



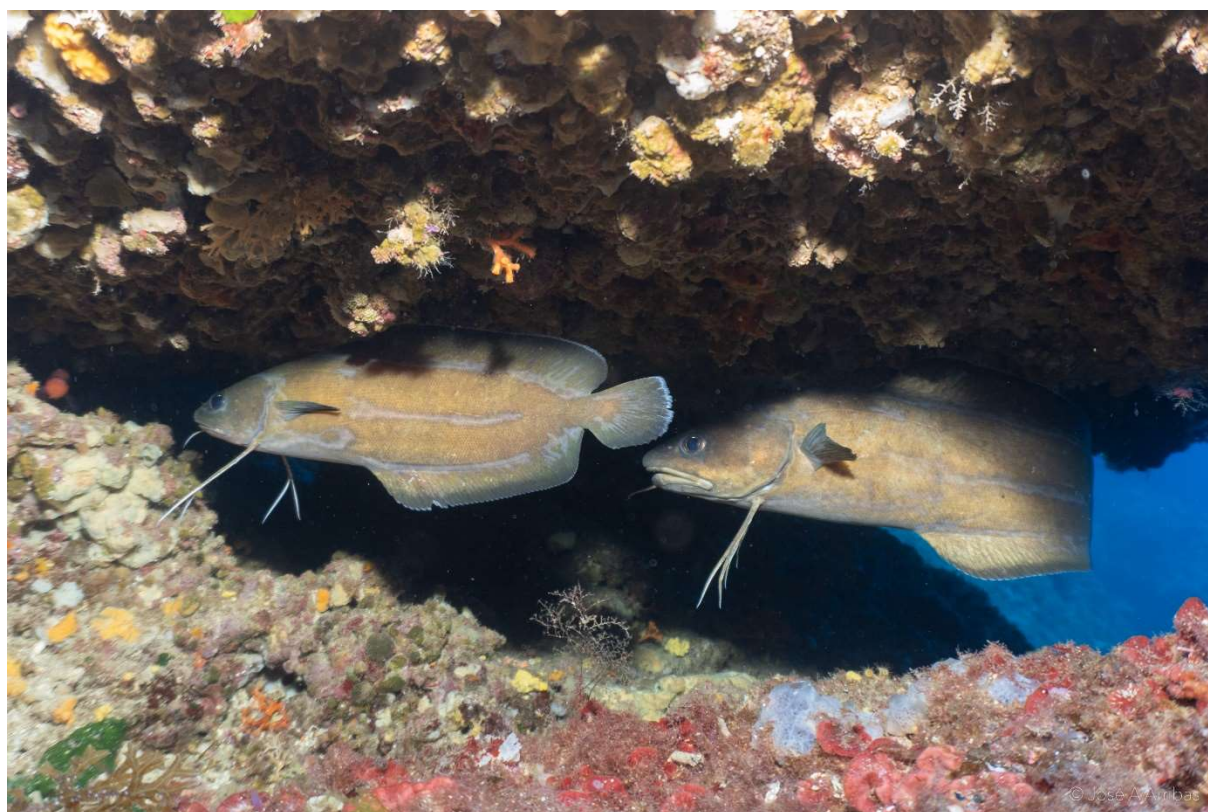
**Govern de les  
Illes Balears**

Conselleria d'Agricultura,  
Pesca i Medi Natural



## **La Reserva Marina de la costa nord-est d'Eivissa- Tagomago (RMNEET). Seguiment de les poblacions de peixos d'interès pesquer sobre hàbitats rocosos.**

**Resultats de la tercera campanya de seguiment (Octubre de 2023)**



**Autors: Josep Coll<sup>1</sup>, Oliver Navarro<sup>2</sup>, Maria Arpa-Vila<sup>1</sup>, Gabriel Morey<sup>1</sup> i Joan Palmer<sup>1</sup>**

**1: Tragsatec. 2: Irfap**

**Foto de portada:** mòlles de roca *Phycis phycis* a Tagomago. Autor: Jose Arribas

**Citar com:**

**Coll, J. O. Navarro, M. Arpa-Vila, G. Morey i J. Palmer. 2023.** La reserva marina de la costa nord-est d'Eivissa-Tagomago (RMNEET). Seguiment de les poblacions de peixos d'interès pesquer sobre hàbitats rocosos. Informe tècnic per a la Direcció General de Pesca del Govern de les Illes Balears. Tragsatec. 61 pàgines.

# ÍNDIX

Resum Executiu	Pàg. 1
1. INTRODUCCIÓ	Pàg. 3
2. ÀREES D'ESTUDI I METODOLOGIA	Pàg. 5
3. RESULTATS	Pàg. 14
3.1. Les espècies i la riquesa	Pàg. 14
3.2. La densitat de peixos demersals	Pàg. 20
3.3. La biomassa d'espècies demersals	Pàg. 30
3.4. La biomassa d'espècies d'alt nivell tròfic	Pàg. 41
3.5. Les distribucions de talles	Pàg. 45
4. DISCUSIÓ I CONCLUSIONS	Pàg. 54
5. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES	Pàg. 58



## RESUM EXECUTIU

L'octubre de 2023 s'ha realitzat la tercera campanya de seguiment dels peixos que habiten els fons rocosos de la Reserva Marina del nord-est d'Eivissa-Tagomago (RMNEET). Aquesta reserva marina d'interès pesquer es va declarar el desembre de 2018, i les campanyes de censos visuals amb escafandre autònom es van realitzar quan la reserva comptava amb dos (2020), tres (2021) i cinc (2023) anys de protecció. En els anteriors informes tècnics quedava palès un canvi generalitzat en la contribució de les diferents espècies de la comunitat de peixos dins la reserva marina envers zones control obertes a la pesca. Es tractava d'una indicació incipient dels efectes de la protecció, que no va ser significativa encara quan es van tractar indicadors sintètics com són ara la riquesa d'espècies (S), la densitat d'espècies nectobentòniques o demersals (Dnb), la biomassa d'aquestes espècies (Bnb), i la biomassa d'espècies d'elevat nivell tròfic ( $B_{NT>3,5}$ ).

La campanya de 2023 s'ha centrat en avaluar aquests indicadors i les distribucions de talles de les espècies més abundants. A tal efecte, un equip de 4 biòlegs-bussejadors científics van realitzar 48 transectes de 50x5 m (250 m<sup>2</sup>), invertint 20 hores d'immersió i prospectant 12.000 m<sup>2</sup> de fons marí. La hipòtesi principal de treball va ser l'efecte del temps acumulat de protecció sobre els indicadors esmentats anteriorment en funció del nivell de protecció i de la profunditat. Els nivells de protecció en les aigües superficials (5-15 m) van ser tres: RI (reserva integral), RP (reserva parcial) i NR (zones control no protegides). A les aigües profundes (18-28 m) no es van trobar àrees prou extenses per ubicar un mínim de N= 3 transectes dins la RP. Per tant, l'anàlisi es va restringir en confrontar dos nivells de protecció: RI vs NR. Dins cada nivell de protecció es van triar dues zones/estacions que fossin representatives de l'hàbitat principal de les espècies a estudiar.

En el còmput de les tres campanyes s'han censat 19 espècies d'interès pesquer, tres de les quals: la cirviola *Seriola dumerili*, l'espet *Sphyræna viridensis* i el déntol *Dentex dentex* s'han tractat tan sols a efectes de la biodiversitat de l'àrea d'estudi, amb l'indicador S. De forma general, és important discernir entre els valors absoluts de riquesa, densitat i biomassa acumulats a tots els censos realitzats, i que sempre han estat superiors dins la RMNEET, i l'anàlisi de la mitjana d'aquests indicadors, que té en compte la dispersió espacial de les dades degut a la heterogeneïtat de l'hàbitat. Del conjunt de 8 casos possibles (4 indicadors x 2 fondàries), s'ha detectat un efecte significatiu de la reserva en la meitat dels casos.

En primer lloc hi ha un increment significatiu de la S mitjana en les aigües superficials, que ha augmentat un 50% tant a RI com a RP en els cinc anys de protecció. En les aigües profundes la riquesa també és superior dins RI però des del començament de l'estudi, el que implica que ja hi degué haver un canvi en els anys previs al primer mostreig (2019 i bona part del 2020).

Pel que fa a la densitat de peixos (Dnb), s'ha observat un increment en els dos estrats de fondària que tan sols és significatiu a major profunditat. En aquest estrat profund, la densitat a RI el 2023 (70 ind./250 m<sup>2</sup>) ha estat tres vegades superior (x3,2) respecte de la densitat a NR (22 ind./250 m<sup>2</sup>) com a conseqüència d'un efecte significatiu del temps de protecció.

La biomassa de peixos (Bnb) a l'estrat superficial ha respost també de forma significativa tant a la protecció integral o total (RI) com a la reserva parcial (RP). Dins RP la biomassa se situa ara en 8,0 kg/250 m<sup>2</sup>, una xifra que supera el llindar de 4-5 kg/250 m<sup>2</sup> que caracteritza les àrees obertes a la pesca del litoral balear (Coll, 2022). Dins RI es dona una forta divergència a mitjana escala espacial, amb 20,6 kg/250 m<sup>2</sup> a la zona 1 i amb 8,0 kg/250 m<sup>2</sup> a la zona 2. En conjunt i

degut a l'efecte del temps de protecció, en el 2023 la RI mostra quatre vegades ( $\times 3,9$ ) més biomassa que les zones control ( $3,6 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$ ). En l'estrat profund i per a un mateix nombre de transectes ( $N=8$ ), la RI ha acumulat  $134 \text{ kg}$  de biomassa d'espècies demersals en front dels  $46 \text{ kg}$  a les zones control, que són zones d'alt potencial biològic (Cap Nunó i Ses Margalides). Tot i això, i degut a la desigualtat de resposta entre zones/estacions, i a l'heterogeneïtat de l'hàbitat, aquesta biomassa no es distribueix prou homogèniament en l'espai de la reserva per poder dir que la mitjana ( $16,7 \pm 4,8 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$ ) és significativament superior respecte a les zones control ( $5,8 \pm 1,5 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$ ).

El quart indicador analitzat ( $B_{NT>3,5}$ ) no ha evolucionat de forma significativa amb el temps ni a les aigües superficials ni a les profundes degut a la ja esmentada divergència de resposta entre les zones/estacions 1 i 2 de RI. La zona 1 ha experimentat un augment en ambdues fondàries, però a la zona 2 aquest indicador ha fins i tot minvat entre 2020 i 2023 a les dues fondàries estudiades. En aquest aspecte, que podem qualificar de negatiu, hi té molt a veure la baixa contribució d'una espècie bandera de l'efecte reserva, l'anfós *Epinephelus marginatus*. Aquesta espècie sol contribuir en una bona proporció de la biomassa en les reserves marines consolidades, i es característica d'estadis avançats de la successió ecològica que brinda la protecció (Sala, 2004; Reñones *et al.*, 2012; Sandín i Sala, 2012). Extraient les dades de la Xarxa Balear d'AMPs amb un temps acumulat de protecció equivalent al de la RMNEET (dades de Sa Dragonera, Malgrats, El Toro i PN de Cabrera), s'ha observat que el coeficient de recuperació anual de l'anfós en els primers cinc anys de protecció és major (0,99) que quan s'inclouen les dades de la RMNEET (0,56).

Per altra banda, i de forma general dins la reserva marina, integrant les dades de les dues zones/estacions d'estudi de cada nivell de protecció s'ha observat un increment de la talla mitjana de 4 espècies: la variada *Diplodus vulgaris*, el sard *D. sargus*, la morruda *D. puntazzo* i la corba/escorball *Sciaena umbra*. De fet, els trets demogràfics d'aquestes espècies dins la RI justifiquen la raó de ser de les àrees de màxima protecció. A partir dels llistats de talla de primera maduresa sexual publicats a la literatura científica, s'ha descrit que el 94% dels sards, el 58% de les variades i el 90% dels escorballs tenen talla reproductora dins les aigües superficials de RI. A les aigües profundes, els percentatges per a aquestes espècies són respectivament del 88%, 70% i 97%.

Els resultats es poden considerar, en general, positius, amb molt marge de millora a les zones que han mostrat valors baixos dels indicadors. Com es va manifestar a l'informe anterior per part de la Universitat de Múrcia, seria aconsellable augmentar la intensitat i, sobretot, l'efectivitat de la vigilància en aquesta àrea de la costa nord-est d'Eivissa, essent conscients també que els 5 anys transcorreguts suposen tan sols entre un 15 i un 20% del temps necessari per assolir valors d'un ecosistema madur (Garcia-Rubies *et al.*, 2013; Rojo *et al.*, 2021a, Arpa *et al.*, 2023) un cop assolida la capacitat de carga del sistema (Coll *et al.*, 2012, 2013).

## 1. INTRODUCCIÓ

La reserva marina de la costa nord-est d'Eivissa-Tagomago (RMNEET) va ser creada pel Decret 45/2018 de 14 de desembre (BOIB Núm.157 de 15 de desembre de 2018), responent a la demanda de la Confraria de Pescadors d'Eivissa i als ajuntaments de Sant Joan de Labritja i de Santa Eulària des Riu. Aquesta demanda partia de la constatació recurrent sobre la minva dels rendiments pesquers per part de la flota d'arts menors, ja entrada la segona dècada del s. XXI, i en la manca de control per fer complir la normativa pesquera en la costa nord d'Eivissa. El Consell Insular d'Eivissa (CIE), a través del Departament de Medi Ambient, Medi Rural i Marí, va realitzar un exhaustiu informe tècnic sobre la qualitat i idoneïtat dels fons marins situats entre els illots de Santa Eulària i la punta des Moscarter, així com una descripció acurada dels *métiers* pesquers professionals i recreatius, dels seus rendiments, i avaluacions dels recursos independents de la pesca mitjançant censos directes amb escafandre autònom (Box, 2017).

En aquest estudi es van enregistrar fins a 8 tipus de pesca amb diferents espècies objectiu (*métiers*) per part de la flota d'arts menors, i una intensa pesca recreativa de volantí, curricà i pesca submarina. Pel que fa a la pesca recreativa es van enregistrar fins a 12 modalitats diferents, algunes de les quals, segons l'estudi, compartien espècies objectiu amb la pesca professional: el cap-roig o roja *Scorpaena scrofa*, el gall *Zeus faber*, la cirviola *Seriola dumerili*, i els grans serrànids (*Epinephelus costae*, *E. marginatus* i *Mycteroperca rubra*).

De l'estudi, apart de la valuosa informació de base sobre rendiments i estimes de biomassa, cal ressaltar la gran diversitat d'hàbitats (mapa bionòmic del MAGRAMA) i la variabilitat de rendiments observada entre estacions d'estudi, tant a petita (cents de metres) com a major escala espacial (milers de metres), demostrant una vegada més la gran complexitat de l'ecosistema litoral mediterrani (Garcia-Charton *et al.*, 2004; Guidetti *et al.*, 2014; Coll *et al.*, 2020). Emprant aquest estudi com a base de discussió, hi hagué un gran procés participatiu entre tècnics, pescadors professionals i altres usuaris (pescadors recreatius i bussejadors) que finalitzaren amb la delimitació actual de la RMNEET, entre els illots de Santa Eulària, Tagomago i la punta de cala Jonc. Una àrea marina de 3.996 ha de les quals 228 (6%) són reserva integral.

