substrat rocós en el període 2000-2020. Informe Tècnic de la Direcció General de Pesca i Medi Marí/Govern de les Illes Balears-Tragsatec. 70 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.
- GUIDETTI, P., P. BAIATA, E. BALLESTEROS, A. Di FRANCO, B. HEREU, E. MacPHERSON, F. MICHELI, A. PAIS, P. PANZALIS, A. A. ROSEMBERG, M. ZABALA & E. SALA. 2014. Large-scale assessment of Mediterranean marine protected areas effects on fish assemblages. *PLOS ONE*, 9(4) e91841.

GREENE L. E., ALEVIZON W. S. 1989. Comparative accuracies of visual assesment methods for coral reef fishes. *Bulletin of Marine Science* 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.

LUCKHURST B. E I K. LUCKHURST. 1978. ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF SUBSTRATE VARIABLES ON CORAL REEF FISH COMMUNITIES. *Marine Biology* 49: 317-323.

McCLANAHAN, T. R. 2018. Community biomass and life history benchmarks for coral reef fisheries. *Fish and Fiheries*, 19:471-488

McCLANAHAN, T.R., N. A. J. GRAHAM, J. M. CALNAN and M. A. MacNEIL. 2007. Toward pristine biomass: Reef fish recovery in coral reef marine protected areas in Kenya. *Ecological Applications*, 17: 1055-1067.

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

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. *Marine Ecology Progress Series* 612: 167-192.

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.

MORANTA, J., M. PALMER, G. MOREY, A. RUIZ & B. MORALES-NIN. 2006. Multi-scale spatial variability in fish assemblages associated with *Posidonia oceanica* meadows in the Western Mediterranean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 68: 579-592.

MOREY G., COLL J., NAVARRO O., VERGER F. I M. POZO. 2020. Les reserves marines de l'illa del Toro i les illes Malgrats. Seguiment de les espècies íctiques vulnerables sobre substrat rocós. Juliol de 2020. Direcció General de Pesca i Medi Marí/Govern de les Illes Balears – Tragsatec. 134 pàgines.

MOREY, G., J. MORANTA., E. MASSUTI, A. GRAU, M. LINDE, F. RIERA & 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 i A. M. GRAU. 2005. Variations in a shallow rocky reef fish community at different spatial scales in the western Mediteranean Sea. *Marine Ecology Progress Series* 304: 221-233.

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.