Seguint amb la dinàmica establerta per la Direcció General de Pesca del Govern de les Illes Balears després de la declaració de les tres primeres reserves marines d'interès pesquer el 1999 (Reserva Marina de la Badia de Palma, Reserva Marina del Nord de Menorca, i Reserva Marina dels Freus d'Eivissa i Formentera), i del que disposa l'article 8 (punt 8) de la Llei de Pesca de



les Illes Balears (BOIB Núm. 156 de 13 de novembre de 2013), s'inicià un projecte de seguiment dels recursos íctics de fons rocosos mitjançant mètodes directes independents de la pesca (censos visuals amb escafandre autònom).

La primera part del projecte es desenvolupà els anys 2020 i 2021 per part de l'equip del Departament d'Ecologia i Hidrologia de la Universitat de Múrcia (UMU). Les primeres campanyes de censos que es realitzen a una reserva marina solen invertir un esforç extra, censant tot el poblament de peixos, que inclou tant espècies d'interès pesquer com d'altres que no ho són. Al darrer informe tècnic, Garcia-Charton *et al.* (2021) mostren un llistat de 51 espècies de peixos de 16 famílies diferents. I centrant-se en 19 espècies que sí eren vulnerables a la pesca, van obtenir uns resultats incipients dels efectes de la protecció. Aquests resultats es van concretar en el diferent percentatge (en nombre de peixos o en biomassa) que cada espècie aporta al conjunt entre les zones protegides i les zones control, amb una dissimilitud del 60-70% entre ambdues.

Tot i aquestes diferències entre els poblaments de peixos, quan es tenia en compte la importància relativa de cada espècie dins el conjunt no es van trobar diferències significatives, demostratives de l'efecte reserva, per a indicadors importants com ara la biomassa acumulada (suma de totes les espècies d'interès pesquer), la densitat de peixos i la riquesa d'espècies.

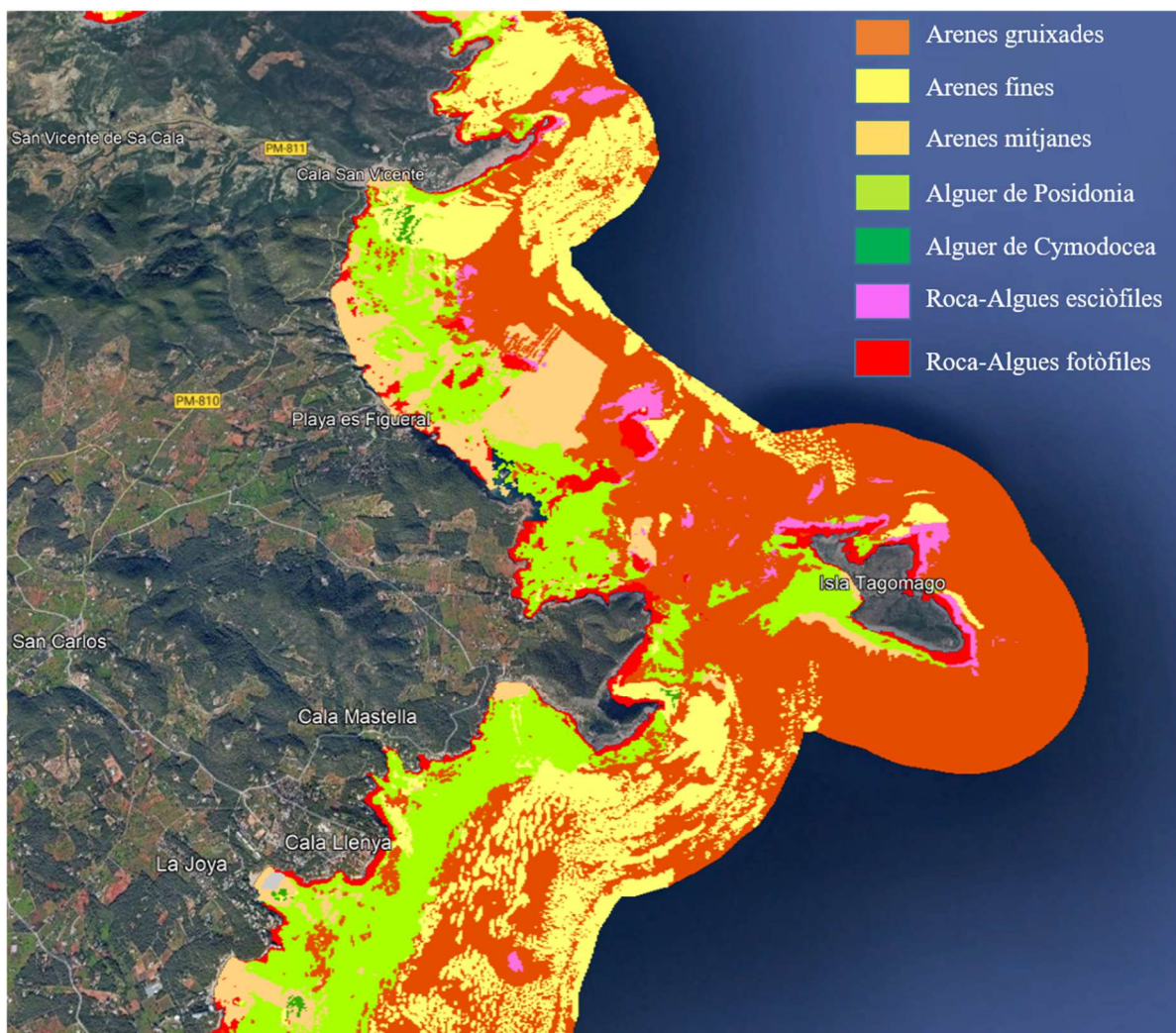
El 2023, cinc anys després de la declaració de la reserva, s'ha repetit el mostreig, centrant-se aquesta vegada, tan sols, en les espècies d'interès pesquer i constituint així la tercera campanya de seguiment dels recursos íctics. El present informe tècnic en descriu els resultats obtinguts i els contextualitza en el marc dels resultats obtinguts a la Xarxa Balear d'AMPsen els darrers 25 anys, i, especialment, del conjunt de les 12 reserves marines d'interès pesquer amb les què compta ara per ara la Comunitat Autònoma de les Illes Balears ([https://www.caib.es/sites/reservesmarines/ca/les\\_reserves\\_marines\\_a\\_les\\_illes\\_balears-850/](https://www.caib.es/sites/reservesmarines/ca/les_reserves_marines_a_les_illes_balears-850/)).



## 2. ÀREES D'ESTUDI I METODOLOGIA

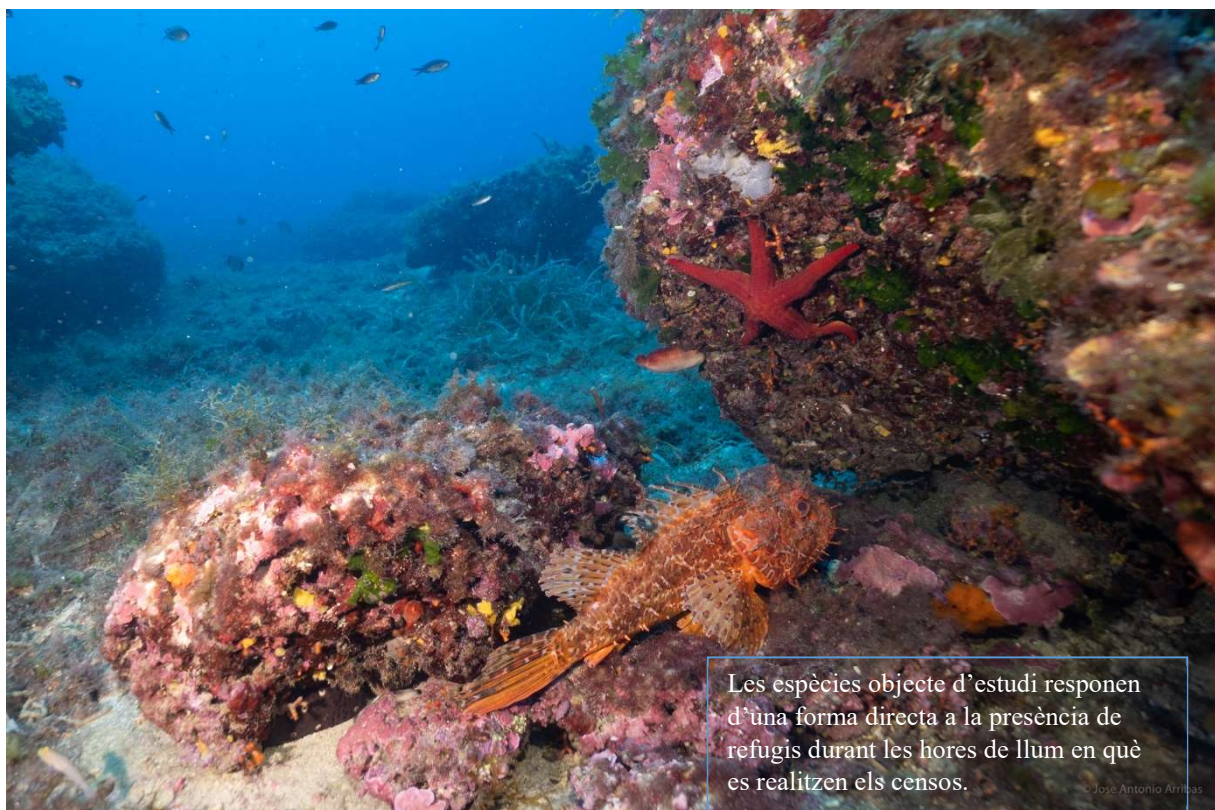
### 2.1. Àrees d'estudi i disseny de mostreig

La gran complexitat del sistema litoral de les Illes Balears es mostra en el seu major grau a les costes rocoses penya-segades, com n'és el cas de les del nord d'Eivissa. El mapa bionòmic del MAGRAMA (Fig. 2.1) es tradueix en un mosaic d'hàbitats bentònics que històricament ha condicionat els diferents *métiers* de la pesca d'arts menors a Eivissa. Un art o ormeig no pot pescar de forma aleatòria en aquest mosaic. Les pesqueres s'ubiquen perfectament en l'espai, i són diferents entre sí en la seva topografia, diversitat i productivitat (Stobart *et al.*, 2012; Box, 2017).



**Figura. 2.1.** Mapa bionòmic de l'àrea litoral (< 50 m) de la Reserva Marina del nord-est d'Eivissa-Tagomago.

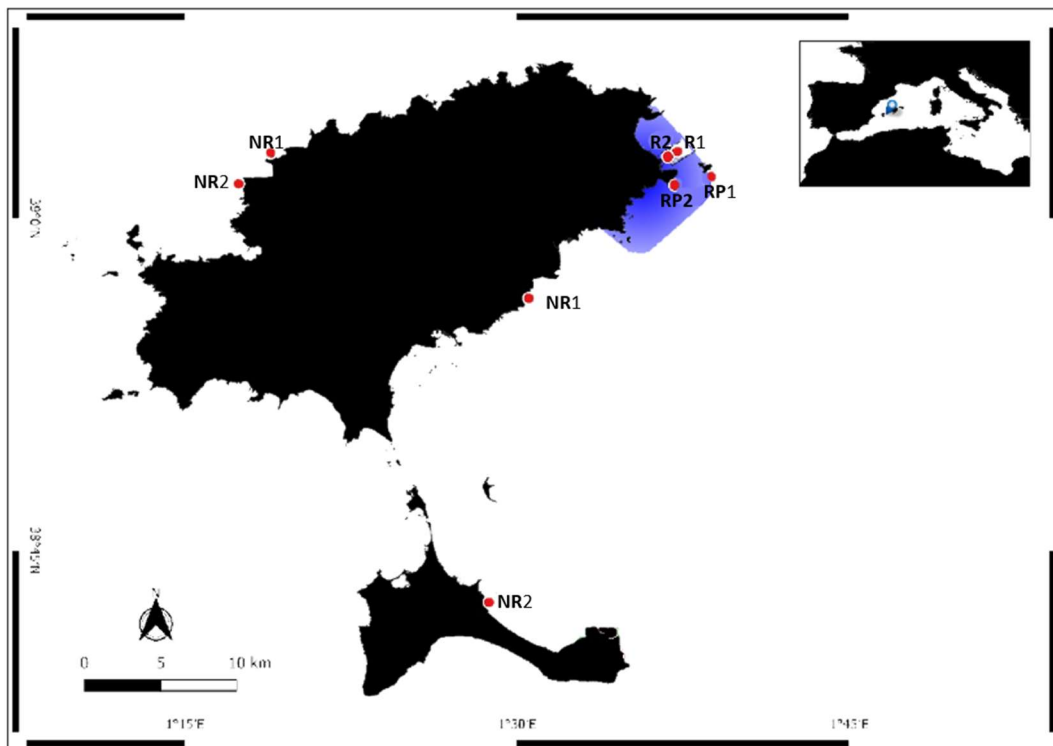
Aquest patró en mosaic s'acompleix també, fins i tot, si estratificam el mostreig dins hàbitats eminentment rocosos. A més a més, la llista d'espècies objecte d'estudi condiciona que l'hàbitat rocós a mostrejar tingui una complexitat topogràfica de grau mitjà-alt, fora de la qual no es trobarien moltes de les espècies d'interès (veure apartat 2.2); una constatació que té les seves raons biològiques a nivell específic, i que ve condicionada a escala evolutiva, principalment, per la necessitat de refugi (Caddy, 2008), i també pel tigmotropisme i la disponibilitat d'aliment (Freon i Dagorn, 2000; Rojo *et al.*, 2021a).



L'objecte d'aquest estudi és esbrinar els efectes que els diferents nivells de protecció (RI i RP) de la RMNEET tenen sobre els recursos íctics. Per tal d'evitar el que es denomina com a pseudoreplicació (Underwood, 1997), que seria confondre l'efecte que es vol esbrinar amb les característiques particulars i singulars d'un lloc concret, dins cada nivell de protecció s'han seleccionat dues zones/estacions d'estudi. En coneixement de que la fondària juga un paper fonamental en la distribució de les espècies a mesura que creixen (MacPherson, 1998; Reñones *et al.*, 2012), es van seleccionar dos estrats de fondària. L'estrat superficial, entre -5 i -15 m de profunditat; i l'estrat profund, entre -18 i -28 m. A més a més, incidint en la complexitat de l'àrea, i després d'una campanya d'identificació prèvia de zones adients, realitzada l'octubre de

2020 conjuntament amb el Consell Insular d'Eivissa (CIE), no es van trobar zones profundes amb suficient extensió ( $\approx 1.000 \text{ m}^2$ ) dins l'àrea de protecció parcial de la reserva marina.

Finalment, les zones o estacions d'estudi són definitivament les mateixes que l'equip de la UMU va estudiar en els anys 2020 i 2021. En l'estrat superficial, dues estacions, R1 i R2 a la reserva integral, dues estacions, RP1 i RP2, a l'àrea de protecció parcial, i dues estacions, NR1 i NR2, a zones no protegides preses com a control. En l'estrat profund s'han estudiat dues estacions dins la reserva integral, R1 i R2, i dues estacions control, NR1 i NR2. La ubicació, toponímia i coordenades geogràfiques d'aquestes zones/estacions es mostren a la taula 2.1 i a la figura 2.2.



**Figura 2.2.** Distribució de les zones/estacions de mostreig. Dins la RMNEET hi ha 6 estacions. La R1 i R2 dins la reserva integral (RI) en l'estrat superficial coincideixen geogràficament amb les profundes (també R1 i R2 i que per motius d'escala es representen allà mateix). RP1 i RP2 són les estacions de reserva parcial superficials (no hi ha estacions profundes a RP). Les zones control superficials es distribueixen entre l'est d'Eivissa (NR1) i el nord-est de Formentera (NR2) i les zones control profundes es troben al nord-oest d'Eivissa (NR1 i NR2) (veure coordenades a la Taula 2.1).



**Taula 2.1.** Toponímia i coordenades geogràfiques de les diferents zones/estacions de mostreig a la RI i RP de la RMNEET i a les zones control en els estrats de fondària superficial i profund (sistema de referència WGS84).

Localitat	Llegenda	Nivell de protecció	Estrat fondària	Latitud	Longitud
Llosa des Figueral	R1	Reserva Integral	5-15 m	39,05035°	1,62080°
ses Eres Roges	R2	Reserva Integral	5-15 m	39,04628°	1,61355°
Llosa des Figueral	R1	Reserva Integral	18-28 m	39,05003°	1,62114°
ses Eres Roges	R2	Reserva Integral	18-28 m	39,04616°	1,61569°
Tagomago SW	RP1	Reserva Parcial	5-15 m	39,03135°	1,64625°
Cap Roig	RP2	Reserva Parcial	5-15 m	39,02508°	1,61888°
Salt d'en Serra	NR1	No Reserva	5-15 m	38,93965°	1,50905°
Sud punta Prima	NR2	No Reserva	5-15 m	38,71080°	1,47915°
Ses Margalides	NR1	No Reserva	18-28 m	39,04905°	1,31468°
Cap Nunó	NR2	No Reserva	18-28 m	39,02795°	1,28934°

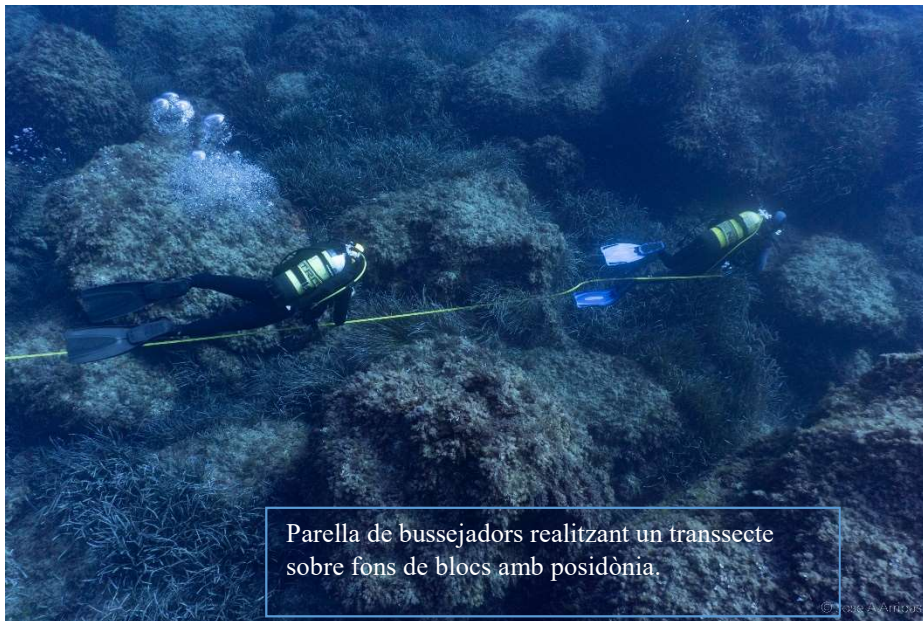
## 2.2. La presa de dades i les espècies objecte d'estudi

La unitat de mostreig utilitzada durant els censos visuals va ser el transecte de 50x5 m, per la qual cosa tots els resultats estan referits a una àrea de 250 m<sup>2</sup>. El nombre de transectes per estació va variar entre N= 4 i N= 6, depenent de l'extensió de l'àrea rocosa i de la fondària (menys temps de residència en el fons a major fondària). En la campanya d'octubre de 2023 s'han realitzat un total de 48 transectes, representant una àrea total de 12.000 m<sup>2</sup>. Una vegada els bussejadors se situaven a la zona d'estudi, tots els transectes es van distribuir a l'atzar sobre substrats rocosos dins cada estrat, ja fora superficial o profund. Tots els transectes es van separar per una distància mínima de 20 m per tal d'evitar casos d'autocorrelació espacial (Ordines *et al.*, 2005), que també va ser testada *a posteriori* en les anàlisis estadístiques.

Els censos es van dur a terme per parelles de bussejadors, un dels quals avançava en primer lloc estenent una cinta mètrica sobre el fons mentre censava les espècies de peixos més mòbils. El segon bussejador anava darrere inspeccionant els caus en busca de les espècies més críptiques.

Ambdós bussejadors censaren un conjunt de peixos amb les característiques de ser espècies de substrat rocós i objectiu de la pesca professional, submarina i recreativa de superfície. Aquest grup reduït d'espècies d'estudi millora considerablement l'exactitud del cens, tal com Greene i Alevizon (1989) demostraren amb l'anomenat *Discrete Group Censusing*. Aquesta tècnica, alhora, consumeix menys temps i permet un major nombre de rèpliques comparat amb un cens on es considera tot el poblament íctic (totes les espècies presents).

Sobre cadascun dels transectes s'identificaren les espècies objectiu i s'enregistrà el nombre d'individus observats juntament amb una estima de la seva talla. Les espècies vulnerables a la pesca observades als transectes es van poden agrupar dins de les categories espacials 1, 3, 5 i 6 de les sis definides per Harmelin (1987) (Taula 2).



**Taula 2.** Exemples de les diferents espècies enregistrades en els censos visuals, les quals estan incloses dins les categories espacials 1, 3, 5 i 6 de Harmelin (1987).

<b>Categoria Espacial</b>	<b>Definició</b>	<b>Exemples</b>
1	Espècies molt mòbils, generalment diürnes i que poden viuen en bancs. Macrocarnívores.	Cirviola ( <i>Seriola dumerili</i> ) Espet ( <i>Sphyraena viridensis</i> ) Palomida ( <i>Lichia amia</i> )
3	Espècies nectobentòniques o demersals, mesòfagues i macròfagues, amb desplaçaments horitzontals i verticals moderats, cas dels <i>Diplodus</i> spp., i de major abast els altres gèneres. Presenten una activitat bàsicament diürna i mostren una marcada fidelitat per zones determinades.	Morruda ( <i>Diplodus puntazzo</i> ) Sard ( <i>Diplodus sargus</i> ) Variada ( <i>Diplodus vulgaris</i> ) Càntera ( <i>Spondyliosoma cantharus</i> ) Orada ( <i>Sparus aurata</i> ) Dèntol ( <i>Dentex dentex</i> ).
5	Espècies nectobentòniques, meso i macrocarnívores. Marcadament sedentàries, amb desplaçaments verticals i horitzontals poc importants dins l'escala temporal de l'estudi.	Grans làbrids ( <i>Labrus merula</i> i <i>Labrus viridis</i> ) Grans serrànids ( <i>Epinephelus</i> spp. i <i>Mycteroperca rubra</i> ) Escorball ( <i>Sciaena umbra</i> )
6	Espècies nectobentòniques molt sedentàries que depenen d'un cau on troben un refugi momentani o un repòs cíclic (incloses espècies d'hàbits tant diürns com nocturns).	Morena ( <i>Muraena helena</i> ) Escorpènids ( <i>Scorpaena porcus</i> i <i>Scorpaena scrofa</i> ) Mòllera de roca ( <i>Phycis phycis</i> )

Per tal de completar les dades del mostreig, juntament amb la recollida de dades d'espècies de peixos vulnerables a la pesca també es van anotar descriptors d'hàbitat, permetent la caracterització de la zona en base als trets més rellevants del fons. Així, s'enregistrà la profunditat mínima, màxima i mitjana de cada transsecte i el tipus de cobertura present al llarg dels seus 50 m de llargada.

L'àrea ocupada per cada tipus de cobertura s'estimà en base als metres que ocupava en la llargada total del transsecte. Les diferents cobertures es classificaren en: roca homogènia, grans blocs ( $\varnothing > 2\text{m}$ ), blocs mitjans ( $1\text{m} < \varnothing < 2\text{m}$ ), blocs petits ( $\varnothing < 1\text{m}$ ), arena, grava, còdols i *Posidonia oceanica*.

A part, també s'enregistrà el relleu del fons o "rugositat" sota el transsecte (Luckhurst i Luckhurst, 1978), la qual es va estimar *de visu*, prèvia estandardització entre observadors, 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, anfractuositats aparents i/o importants variacions verticals.
- 2: Relació entre ambdues longituds clarament superior a 1, amb variacions verticals poc importants (menors de 2 m) i poques escletxes, blocs rocosos i anfractuositats.
- 3: Relació entre longitud real i lineal clarament superior a 1,5, amb escletxes, anfractuositats i blocs 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 important d'escletxes, túnels, coves o blocs rocosos, ocupant més del 25% de la longitud del transsecte i/o pregones variacions verticals amb una relació entre la longitud real i la lineal propera o major a 2.

Finalment, per a cada transsecte també s'estimà el pendent del substrat en base a una escala establerta de l'1 al 4, essent:

- 1: Pendent d'entre 0 i 30°.
- 2: Pendent de 30° a 60°.
- 3: Pendent de 60° a 90°.
- 4: Pendent que superava els 90° formant superfícies extraplomades.

### 2.3. Anàlisi estadística de les dades

La base de dades generada el 2023 es va integrar amb la realitzada anteriorment per la UMU, que recollia la informació de les campanyes del 2020 i 2021. Així els resultats descrits en aquest informe corresponen a les anàlisis espacials i temporals associades al període 2020-2021-2023, comptabilitzant-se respectivament dos, tres i cinc anys de protecció des de la declaració de la reserva el 2018.

Amb la matriu de dades obtinguda, es va calcular la riquesa d'espècies (S: nombre d'espècies/250 m<sup>2</sup>), la densitat de peixos demersals o nectobentònics (Dnb: nombre d'individus/250 m<sup>2</sup>) i la biomassa de peixos demersals o nectobentònics (Bnb: kg/250 m<sup>2</sup>) per a cada mostra (transsecte). Les espècies de la categoria 1, aquelles més pelàgiques i mòbils, com *Sphyraena viridensis*, *Seriola dumerili*, i també les divagants entre el litoral i la plataforma com és el cas de *Dentex dentex*, es varen considerar per al càlcul de la riquesa específica, però no per als indicadors d'abundància i biomassa. Aquesta discriminació en el tractament respon a la seva gran àrea vital o *home range*, molt major que la de la zona d'estudi i que, per tant, indueix a que no s'acompleixi una assumpció importat per a l'estima del recurs: que l'abundància de les espècies objectiu sigui constant en l'escala espacial i temporal de l'estudi.

D'altra banda, vista l'abundància i la major variació de les espècies amb baix nivell tròfic, sobretot les del gènere *Diplodus*, i la importància de les espècies que es troben més a dalt en la xarxa tròfica (e.g. grans serrànids, escorpènids) (Sandin i Sala, 2012), es va calcular un nou indicador tan sols amb la biomassa d'aquelles espècies que presenten un nivell tròfic superior a 3,5 (B<sub>NT>3,5</sub>: kg/250 m<sup>2</sup>) (Froese i Pauly, 2023, [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)).

Per al càlcul de la biomassa es va fer ús de les relacions talla:pes de cada espècie descrites per Morey *et al.* (2003) i, en el cas de no ser descrites per aquests autors, es van consultar a la web de [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org) (Froese i Pauly, 2023). Posteriorment, les dades es van analitzar utilitzant els softwares STATISTICA i R ([www.r-project.org](http://www.r-project.org)) i l'entorn de desenvolupament integrat (IDE) RStudio.

La principal hipòtesi de treball amb els indicadors esmentats, que es presenten com a una variable de resposta, ha estat si el temps (2, 3 i 5 anys transcorreguts des de la declaració) ha influït de forma diferent en les zones de la reserva integral, de la reserva parcial i de les zones control no protegides. Això és la base del que s'anomena interacció entre factors, i que representa l'essència de la demostració de l'efecte reserva (Guidetti, 2002). El nivell de protecció (RI-RP-NR) s'ha considerat així com a un factor nominal, que juntament amb el



temps, les covariables d'hàbitat i l'efecte de la zona, afecten els indicadors esmentats. L'efecte de la zona/estació presa com a factor s'ha interpretat tan sols a efectes de variació dels valors de partida. És a dir, deixar variar els valors de partida, quan el temps de protecció és zero, en funció de l'estació (l'ordenada a l'origen ja sigui de riquesa, densitat, etc.). Aquest enfocament s'ha tractat mitjançant models lineals mixtos (factors fixos i factors *random*) amb el paquet *nlme* (Pinheiro *et al.*, 2021), i s'ha decidit per diversos motius: i) perquè les estacions/zones d'estudi dins cada nivell de protecció no responen a una mostra àmplia de llocs entre els quals es puguin escollir a l'atzar en cada campanya; ii) que les estacions triades es repeteixen en el temps, amb la qual cosa hi pot haver cert grau d'autocorrelació entre transectes; i iii) que les hipòtesis establertes ens interessin d'una forma general, extensiva a tota l'àrea dins cada nivell de protecció, i no tan sols a les estacions concretes.

Així, el model a testar es pot expressar com:

$$\text{LogDnb}_{ij} = \alpha + \beta_1 \times \text{fProt} + \beta_2 \times \text{Temps} + \beta_3 \times (\text{fProt} \times \text{Temps}) + \beta_4 \times \text{ProfM} + \mathbf{a}_i + \boldsymbol{\varepsilon}_{ij}$$

On  $\text{LogDnb}_{ij}$  és la transformació logarítmica ( $\log_{10} x+1$ ) de la densitat de peixos a un transecte  $j$  i a una estació  $i$ ;  $\alpha$  és l'ordenada a l'origen/*intercept*;  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  són els coeficients o pendents, respectivament, del factor protecció (fProt), de la variable contínua Temps, de la seva interacció, de la variable contínua profunditat mitjana (ProfM);  $\mathbf{a}_i$  és la variació *random* a l'origen en funció de la zona o estació; i  $\boldsymbol{\varepsilon}_{ij}$  són els residuals del model respecte a cada observació.

Aquests model aplica igualment per als indicadors Bnb,  $B_{NT>3,5}$  i S, en aquest darrer cas sense la transformació logarítmica. La transformació s'ha realitzat per tal d'apropar les dades a una distribució de Gauss; si bé en qualsevol cas, i a aquest efecte, s'han graficat els residuals del model en funció dels valors ajustats, comprovant-se l'absència de patrons.

En el cas comprovat que els residuals augmentaven en funció del nivell de protecció i del temps, produint-se heterogeneïtat, s'ha aplicat una extensió als models lineals mixtos, permetent aquesta variació, la qual cosa afecta els errors estàndards dels coeficients dels factors principals i minva la probabilitat de cometre un error de tipus I, és a dir, afirmar que hi hagués un efecte significatiu de la variable explicativa o factor quan realment els coeficients no es diferencien de zero. L'extensió de correcció de l'heterogeneïtat deguda al temps (TPY) i al nivell de protecció (fProt) s'ha introduït com: `vf4<- varIdent(form=~1|fProt*TPY)` i, en el cas de treballar en un any concret, com: `vf2<-varIdent(form=~1|fProt)` (Zuur *et al.*, 2009).

Els resultats de la funció *lme* dins el paquet *nlme* permeten així mateix calcular la “*intraclass correlation*” a partir de la desviació estàndard de  $\mathbf{a}_i$  i  $\mathbf{\epsilon}_{ij}$ , observant-se en tots els casos una gran independència entre els valors dels transsectes d’una mateixa zona/estació *i*, per tant, sense la necessitat d’introduir extensions correctores per a casos d’autocorrelació.

Degut a variacions en la presa de dades de l’hàbitat entre l’equip de la UMU i el de Tragsatec, l’única covariable d’hàbitat introduïda en els models ha estat la fondària mitjana dels transsectes (ProfM). La selecció del model més adient s’ha realitzat en funció de l’AIC (Akaike Information Criterion), un cop reajustat el model sense les variables no significatives i la prova ANOVA sobre les relacions de *Maximum Likelihood* entre els models a comparar (Zuur *et al.*, 2009).

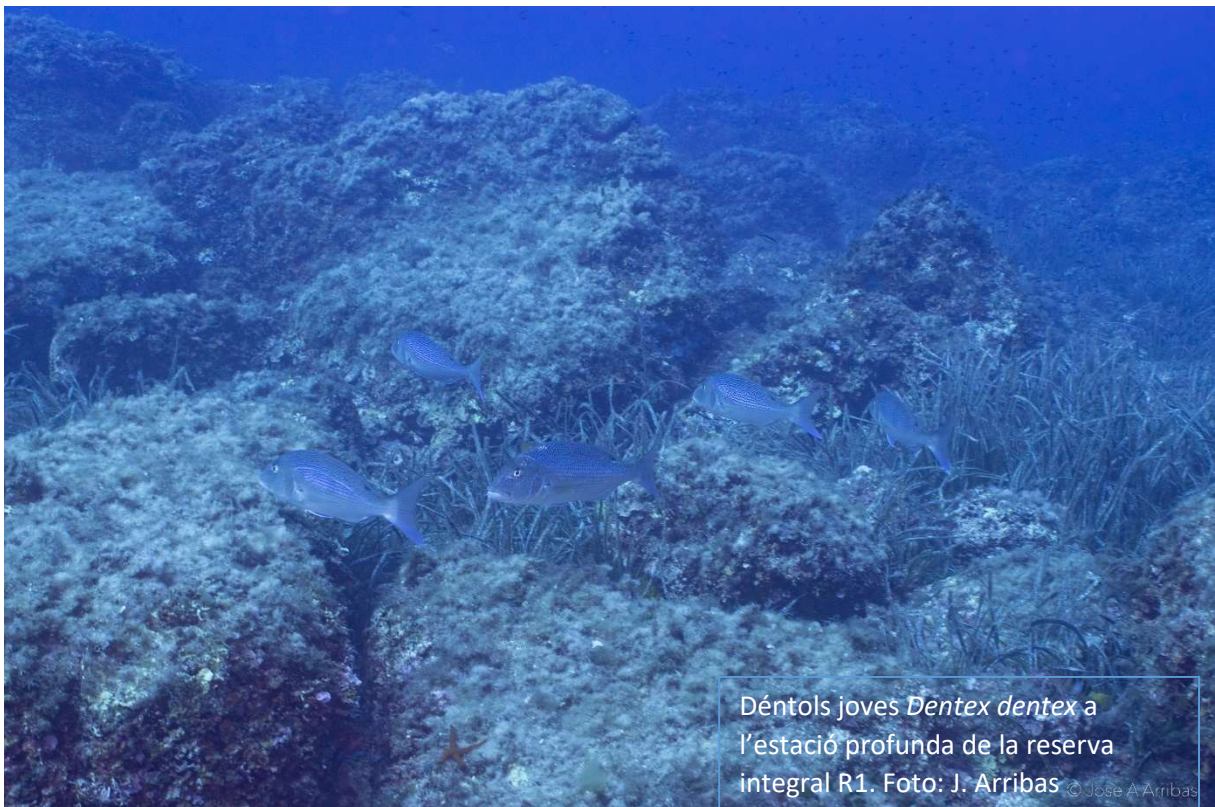
Les distribucions de talles s’han comparat mitjançant el test no paramètric de Kolmogorov-Smirnov (KS Test) (Bell *et al.*, 1985) per a aquelles espècies que van presentar un nombre mínim d’individus (N= 30) dins cada nivell de protecció i any.

### 3. RESULTATS

#### 3.1. Les espècies i la riquesa

##### *Les aigües superficials (< 15 m)*

En el conjunt de les tres campanyes realitzades des de la declaració de la reserva marina s'han enregistrat 19 espècies d'interès pesquer; 16 dins la reserva integral (RI), 16 dins la reserva parcial (RP) i 18 a les zones control no protegides (NR). A la taula 3.1 es pot observar que tres espècies estan dins el grup de grans nedadors, espècies que realitzen grans desplaçaments horitzontals i verticals i que tan sols es tenen en compte per al càlcul de la riquesa: *Dentex dentex*, *Sphyraena viridensis* i *Seriola dumerili*. Un segon grup està format bàsicament per cinc espàrids i un haemúlid, i es correspondrien amb la categoria espacial 3 segons Harmelin (1987): *Diplodus puntazzo*, *D. sargus*, *D. vulgaris*, *Spondylisoma cantharus*, *Sparus aurata* i *Pomadasys incisus*\*. Dins la categoria 5 segons el mateix autor citat hi trobam: *Epinephelus costae*, *E. marginatus*, *Mycteroperca rubra*, *Labrus merula*, *L. viridis*, *Sciaena umbra* i *Sparisoma cretense*\*. Les dues espècies de major afinitat termòfila i meridional (\*), s'han censat al sud-est d'Eivissa, a les estacions RP2 i NR1 (Fig. 2.1). Finalment, en el grup de la categoria 6, d'espècies més críptiques associades a refugis, tenim: *Muraena helena*, *Scorpaena scrofa* i *S. porcus*.

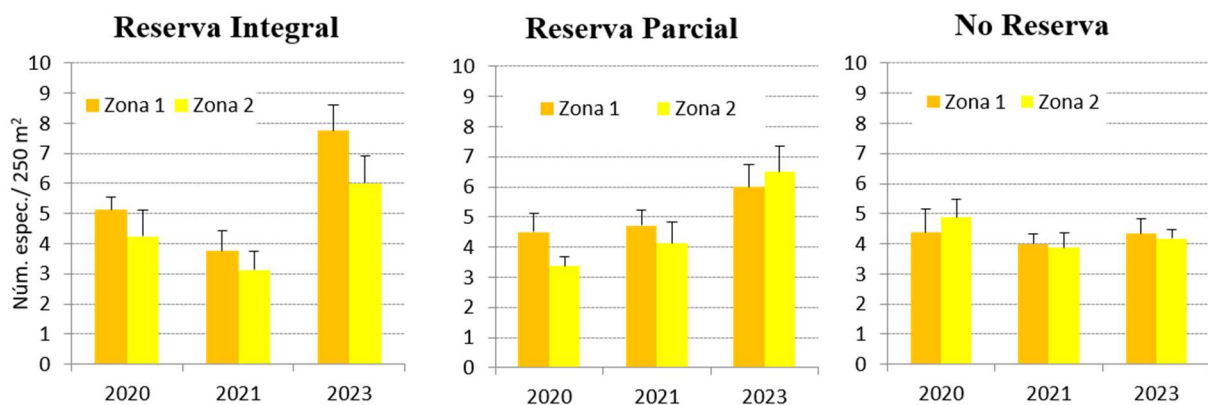


Déntols joves *Dentex dentex* a l'estació profunda de la reserva integral R1. Foto: J. Arribas © José A. Arribas

**Taula 3.1.** Presència/absència (+/-) de les espècies vulnerables a la pesca censades a dues estacions superficials (5-15 m) dins cada nivell de protecció els anys 2020, 2021 i 2023. RI: reserva integral, RP: reserva parcial, NR: zones control no protegides. DLP: espècies pelàgiques costaneres o divagants de litoral i plataforma.. Junt al nom vernacle es mostra el nivell tròfic de les espècies demersals segons Froese i Pauly (2023).

		Reserva Integral			Reserva Parcial			No Reserva		
		2020	2021	2023	2020	2021	2023	2020	2021	2023
<i>Sphyraena viridensis</i>	Espet (DLP)	+	+	-	+	-	+	-	+	-
<i>Seriola dumerili</i>	Cirviola (DLP)	-	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Dentex dentex</i>	Déntol (DLP)	+	+	+	-	-	+	-	-	+
<i>Conger conger</i>	Congre (4,3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diplodus puntazzo</i>	Morruda (3,2)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Diplodus sargus</i>	Sard (3,4)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Diplodus vulgaris</i>	Variada (3,5)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Spondylisoma cantharus</i>	Càntara (3,3)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Sparus aurata</i>	Orada (3,7)	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Sparisoma cretense</i>	Lloro verd (2,9)	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Pomadasys incisus</i>	Roncador (3,8)	-	-	-	-	-	-	+	-	+
<i>Epinephelus costae</i>	Anfós llis	+	+	+	-	+	-	+	+	+
<i>Epinephelus marginatus</i>	Anfós (4,4)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Mycteroperca rubra</i>	Anfós bord (4,1)	+	+	+	-	+	-	-	+	-
<i>Labrus merula</i>	Tord massot (3,6)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Labrus viridis</i>	Grívia (3,9)	+	+	-	+	+	+	+	+	-
<i>Muraena helena</i>	Morena (4,2)	+	+	+	-	+	+	-	-	+
<i>Phycis phycis</i>	Möllera (4,3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sciaena umbra</i>	Escorball (3,8)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Scorpaena porcua</i>	Escòrpora (3,9)	-	-	+	-	-	-	+	-	-
<i>Scorpaena scrofa</i>	Cap-roig/roja (4,3)	+	+	+	+	-	+	+	+	+
		14	15	14	11	12	14	14	13	13

Pel que fa a la riquesa dels diferents llocs d'estudi, aquest indicador ha experimentat un increment tant a la RI com a RP, situant-se amb 6,8 esp./250 m<sup>2</sup> i 6,3 esp./250 m<sup>2</sup> respectivament el 2023. Mentre, a NR la riquesa mitjana mostra un patró estable en els tres anys, amb un valor de 4,2 esp./250 m<sup>2</sup>, equivalent al de les zones protegides en els dos primers anys d'estudi (Fig. 3.1).



**Figura 3.1.** Evolució temporal de la riquesa mitjana ( $\pm$ EE) d'espècies vulnerables (Núm. Esp./250 m<sup>2</sup>) a dos llocs/zones dins cadascun dels tres nivells de protecció considerats: RI, RP, NR.

L'evolució d'aquest indicador és el resultat d'una interacció significativa dels factors “Nivell de Protecció (fProt)” i “Temps (TPY)” (Taula 3.2). El temps actua d'una forma desigual, incrementant la riquesa a les zones total i parcialment protegides, amb 0,77 i 0,76 espècies més cada any respecte a l'evolució observada a NR, presa com a referència al model *lme1* (Taula 3.2). La fondària mitjana dels transsectes en l'estrat estudiat (5-15 m) no afecta de forma significativa a la riquesa. Tot i això, no s'obté un millor ajust de les dades si prescindim de la fondària (*lme2*) (anova(*lm1*, *lm2*), L-ratio= 1,49; p= 0,221 ns).

Taula 3.2 . Resultats del model lineal d'interacció entre el nivell de protecció (fProt) i el temps (TPY), i la fondària mitjana (ProfM) sobre la **riquesa d'espècies vulnerables**, amb els diferents llocs d'estudi (fSite) com a factor aleatori que afecta l'ordenada a l'origen (**en vermell els paràmetres significatius amb  $p < 0,05$** ). Aigües superficials (5-15 m).

```

lme1 <- lme(RIQUESA ~ 1 + fProt * TPY + ProfM, method = "ML",
random = ~1 | fSite, weights = vf4, data = matriubio)
> summary(lme1)
Linear mixed-effects model fit by maximum likelihood
Data: matriubio
      AIC      BIC    logLik
513.0576 561.4088 -239.5288
Random effects:
Formula: ~1 | fSite
(Intercept) Residual
StdDev: 4.713155e-05 1.848156
Variance function:
Structure: Different standard deviations per stratum
Formula: ~1 | fProt * TPY
Parameter estimates:
  NR*2  NR*3  NR*5  RI*2  RI*3  RI*5  RP*2  RP*3  RP*5
  1.000 0.646  0.504  1.113  1.131  0.999  0.761  0.852  0.963
Fixed effects: RIQUESA ~ 1 + fProt * TPY + ProfM
              Value Std.Error DF   t-value p-value
(Intercept)  3.193243 1.0169815 117  3.1399226  0.0021
fProtRI      -2.111569 1.1413185   3 -1.8501138  0.1614
fProtRP      -1.862846 0.9260575   3 -2.0115877  0.1378
TPY           0.010705 0.1592039 117  0.0672409  0.9465
ProfM         0.102607 0.0794302 117  1.2917905  0.1990
fProtRI:TPY  0.774476 0.3259424 117  2.3761136  0.0191
fProtRP:TPY  0.763993 0.2662090 117  2.8699002  0.0049
Correlation:
(Intr) fPrtrI fPrtrP TPY   ProfM fPRI:T
fProtRI  -0.225
fProtRP  -0.461  0.363
TPY      -0.663  0.507  0.647
ProfM    -0.788 -0.144  0.056  0.099
fProtRI:TPY  0.316 -0.922 -0.316 -0.487 -0.038
fProtRP:TPY  0.382 -0.306 -0.937 -0.596 -0.042  0.291
Standardized Within-Group Residuals:
      Min          Q1          Med          Q3          Max
-2.3370514 -0.5800656 -0.1674523  0.6213001  2.4169201
Number of Observations: 127
Number of Groups: 6

```

La interacció significativa observada ens permet bloquejar l'anàlisi tan sols per a la darrera campanya (2023), observant-se un efecte reserva *sensu stricto* per a aquest indicador, amb diferències significatives en favor de la RI i de la RP, que presenten sempre, al menys, dues espècies més que la NR (veure model *lm3* a la Taula 3.3).

Taula 3.3 . Resultats del model lineal entre els diferents nivell de protecció (fProt) en l'any 2023 sobre la **riquesa d'espècies vulnerables**, i amb els diferents llocs d'estudi (fSite) com a factor aleatori que afecta l'ordenada a l'origen (**en vermell els paràmetres significatius amb  $p < 0,05$** ). Aigües superficials (5-15 m).

```

Lme3<-lme(RIQUESA~1+fProt, method="ML", random= ~1|fSite,
weights= vf2,data = LASTYEAR)
> summary(lmeRiq2023)
Linear mixed-effects model fit by maximum likelihood
  Data: LASTYEAR
      AIC      BIC    logLik
 125.9067 136.1669 -55.95337
Random effects:
Formula: ~1 | fSite
      (Intercept) Residual
StdDev: 3.085554e-05 0.9242114
Variance function:
Structure: Different standard deviations per stratum
Formula: ~1 | fProt
Parameter estimates:
      NR      RI      RP
1.000000 1.907942 1.931763
Fixed effects: RIQUESA ~ 1 + fProt
      Value Std.Error DF  t-value p-value
(Intercept) 4.250 0.2802571 26 15.164645 0.0000
fProtRI      2.625 0.7123366  3  3.685056 0.0346
fProtRP      2.000 0.6096290  3  3.280684 0.0464
Correlation:
      (Intr) fPrtrI
fProtRI -0.393
fProtRP -0.460 0.181
Standardized Within-Group Residuals:
      Min      Q1      Med      Q3      Max
-1.6304268 -0.7001400 -0.1400280  0.8115027  1.8935062

Number of Observations: 32
Number of Groups: 6

```

### ***Les aigües profundes (18-28 m)***

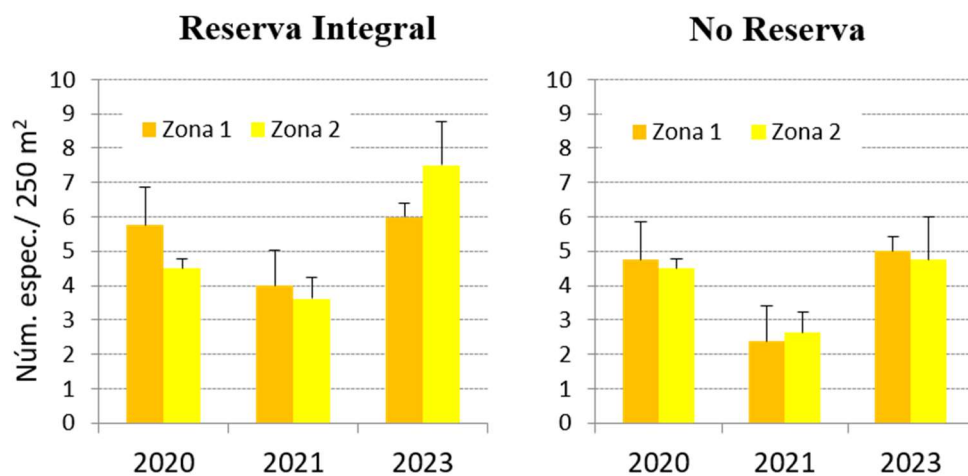
A més profunditat s'han censat 18 espècies d'interès pesquer, 16 dins la RI i 14 dins NR. Dins aquest conjunt n'hi ha 2 de tipus pelàgic costaner: *S. viridensis* i *S. dumerili*; i una divagant de plataforma: *D. dentex*. Les 15 espècies restants són de tipus demersal, de caràcter més resident, i encaixen en les categories 3, 5 i 6 explicades abans segons Harmelin (1987) (Taula 3.4).



**Taula 3.4.** Presència/absència (+/-) de les espècies vulnerables a la pesca censades a dues estacions profundes (18-28 m) dins cada nivell de protecció els anys 2020, 2021 i 2023. RI: reserva integral, NR: zones control no protegides. DLP: espècies pelàgiques costaneres o divagants de litoral i plataforma. Junt al nom vernacle es mostra el nivell tròfic de les espècies demersals segons Froese i Pauly (2023).

		Reserva Integral			No Reserva		
		2020	2021	2023	2020	2021	2023
<i>Sphyraena viridensis</i>	Espet (DLP)	+	+	+	+	+	-
<i>Seriola dumerili</i>	Cirviola (DLP)	-	+	-	+	+	+
<i>Dentex dentex</i>	Déntol (DLP)	+	+	+	-	-	-
<i>Conger conger</i>	Congre (4,3)	-	-	-	-	-	+
<i>Diplodus puntazzo</i>	Morruda (3,2)	+	+	+	+	+	+
<i>Diplodus sargus</i>	Sard (3,4)	+	+	+	+	+	+
<i>Diplodus vulgaris</i>	Variada (3,5)	+	+	+	+	+	+
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	Càntara (3,3)	+	+	+	+	+	+
<i>Epinephelus costae</i>	Anfós llis/Xerna (3,9)	+	+	+	-	-	-
<i>Epinephelus marginatus</i>	Anfós (4,4)	+	+	+	-	+	-
<i>Mycteroperca rubra</i>	Anfós bord (4,1)	+	+	+	-	-	-
<i>Labrus merula</i>	Tord massot (3,6)	+	+	+	+	+	+
<i>Labrus viridis</i>	Grívia (3,9)	+	+	+	-	-	-
<i>Muraena helena</i>	Morena (4,2)	-	+	+	+	+	+
<i>Phycis phycis</i>	Mòllera (4,3)	+	-	+	+	-	-
<i>Sciaena umbra</i>	Escorball/Corba (3,8)	+	+	+	+	-	+
<i>Scorpaena porcus</i>	Escòrpora/rascassa (3,9)	-	-	-	-	-	+
<i>Scorpaena scrofa</i>	Cap-roig/roja (4,3)	-	+	+	+	-	+
		13	15	15	11	9	11

Els valors de riquesa mitjana a RI se situen entre 6 i 7 esp./250 m<sup>2</sup> en el darrer any d'estudi, mentre que no arriben a 5 esp./250 m<sup>2</sup> a les zones control (Fig. 3.2).



**Figura 3.2.** Evolució temporal de la riquesa mitjana (±EE) d'espècies vulnerables (Núm. Esp/250 m<sup>2</sup>) a dues zones/llocs profunds (18-28 m) dins RI i dins NR.



L'anàlisi estadística ens indica que els valors mitjans de la RI són significativament superiors a NR però que no és degut a la interacció entre el nivell de protecció i el temps (Taula 3.5). De fet, el patró temporal de la figura 3.2 és el mateix en els dos casos i significatiu. Probablement a la primera campanya (2020), la riquesa ja havia augmentat a RI encara que fos mínimament (1-2 espècies) des de la declaració de la reserva el 2018 i aquest avantatge no enregistrat s'ha mantingut o incrementat lleugerament amb el temps per donar un conjunt d'espècies més divers a la reserva.

---

Taula 3.5 . Resultats del model lineal d'interacció entre el nivell de protecció (fProt) i el temps (TPY), i la fondària mitjana (ProfM) sobre la **riquesa d'espècies vulnerables**, amb els diferents llocs d'estudi (fSite) com a factor aleatori que afecta l'ordenada a l'origen (**en vermell els paràmetres significatius amb  $p < 0,05$** ). Aigües profundes (18-28 m).

---

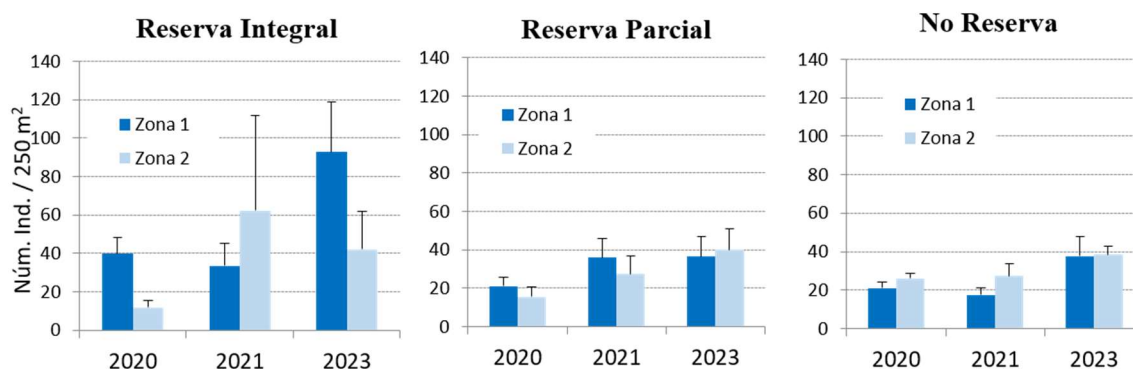
```
lme4<-lme(RIQUESA~1+fProt*TPY+ProfM,
method="ML", random= ~1|fSite, weights= vf4,data = matriubiored)
> summary(MDEEP3)
Linear mixed-effects model fit by maximum likelihood
  Data: matriubiored
      AIC      BIC    logLik
275.0984 301.005 -125.5492
Random effects:
Formula: ~1 | fSite
      (Intercept) Residual
StdDev: 3.699961e-05 3.375689
Variance function:
Structure: Different standard deviations per stratum
Formula: ~1 | fProt * TPY
Parameter estimates:
  NR*2  RI*2  NR*3  RI*3  NR*5  RI*5
1.000 0.505 0.260 0.744 0.443 0.540
Fixed effects: RIQUESA ~ 1 + fProt * TPY + ProfM
      value Std.Error DF  t-value p-value
(Intercept) 0.120347 1.7457621 58 0.068936 0.9453
fProtRI      3.346207 1.4252393 58 2.347821 0.0223
TPY          1.002111 0.3150721 58 3.180577 0.0024
ProfM       -0.024582 0.0961089 58 -0.255777 0.7990
fProtRI:TPY -0.329060 0.4178482 58 -0.787512 0.4342
Correlation:
      (Intr) fPrtrI TPY    ProfM
fProtRI  -0.341
TPY      -0.127 0.603
ProfM    -0.838 -0.029 -0.424
fProtRI:TPY 0.289 -0.952 -0.656 0.089
Standardized within-Group Residuals:
      Min      Q1      Med      Q3      Max
-1.8863220 -0.7880676 0.1930726 0.8099816 2.1200515
Number of observations: 64
Number of Groups: 2
```

---

### 3.2. La densitat de peixos demersals

#### *Les aigües superficials (< 15 m)*

El nombre mitjà de peixos mostra un tendència positiva generalitzada amb el temps en els tres nivells de protecció, per la qual cosa la interacció dels factors protecció (fProt) i temps (TPY) no ha resultat significativa (Fig. 3.3. Taula 3.5). Això no obstant, la probabilitat que el pendent de la densitat de peixos amb el temps dins la RI sigui igual a zero és força baixa,  $p=0,08$  (Taula 3.5). De fet, és dins RI on es troba la major densitat el 2023, amb valors per damunt dels 80 ind./250 m<sup>2</sup>, però tan sols al lloc o zona 1: Sa Llosa des Figueral. A tots els altres llocs dins els diferents nivells de protecció, la densitat de peixos al darrer any d'estudi és molt semblant, del voltant dels 40 ind./250 m<sup>2</sup> (Fig. 3.3).



**Figura 3.3.** Evolució temporal de la densitat mitjana ( $\pm$ EE) de peixos demersals (Nombre d'individus/250 m<sup>2</sup>) a dues zones/llocs dins cadascun dels tres nivells de protecció considerats: RI, RP, NR.

Les diferències respecte del primer any d'estudi indueixen a pensar en un procés biològic temporal, el patró del qual no és homogeni encara en l'espai de tota l'àrea de màxima protecció, ni a petita escala (entre transsectes) ni a mitjana escala (entre llocs d'estudi). Això fa que no puguem parlar d'un estricte efecte reserva per a la densitat de peixos en les aigües més superficials de la reserva marina.

A les taules 3.6-3.8 es mostra la densitat mitjana de totes les espècies censades, observant-se un increment de moltes d'elles dins la RI i la RP, i d'algunes, majoritàriament espàrids, a NR.

Taula 3.5. Resultats del model lineal d'interacció entre el nivell de protecció (fProt) i el temps (TPY), i la fondària mitjana (ProfM) sobre la **densitat ( $\log_{10}(x+1)$ ) d'espècies vulnerables demersals**, amb els diferents llocs d'estudi (fSite) com a factor aleatori que afecta l'ordenada a l'origen (**en vermell els paràmetres significatius amb  $p < 0,05$** ). Aigües superficials (5-15 m).

```

lme5<-lme(logDENS~1+fProt*TPY+ ProfM, method="ML",
random= ~1|fSite, weights= vf4,data = matriubio)
> summary(lmeLDENS)
Linear mixed-effects model fit by maximum likelihood
  Data: matriubio
      AIC      BIC    logLik
  147.421 195.7721 -56.71048
Random effects:
  Formula: ~1 | fSite
      (Intercept) Residual
StdDev:  0.05575216 0.1984883
Variance function:
  Structure: Different standard deviations per stratum
  Formula: ~1 | fProt * TPY
  Parameter estimates:
      NR*2  NR*3  NR*5  RI*2  RI*3  RI*5  RP*2  RP*3  RP*5
  1.000  1.625  1.149  3.294  4.694  1.919  2.015  1.671  1.284
Fixed effects: logDENS ~ 1 + fProt * TPY + ProfM
      Value Std.Error DF  t-value p-value
(Intercept)  1.2501963 0.18779489 117  6.657243  0.0000
fProtRI     -0.4755601 0.30149894   3 -1.577319  0.2128
fProtRP     -0.2160646 0.18901180   3 -1.143128  0.3359
TPY          0.0651108 0.02833486 117  2.297905  0.0233
ProfM       -0.0078709 0.01624970 117 -0.484370  0.6290
fProtRI:TPY  0.1324479 0.07644191 117  1.732661  0.0858
fProtRP:TPY  0.0476366 0.04886485 117  0.974864  0.3316
  Correlation:
      (Intr) fPrtrI fPrtrP TPY  ProfM  fPRI:T
fProtRI  -0.066
fProtRP  -0.307  0.183
TPY       -0.516  0.278  0.459
ProfM     -0.838 -0.143  0.013  0.066
fProtRI:TPY  0.197 -0.901 -0.170 -0.371 -0.031
fProtRP:TPY  0.275 -0.165 -0.892 -0.578 -0.009  0.214

Standardized within-Group Residuals:
      Min      Q1      Med      Q3      Max
-3.0802776 -0.4995368  0.0643244  0.6449607  1.9930443

Number of Observations: 127
Number of Groups: 6

```

Taula 3.6. Densitat mitjana  $\pm$ error estàndard (Nombre d'individus/250 m<sup>2</sup>) de les espècies vulnerables a la pesca censades dins l'àrea de màxima protecció o reserva integral (RI) de la reserva marina de la costa nord-est d'Eivissa-Tagomago en les campanyes del mes d'octubre de 2020, 2021 i 2023. Aigües superficials (5- 15 m).

	2020		2021		2023		2020		2021		2023	
	RI		RI		RI		RI		RI		RI	
	ZONA 1		ZONA 1		ZONA 1		ZONA 2		ZONA 2		ZONA 2	
	(N= 8)		(N= 8)		(N= 4)		(N= 8)		(N= 8)		(N= 4)	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Sphyraena viridensis</i>	15,5	11,4	9,0	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	2,3	6,0	4,7
<i>Dentex dentex</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>Conger 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>Diplodus puntazzo</i>	0,8	0,4	0,1	0,1	1,0	0,6	0,8	0,4	0,1	0,1	2,3	0,5
<i>Diplodus sargus</i>	4,5	2,5	2,3	1,3	8,3	1,7	1,6	0,7	2,9	1,2	3,8	1,7
<i>Diplodus vulgaris</i>	28,9	9,2	28,0	11,0	66,5	21,7	5,3	2,7	56,1	49,0	29,8	19,3
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	2,5	1,1	1,1	1,1	3,0	3,0	0,1	0,1	1,6	0,8	0,8	0,5
<i>Sparus 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>Epinephelus costae</i>	0,9	0,5	0,9	0,4	0,3	0,3	1,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,0	0,0	0,5	0,2	1,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,3	0,3
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,3	1,3	0,5	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>Labrus merula</i>	1,5	0,2	0,4	0,3	1,0	0,4	0,8	0,3	0,9	0,6	0,8	0,5
<i>Labrus viridis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>Muraena helena</i>	0,3	0,2	0,1	0,1	1,0	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,8	0,5
<i>Phycis phycis</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>Sparisoma cretense</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>Pomadasys incisus</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>Sciaena umbra</i>	0,4	0,4	0,1	0,1	9,3	4,0	0,5	0,4	0,0	0,0	3,5	1,9
<i>Scorpaena porcus</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>Scorpaena scrofa</i>	0,3	0,2	0,0	0,0	0,8	0,5	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3	0,3

Taula 3.7. Densitat mitjana  $\pm$ error estàndard (Nombre d'individus/250 m<sup>2</sup>) de les espècies vulnerables a la pesca censades dins l'àrea de protecció parcial (RP) de la reserva marina de la costa nord-est d'Eivissa-Tagomago en les campanyes del mes d'octubre de 2020, 2021 i 2023. Aigües superficials (5- 15 m)

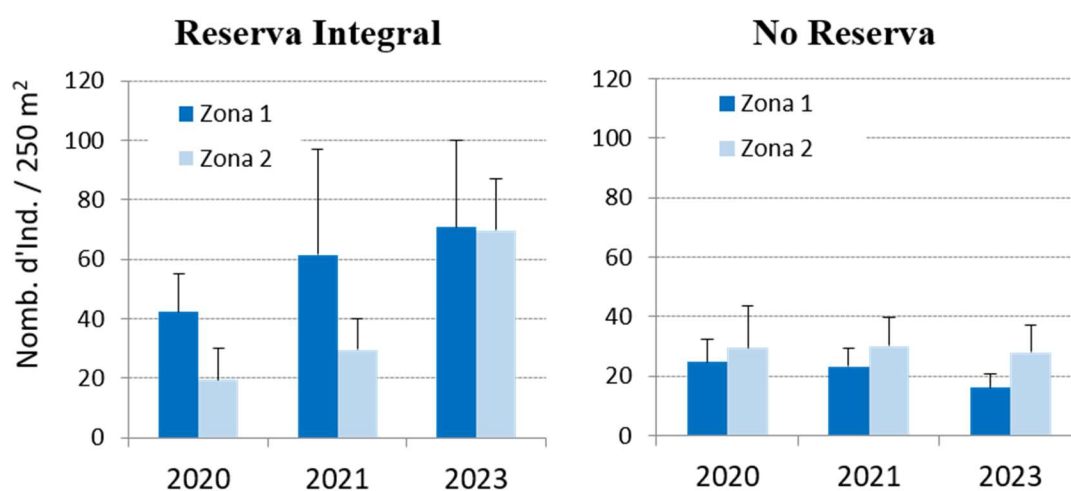
	2020		2021		2023		2020		2021		2023	
	RP		RP		RP		RP		RP		RP	
	ZONA 1		ZONA 1		ZONA 1		ZONA 2		ZONA 2		ZONA 2	
	(N= 8)		(N= 7)		(N= 6)		(N= 8)		(N= 8)		(N= 6)	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Sphyraena viridensis</i>	7,8	5,0	0,0	0,0	6,7	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	6,0	3,5	4,1	3,0	0,2	0,2	0,0	0,0	1,0	1,0	1,5	0,7
<i>Dentex dentex</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
<i>Conger 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>Diplodus puntazzo</i>	0,5	0,5	2,1	1,7	0,2	0,2	0,4	0,3	0,1	0,1	0,7	0,5
<i>Diplodus sargus</i>	1,1	0,7	4,0	2,6	5,3	1,7	5,3	1,9	6,9	4,1	4,8	1,4
<i>Diplodus vulgaris</i>	16,3	4,3	24,4	9,7	24,7	9,9	7,9	3,3	16,6	5,9	27,2	8,4
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0,1	0,1	0,4	0,3	0,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
<i>Sparus 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>Epinephelus costae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,4	0,3	0,4	0,2	1,3	0,4	0,1	0,1	0,3	0,2	1,0	0,4
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>Labrus merula</i>	2,1	0,4	1,1	0,4	0,7	0,4	1,6	0,2	1,4	0,4	1,5	0,5
<i>Labrus viridis</i>	0,3	0,2	1,6	1,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,5	0,2
<i>Muraena helena</i>	0,0	0,0	0,4	0,2	1,2	0,5	0,0	0,0	0,4	0,3	0,3	0,2
<i>Phycis phycis</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>Sparisoma cretense</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2
<i>Pomadasys incisus</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>Sciaena umbra</i>	0,0	0,0	1,4	1,1	1,7	0,8	0,1	0,1	1,4	1,0	3,3	1,5
<i>Scorpaena 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>Scorpaena scrofa</i>	0,3	0,2	0,0	0,0	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Taula 3.8. Densitat mitjana  $\pm$ error estàndard (Nombre d'individus/250 m<sup>2</sup>) de les espècies vulnerables a la pesca censades dins les zones control no protegides (NR) de la costa nord-oest d'Eivissa-Tagomago en les campanyes del mes d'octubre de 2020, 2021 i 2023. Aigües superficials (5- 15 m)

	2020		2021		2023		2020		2021		2023	
	NR		NR		NR		NR		NR		NR	
	ZONA 1		ZONA 1		ZONA 1		ZONA 2		ZONA 2		ZONA 2	
	(N= 8)		(N= 8)		(N= 6)		(N= 8)		(N= 8)		(N= 6)	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Sphyraena viridensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	8,8	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	2,4	1,3	0,0	0,0	0,4	0,4	0,1	0,1	1,0	1,0
<i>Dentex dentex</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Conger 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>Diplodus puntazzo</i>	0,8	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	1,1	0,5	0,4	0,2	0,7	0,3
<i>Diplodus sargus</i>	3,3	0,9	2,8	1,0	5,2	2,7	5,6	1,1	2,9	0,8	11,5	2,7
<i>Diplodus vulgaris</i>	11,8	1,4	12,1	3,4	29,2	10,1	15,1	2,7	22,4	6,5	24,5	4,1
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0,3	0,3	0,0	0,0	0,8	0,7	1,0	0,6	0,3	0,2	0,0	0,0
<i>Sparus aurata</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>Epinephelus costae</i>	0,1	0,1	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,1	0,1	0,3	0,2	0,7	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,5	0,2
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Labrus merula</i>	0,9	0,4	0,5	0,3	0,5	0,3	1,8	0,4	0,4	0,2	0,5	0,2
<i>Labrus viridis</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,5	0,3	0,4	0,3	0,0	0,0
<i>Muraena helena</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Phycis phycis</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>Sparisoma cretense</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>Pomadasys incisus</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sciaena umbra</i>	3,4	1,5	0,9	0,5	0,5	0,3	0,6	0,5	0,6	0,4	0,3	0,3
<i>Scorpaena porcus</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>Scorpaena scrofa</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3	0,2

**Les aigües profundes (18-28 m)**

L'increment continu en l'abundància de peixos es veu també a més profunditat i en els dos llocs estudiats dins la reserva integral. D'una mitjana per lloc de 30 ind./250 m<sup>2</sup> obtinguda el 2020, el 2023 mostra un valor de 70 ind./250 m<sup>2</sup>. Mentre, a les zones control no se supera mai el valor mitjà de 30 ind./250 m<sup>2</sup> (Fig. 3.4). El model lineal mixt generat entre la densitat i els diferents factors (*lme6*), mostra que la interacció entre el nivell de protecció i el temps està just en el llindar de la significança estadística ( $p=0,05$ ) (Taula 3.9). És a dir, la probabilitat que aquests canvis hagin ocorregut a l'atzar és d'un 5%. Donat que és una probabilitat baixa, s'ha procedit a analitzar les dades del darrer any per separat, observant-se un efecte molt significatiu de la RI, amb major densitat que la NR ( $p=0,0076$ ) (Taula 3.10). De fet, el 2023 la densitat de peixos a RI és x3,2 vegades major que la de les zones control (Fig. 3.4).



**Figura 3.4.** Evolució temporal de la densitat mitjana ( $\pm EE$ ) de peixos demersals (Nombre d'individus/250 m<sup>2</sup>) a dues zones/llocs profunds (18-28 m) dins RI i dins NR.

A les taules 3.11 i 3.12 es pot comprovar que espècies com *D. vulgaris*, *D. sargus* i *S. umbra* són les que més contribueixen a l'augment d'abundància.



Taula 3.9 . Resultats del model lineal d'interacció entre el nivell de protecció (fProt) i el temps (TPY), i la fondària mitjana (ProfM) sobre la **densitat ( $\log_{10}(x+1)$ ) d'espècies vulnerables** demersals, amb els diferents llocs d'estudi (fSite) com a factor aleatori que afecta l'ordenada a l'origen (**en vermell els paràmetres significatius amb  $p < 0,05$** ). Aigües profundes (18-28 m).

```
> lme6<-lme(LDENS~1+fProt*TPY+ProfM,
method="ML", random= ~1|fSite, weights= vf4,data = matriubiored)
> summary(MDEEP5)
Linear mixed-effects model fit by maximum likelihood
Data: matriubiored
      AIC      BIC    logLik
95.67551 121.5821 -35.83776
Random effects:
Formula: ~1 | fSite
(Intercept) Residual
StdDev: 6.274732e-06 0.4520607
Variance function:
Structure: Different standard deviations per stratum
Formula: ~1 | fProt * TPY
Parameter estimates:
      NR*2      RI*2      NR*3      RI*3      NR*5      RI*5
1.0000000 0.8162461 0.9287558 1.6284604 0.5875650 0.5417663
Fixed effects: LDENS ~ 1 + fProt * TPY + ProfM
              Value Std.Error DF   t-value p-value
(Intercept)  1.7603825 0.3978426  58   4.424821  0.0000
fProtRI      -0.3244838 0.3100312  58  -1.046617  0.2996
TPY           0.0446096 0.0633578  58   0.704089  0.4842
ProfM        -0.0326649 0.0216752  58  -1.507018  0.1372
fProtRI:TPY  0.1533913 0.0769135  58   1.994335  0.0508
Correlation:
      (Intr) fPrtrI TPY   ProfM
fProtRI  -0.374
TPY      -0.073  0.611
ProfM    -0.832 -0.026 -0.473
fProtRI:TPY 0.296 -0.947 -0.690  0.106
Standardized within-Group Residuals:
      Min      Q1      Med      Q3      Max
-2.07806966 -0.96002301 0.07041591 0.72902728 1.73364843
Number of Observations: 64
Number of Groups: 2
```

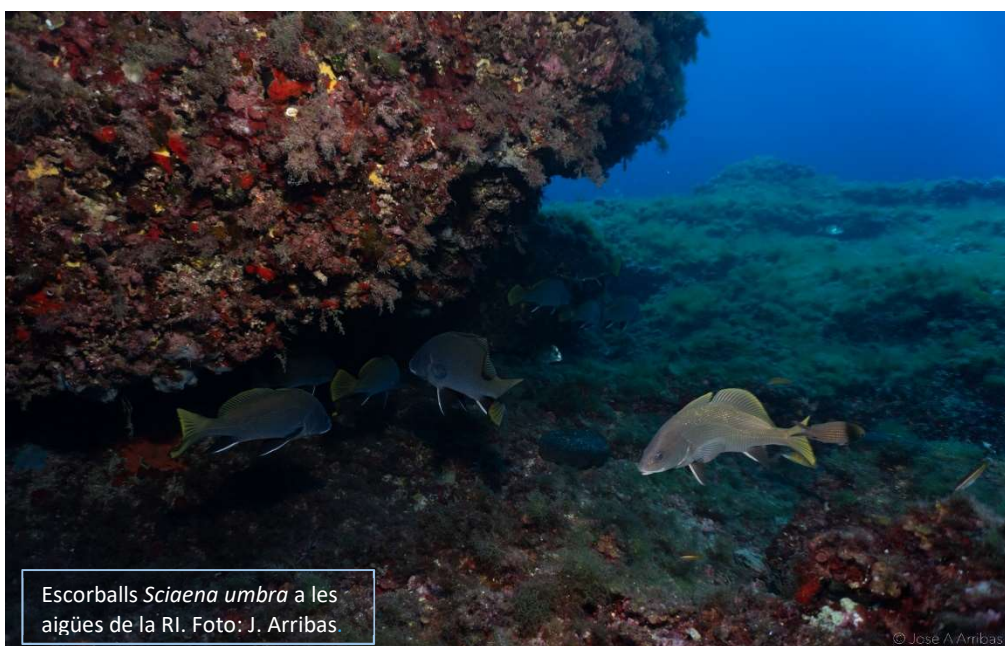


Taula 3.10 . Resultats del model lineal entre els diferents nivell de protecció (fProt) en l'any 2023 sobre la **densitat ( $\log_{10}(x+1)$ ) d'espècies vulnerables**, i amb els diferents llocs d'estudi (fSite) com a factor aleatori que afecta l'ordenada a l'origen (**en vermell els paràmetres significatius amb  $p < 0,05$** ). Aigües profundes (18-28 m).

```
lme7<-lme(LDENS~1+fProt+ProfM, method="ML",
  random= ~1|fSite, weights= vf2,data = any2023)
> summary(MDEEP6)
Linear mixed-effects model fit by maximum likelihood
Data: any2023
      AIC      BIC    logLik
13.57784 18.21337 -0.7889208
Random effects:
Formula: ~1 | fSite
      (Intercept) Residual
StdDev: 5.257052e-07 0.2649371
Variance function:
Structure: Different standard deviations per stratum
Formula: ~1 | fProt
Parameter estimates:
  NR  RI
1.000 0.920
Fixed effects: LDENS ~ 1 + fProt + ProfM
              Value Std.Error DF   t-value p-value
(Intercept)  1.8671218 0.5905101 12   3.161880  0.0082
fProtRI      0.4705585 0.1467916 12   3.205624  0.0076
ProfM       -0.0273918 0.0262066 12  -1.045228  0.3165
Correlation:
      (Intr) fPrtrI
fProtRI -0.393
ProfM   -0.984  0.272

Standardized within-Group Residuals:
      Min      Q1      Med      Q3      Max
-1.2920813 -0.8266792 -0.2279124  0.8401084  1.7073742

Number of observations: 16
Number of Groups: 2
```



Escorbals *Sciaena umbra* a les aigües de la RI. Foto: J. Arribas

© Jose A Arribas

Taula 3.11. Densitat mitjana  $\pm$  error estàndard (Nombre d'individus/250 m<sup>2</sup>) de les espècies vulnerables a la pesca censades dins l'àrea de màxima protecció o reserva integral (RI) de la reserva marina de la costa nord-est d'Eivissa-Tagomago en les campanyes del mes d'octubre de 2020, 2021 i 2023. Aigües profundes (18- 28 m).

	2020		2021		2023		2020		2021		2023	
	RI		RI		RI		RI		RI		RI	
	Zona 1 (N= 4)		Zona 1 (N= 8)		Zona 1 (N= 4)		Zona 2 (N= 4)		Zona 2 (N= 8)		Zona 2 (N= 4)	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Sphyraena viridensis</i>	0,3	0,3	1,0	1,0	1,5	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	1,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	2,7	0,0	0,0
<i>Dentex dentex</i>	0,3	0,3	0,1	0,1	1,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	1,8
<i>Conger 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>Diplodus puntazzo</i>	1,0	0,6	0,3	0,2	0,5	0,3	0,3	0,3	0,5	0,3	1,8	0,6
<i>Diplodus sargus</i>	1,0	0,7	1,5	1,0	3,8	1,8	1,5	0,9	4,4	2,5	5,0	0,4
<i>Diplodus vulgaris</i>	30,3	13,8	46,5	28,2	47,5	29,4	12,5	9,2	22,0	7,8	57,0	16,9
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	5,5	3,6	0,1	0,1	0,3	0,3	1,0	0,7	0,0	0,0	0,8	0,5
<i>Epinephelus costae</i>	1,5	0,3	1,0	0,5	0,0	0,0	2,0	1,4	0,6	0,3	0,3	0,3
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,3	0,3	0,1	0,1	0,5	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,3	0,3
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,3	0,3	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3	0,3
<i>Labrus merula</i>	1,5	0,6	0,0	0,0	0,8	0,5	1,3	0,5	0,9	0,4	1,3	0,3
<i>Labrus viridis</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,3	0,3	0,1	0,1	0,3	0,3
<i>Muraena helena</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,5	0,3	0,0	0,0	0,4	0,4	0,5	0,3
<i>Phycis phycis</i>	0,3	0,3	0,0	0,0	0,8	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sciaena umbra</i>	0,8	0,8	11,1	8,8	16,3	11,8	0,3	0,3	0,4	0,4	2,3	1,1
<i>Scorpaena 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>Scorpaena scrofa</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3

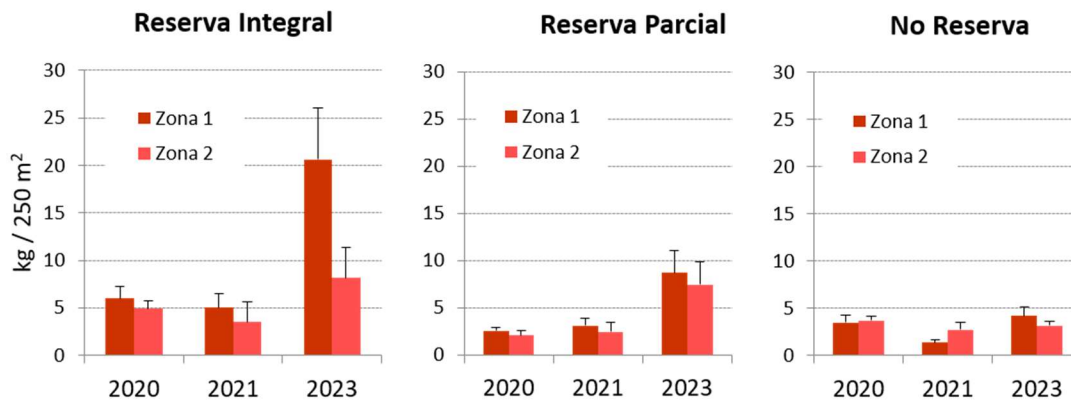
Taula 3.12. Densitat mitjana  $\pm$ error estàndard (Nombre d'individus/250 m<sup>2</sup>) de les espècies vulnerables a la pesca censades dins les zones control no protegides (NR) de la costa nord-oest d'Eivissa-Tagomago en les campanyes del mes d'octubre de 2020, 2021 i 2023. Aigües profundes (18- 28 m).

	2020		2021		2023		2020		2021		2023	
	NR		NR		NR		NR		NR		NR	
	Zona 1 (N= 4)		Zona 1 (N= 8)		Zona 1 (N= 4)		Zona 2 (N= 4)		Zona 2 (N= 8)		Zona 2 (N= 4)	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Sphyraena viridensis</i>	18,0	17,7	1,0	1,0	0,0	0,0	0,8	0,8	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	1,4	2,3	1,9	0,4	0,4	0,3	0,3
<i>Dentex dentex</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>Conger conger</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
<i>Diplodus puntazzo</i>	1,3	0,9	0,0	0,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	1,5	1,0
<i>Diplodus sargus</i>	5,0	2,0	4,6	2,7	3,3	1,0	4,0	1,6	4,6	1,9	8,5	4,0
<i>Diplodus vulgaris</i>	14,8	7,1	14,9	6,0	7,3	3,7	6,0	5,3	22,6	10,0	14,3	5,6
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	2,5	0,6	2,1	1,4	2,3	0,6	18,0	14,4	2,6	1,4	2,5	1,6
<i>Epinephelus costae</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>Epinephelus marginatus</i>	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Mycteroperca 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>Labrus merula</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,3	0,1	0,1	0,3	0,3
<i>Labrus 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
<i>Muraena helena</i>	0,3	0,3	0,5	0,3	1,0	0,7	0,5	0,3	0,0	0,0	0,5	0,3
<i>Phycis phycis</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>Sciaena umbra</i>	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3
<i>Scorpaena porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,5	0,5	0,0	0,0	1,8	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

### 3.3. La biomassa d'espècies demersals

#### *Les aigües superficials (< 15 m)*

El llindar de 4-5 kg/250 m<sup>2</sup> de biomassa d'espècies demersals d'interès pesquer que caracteritza a la majoria de llocs rocosos infralitorals no protegits a les Illes Balears (Coll, 2022), tan sols es veu superat dins les zones protegides de la reserva marina durant el darrer any d'estudi (2023) (Fig. 3.5). A les zones control, cap any i a cap zona se supera l'esmentat llindar. Aquestes tendències són el producte d'un procés temporal diferenciat degut a les mesures de gestió establertes. Tot i això, quan es modela l'evolució de la biomassa en funció del nivell de protecció, del temps i de la fondària, l'efecte significatiu es deu a la reserva parcial (Taula 3.13). Els dos llocs de RP incrementen la biomassa mitjana per un factor de x3,5, passant de 2,3 kg/250 m<sup>2</sup> l'any 2020 a 8,1 kg/250 m<sup>2</sup> el 2023. L'efecte també és positiu a la reserva integral però no significatiu amb el temps, degut a la desigualtat entre les zones 1 i 2 (Fig. 3.5).



**Figura 3.5.** Evolució temporal de la biomassa mitjana (±EE) de peixos demersals (kg/250 m<sup>2</sup>) a dues zones/ llocs dins cadascun dels tres nivells de protecció considerats: RI, RP, NR.

Quan bloquejam les dades per veure tan sols el que ocorre l'any 2023, el model indica que és la protecció total de la RI (14,4 kg/250 m<sup>2</sup>) la que marca les diferències sobre la NR (3,7 kg/250 m<sup>2</sup>) d'una forma significativa (Taula 3.14). Per tant, hi ha un efecte reserva que al llarg del temps ve més marcat per l'homogeneïtat de resposta espacial (zones 1 i 2) a RP, però que en l'actualitat és degut a la RI. De fet, la relació temporal de la biomassa dins la RI estava en els límits de la significança estadística ( $p=0,06$ ), per la qual cosa l'acumulació del seu efecte s'ha fet patent el 2023 (Taulas 3.13 i 3.14).

A la taula 3.15 es pot comprovar com a la zona 1 de RI, fins a 9 espècies mostren major biomassa el 2023 respecte del 2020: *D. puntazzo*, *D. sargus*, *D. vulgaris*, *S. cantharus*, *E. marginatus*, *M. helena*, *S. umbra*, *S. porcus* i *S. scrofa*; mentre que a la zona 2 tan sols 7 espècies mostren un augment de biomassa: *D. puntazzo*, *D. sargus*, *D. vulgaris*, *S. cantharus*, *L. merula*, *M. helena* i *S. umbra*. A les taules 3.16 i 3.17 es mostra la biomassa a RP i a NR.

Taula 3.13 . Resultats del model lineal d'interacció entre el nivell de protecció (fProt) i el temps (TPY), i la fondària mitjana (ProfM) sobre la **biomassa (log10(x+1)) d'espècies vulnerables** demersals, amb els diferents llocs d'estudi (fSite) com a factor aleatori que afecta l'ordenada a l'origen (**en vermell els paràmetres significatius amb p<0,05**). Aigües superficials (5-15 m).

```
lme1log<-lme(logBnb~1+fProt*TPY+ ProfM, method="ML",
  random= ~1|fSite, weights= vf4,data =matriubio)
> summary(lme1log)
Linear mixed-effects model fit by maximum likelihood
  Data: matriubio
      AIC      BIC    logLik
145.3966 193.7478 -55.6983
Random effects:
Formula: ~1 | fSite
      (Intercept)  Residual
StdDev: 1.088268e-05 0.2421905
Variance function:
Structure: Different standard deviations per stratum
Formula: ~1 | fProt * TPY
Parameter estimates:
NR*2 NR*3 NR*5 RI*2 RI*3 RI*5 RP*2 RP*3 RP*5
1.000 1.662 0.845 1.967 3.006 1.626 1.404 1.852 1.226
Fixed effects: logBnb ~ 1 + fProt * TPY + ProfM
              Value Std.Error DF  t-value p-value
(Intercept)  0.2415490 0.19831326 117  1.218017  0.2257
fProtRI      -0.2515888 0.24783638   3 -1.015141  0.3848
fProtRP      -0.5542388 0.18364330   3 -3.018018  0.0568
TPY           0.0200483 0.02881881 117  0.695666  0.4880
ProfM         0.0177270 0.01719801 117  1.030761  0.3048
fProtRI:TPY  0.1298222 0.06893955 117  1.883130  0.0622
fProtRP:TPY  0.1679720 0.05003411 117  3.357149  0.0011
Correlation:
      (Intr) fPrtrI fPrtrP TPY    ProfM fPRI:T
fProtRI    -0.066
fProtRP    -0.336  0.247
TPY        -0.563  0.385  0.541
ProfM      -0.842 -0.200  0.024  0.075
fProtRI:TPY 0.225 -0.901 -0.226 -0.417 -0.020
fProtRP:TPY 0.304 -0.226 -0.929 -0.574 -0.019  0.240
Standardized Within-Group Residuals:
      Min      Q1      Med      Q3      Max
-3.24614302 -0.64404471  0.05805478  0.65497302  2.10503219
Number of Observations: 127
Number of Groups:6
```

Taula 3.14 . Resultats del model lineal entre els diferents nivell de protecció (fProt) en l'any 2023 sobre la **biomassa d'espècies vulnerables (log10(x+1))**, i amb els diferents llocs d'estudi (fSite) com a factor aleatori que afecta l'ordenada a l'origen (**en vermell els paràmetres significatius amb p<0,05**). Aigües superficials (5-15 m).

```
lme3log<-lme(logBnb1ast~1+fProt, method="ML",
  random= ~1|fSite, weights= vf2,data = LASTYEAR)
summary(lme3log)
Linear mixed-effects model fit by maximum likelihood
  Data: LASTYEAR
      AIC      BIC    logLik
21.87606 32.13621 -3.938029
```



## Continuació Taula 3.14

## Random effects:

Formula: ~1 | fSite  
(Intercept) Residual

StdDev: 2.835044e-06 0.2020535

## Variance function:

Structure: Different standard deviations per stratum

Formula: ~1 | fProt

Parameter estimates:

NR	RI	RP
1.000	1.907	1.459

## Fixed effects: logBnblast ~ 1 + fProt

	Value	Std.Error	DF	t-value	p-value
(Intercept)	0.5307782	0.06127053	26	8.662862	0.0000
fProtRI	0.4985255	0.15571441	3	3.201537	0.0493
fProtRP	0.2838908	0.10841903	3	2.618459	0.0791

Correlation:

(Intr) fPrtrI  
fProtRI -0.393

fProtRP -0.565 0.222

Standardized Within-Group Residuals:

Min	Q1	Med	Q3	Max
-2.1615014	-0.8227220	0.1012095	0.8021194	1.8552099

Number of Observations: 32

Number of Groups: 6

A la figura 3.6 es pot observar com es distribueix la biomassa enregistrada dins cada nivell de protecció en la darrera campanya de censos de 2023. L'espècie dominant als tres nivells de protecció és la variada *D. vulgaris*, sempre amb una representació mínima de 1/3 de la biomassa total. Tot i això, la composició percentual entre RI, RP i NR és força diferent. Tant a RI com a RP hi ha una bona representació de l'escorball *S. umbra* i hi apareix relativament ben representat l'anfós *E. marginatus*. A fora de la reserva les espècies del gènere *Diplodus*, de menor nivell tròfic: *D. vulgaris* i *D. sargus*, representen més de 3/4 parts de la biomassa.

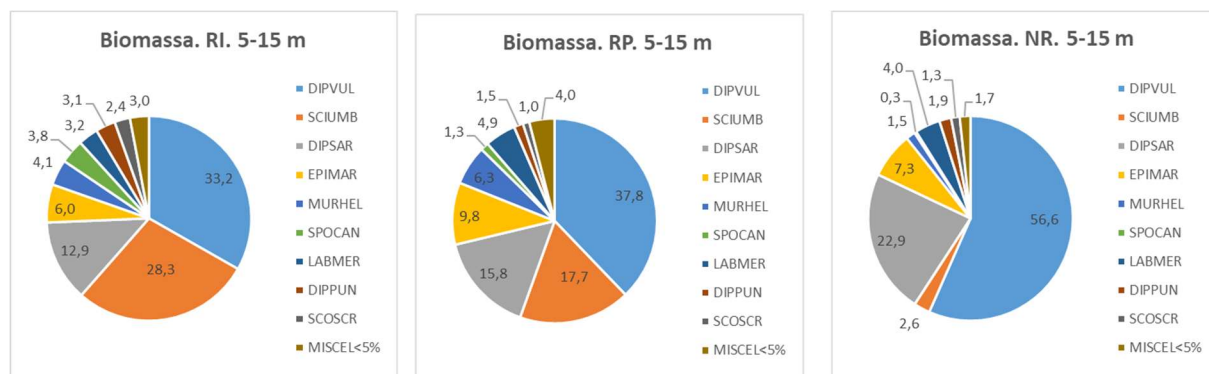


Figura 3. 6. Composició específica (%) de la biomassa acumulada d'espècies demersals en les aigües superficials (< 15 m) de l'àrea de màxima protecció (RI), de protecció parcial (RP) i als controls no protegits (NR). Dades de 2023. La clau de la llegenda es correspon amb les tres primeres lletres del gènere i espècie (DIPVUL= *Diplodus vulgaris*). El grup MISCEL<5% és un grup constant d'espècies que en conjunt no han assolit mai un percentatge >5%: *Myxeroperca rubra*, *Epinephelus costae*, *Scorpaena porcus*, *Sparisoma cretense*, *Conger conger*, *Labrus viridis*, *Phycis phycis* i *Pomadasys incisus*.



Taula 3.15. Biomassa mitjana  $\pm$  error estàndard (kg/250 m<sup>2</sup>) de les espècies vulnerables a la pesca censades dins l'àrea de màxima protecció o reserva integral (RI) de la reserva marina de la costa nord-est d'Eivissa-Tagomago en les campanyes del mes d'octubre de 2020, 2021 i 2023. Aigües superficials (5- 15 m).

	2020		2021		2023		2020		2021		2023	
	RI		RI		RI		RI		RI		RI	
	ZONA 1 (N= 8)	EE	ZONA 1 (N= 8)	EE	ZONA 1 (N= 4)	EE	ZONA 2 (N= 8)	EE	ZONA 2 (N= 8)	EE	ZONA 2 (N= 4)	EE
<i>Sphyræna viridensis</i>	12,1	9,1	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	0,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	1,5	2,8	2,3
<i>Dentex dentex</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,6	0,1
<i>Diplodus sargus</i>	0,4	0,3	0,3	0,2	2,8	0,6	0,3	0,2	0,3	0,1	0,9	0,4
<i>Diplodus vulgaris</i>	1,8	0,6	2,3	1,1	5,9	2,4	0,6	0,4	2,5	2,2	3,7	2,7
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0,2	0,1	0,1	0,1	0,8	0,8	0,0	0,0	0,2	0,1	0,3	0,2
<i>Sparus 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>Sparisoma cretense</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>Conger 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>Epinephelus costae</i>	1,7	1,1	1,8	0,7	0,2	0,2	1,4	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,0	0,0	0,4	0,2	1,5	0,7	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,4	1,5	0,6	0,2	0,2	0,0	0,0
<i>Labrus merula</i>	0,8	0,1	0,1	0,1	0,6	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2
<i>Labrus viridis</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>Muraena helena</i>	0,5	0,4	0,0	0,0	0,7	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,4	0,3
<i>Phycis phycis</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>Pomadasys incisus</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>Sciaena umbra</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	6,5	2,9	0,3	0,2	0,0	0,0	1,7	1,2
<i>Scorpaena 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>Scorpaena scrofa</i>	0,2	0,1	0,0	0,0	0,6	0,4	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1

Taula 3.16. Biomassa mitjana  $\pm$  error estàndard (kg/250 m<sup>2</sup>) de les espècies vulnerables a la pesca censades dins l'àrea de protecció parcial (RP) de la reserva marina de la costa nord-est d'Eivissa-Tagomago en les campanyes del mes d'octubre de 2020, 2021 i 2023. Aigües superficials (5- 15 m).

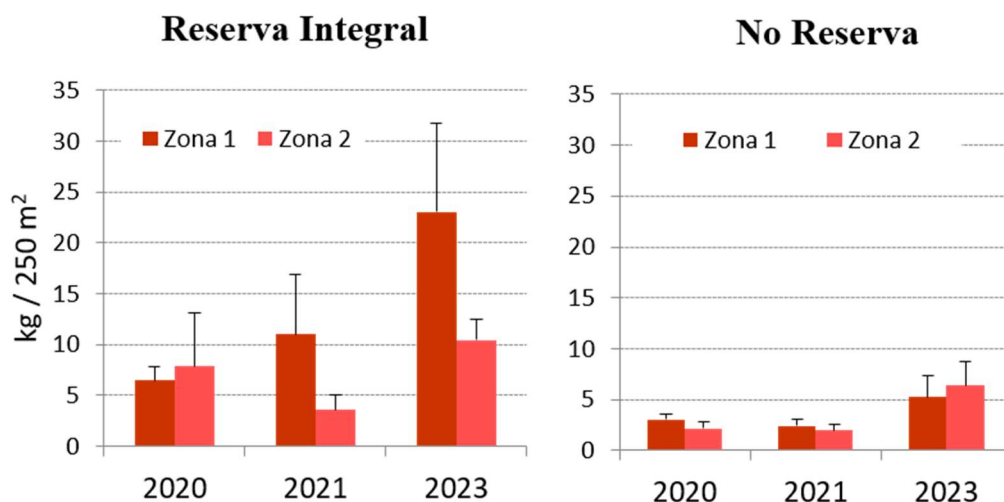
	2020		2021		2023		2020		2021		2023	
	RP ZONA 1 (N= 8)		RP ZONA 1 (N= 7)		RP ZONA 1 (N= 6)		RP ZONA 2 (N= 8)		RP ZONA 2 (N= 8)		RP ZONA 2 (N= 6)	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Sphyraena viridensis</i>	3,6	2,8	0,0	0,0	2,4	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	2,6	1,5	2,9	1,9	0,3	0,3	0,0	0,0	0,4	0,4	0,6	0,3
<i>Dentex dentex</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1
<i>Diplodus sargus</i>	0,1	0,1	0,2	0,1	1,8	0,7	0,4	0,2	0,4	0,2	0,7	0,1
<i>Diplodus vulgaris</i>	0,7	0,2	1,2	0,5	3,1	1,5	0,6	0,3	0,9	0,4	3,0	1,0
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Sparus 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>Sparisoma 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>Conger 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>Epinephelus costae</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>Epinephelus marginatus</i>	0,6	0,5	0,3	0,2	1,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,2
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0
<i>Labrus merula</i>	0,9	0,2	0,3	0,1	0,3	0,2	0,9	0,2	0,3	0,1	0,5	0,2
<i>Labrus viridis</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,3	0,1
<i>Muraena helena</i>	0,0	0,0	0,5	0,3	0,8	0,3	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1
<i>Phycis phycis</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>Pomadasys incisus</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>Sciaena umbra</i>	0,0	0,0	0,3	0,2	1,1	0,6	0,0	0,0	0,3	0,2	1,8	1,0
<i>Scorpaena 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>Scorpaena scrofa</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Taula 3.17. Biomassa mitjana  $\pm$  error estàndard (kg/250 m<sup>2</sup>) de les espècies vulnerables a la pesca censades dins les zones control no protegides (NR) de la costa nord-oest d'Eivissa en les campanyes del mes d'octubre de 2020, 2021 i 2023. Aigües superficials (5- 15 m).

	2020		2021		2023		2020		2021		2023	
	NR		NR		NR		NR		NR		NR	
	ZONA 1 (N= 8)	EE	ZONA 1 (N= 8)	EE	ZONA 1 (N= 6)	EE	ZONA 2 (N= 8)	EE	ZONA 2 (N= 8)	EE	ZONA 2 (N= 6)	EE
<i>Sphyraena viridensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	2,4	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	1,0	0,6	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,3	0,3
<i>Dentex dentex</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>Diplodus puntazzo</i>	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1
<i>Diplodus sargus</i>	0,6	0,2	0,2	0,1	1,0	0,7	0,6	0,1	0,3	0,1	0,7	0,2
<i>Diplodus vulgaris</i>	1,3	0,2	0,4	0,1	2,3	1,0	1,5	0,4	1,8	0,6	1,8	0,5
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>Sparisoma cretense</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>Conger 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>Epinephelus costae</i>	0,0	0,0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,3	0,2
<i>Mycteroperca rubra</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>Labrus merula</i>	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Labrus viridis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
<i>Muraena helena</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Phycis phycis</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>Pomadasys incisus</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>Sciaena umbra</i>	0,9	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1
<i>Scorpaena 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>Scorpaena scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Sparus aurata</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

### *Les aigües profundes (18-28 m)*

A la figura 3.6 es pot observar que hi ha una tendència creixent de la biomassa de peixos demersals, tot i que es dona, en diferent magnitud, tant a RI com a NR. La biomassa d'aquests peixos acumulada a tots els transsectes de RI (N=8) en el darrer any d'estudi suma 134 kg, en front dels 46 kg acumulats als 8 transsectes realitzats fora de la reserva. Si bé nominalment semblen unes diferències concloents, l'heterogeneïtat espacial dins la reserva és molt grossa encara; tant a nivell de transsecte (alta dispersió (EE) al lloc o zona 1) com entre zones o llocs (el lloc 2 mostra menys de la meitat de biomassa que el lloc 1). Aquest fet provoca que els errors dels paràmetres de qualsevol model que pretengui predir la biomassa en funció del nivell de protecció, del temps i de la covariable de profunditat, siguin molt grossos i no significatius (els pendents no es diferencien de zero). Així, tot i la major biomassa acumulada dins la reserva, no es pot concloure que els valors dels transsectes depenguin ara per ara dels factors esmentats (Taula 3.18). Certament el lleuger increment de biomassa observada als controls també té a veure amb aquestes conclusions.



**Figura 3.6.** Evolució temporal de la biomassa mitjana ( $\pm$ EE) de peixos demersals ( $\text{kg}/250 \text{ m}^2$ ) a dues zones/llocs profunds (18-28 m) dins RI i dins NR.

Taula 3.18. Resultats del model lineal d'interacció entre el nivell de protecció (fProt) i el temps (TPY), i la fondària mitjana (ProfM) sobre la **biomassa (log10(x+1)) d'espècies vulnerables** demersals, amb els diferents llocs d'estudi (fSite) com a factor aleatori que afecta l'ordenada a l'origen (**en vermell els paràmetres significatius amb p<0,05**). Aigües profundes (18-28 m).

```
MDEEP1<-lme(LBnb~1+fProt*TPY+ProfM, method="ML",
  random= ~1|fSite, weights= vf4,data = matriubiored)
> summary(MDEEP1)
Linear mixed-effects model fit by maximum likelihood
Data: matriubiored
      AIC      BIC    logLik
90.6233 116.5299 -33.31165
Random effects:
Formula: ~1 | fSite
      (Intercept) Residual
StdDev: 1.319828e-05 0.1994402
Variance function:
Structure: Different standard deviations per stratum
Formula: ~1 | fProt * TPY
Parameter
estimates:
      NR*2      RI*2      NR*3      RI*3      NR*5      RI*5
1.000000 2.303234 2.335827 3.210209 1.574553 1.480953
Fixed effects: LBnb ~ 1 + fProt * TPY + ProfM
              Value Std.Error DF   t-value p-value
(Intercept) 0.09654730 0.3594559 58  0.2685929 0.7892
fProtRI     -0.02477221 0.2913598 58 -0.0850228 0.9325
TPY         0.08367734 0.0543548 58  1.5394642 0.1291
ProfM       0.00381201 0.0215430 58  0.1769487 0.8602
fProtRI:TPY 0.10286850 0.0776518 58  1.3247407 0.1905
Correlation:
      (Intr) fPrtrI TPY    ProfM
fProtRI -0.171
TPY      0.191  0.394
ProfM    -0.918 -0.026 -0.544
fProtRI:TPY 0.121 -0.932 -0.549 0.103
Standardized within-Group Residuals:
      Min      Q1      Med      Q3      Max
-2.3226810 -0.8560675 -0.1342740 0.5134128 1.8721545
Number of Observations: 64
Number of Groups: 2
```

La composició del gruix de la biomassa segueix un patró paral·lel al que s'ha observat en les aigües superficials, amb una dominància d'espàrids del gènere *Diplodus* a les zones control, on les espècies *S. umbra* i *E. marginatus* són gairebé absents; i una contribució molt important de la primera (41%) dins la reserva integral (Fig. 3.7). La biomassa mitjana per a cada espècie es pot observar a les taules 3.19 i 3.20.

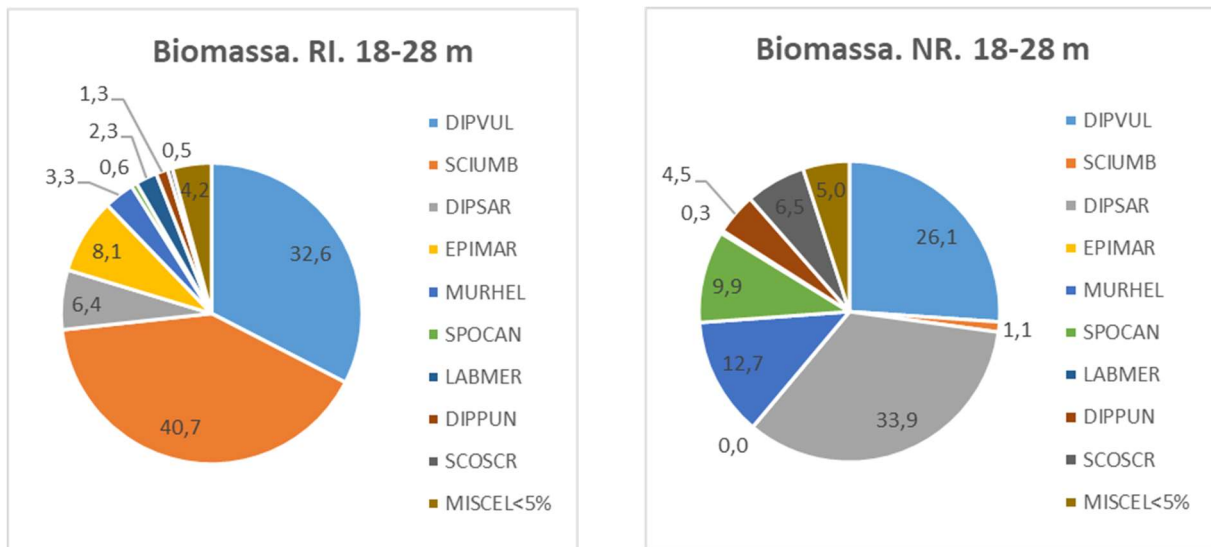
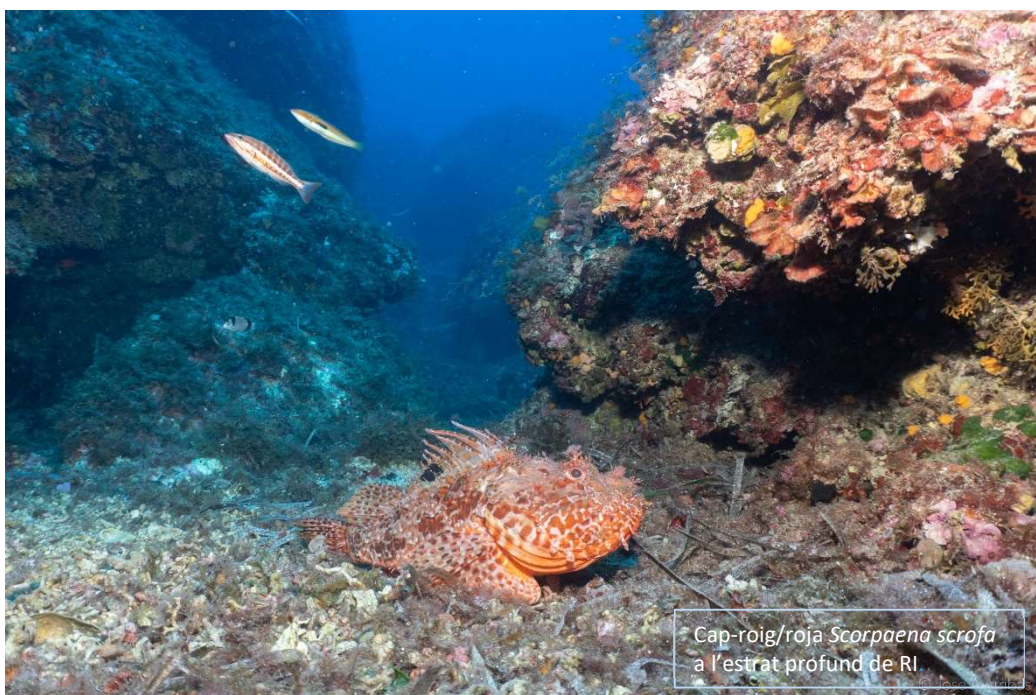


Figura 3.7. Composició específica (%) de la biomassa acumulada d'espècies demersals en les aigües profundes (18-28 m) de l'àrea de màxima protecció (RI) i als controls no protegits (NR). Dades de 2023. La clau de la llegenda es correspon amb les tres primeres lletres del gènere i espècie (DIPVUL= *Diplodus vulgaris*). El grup MISCEL<5% és un grup constant d'espècies que en conjunt no han assolit mai un percentatge >5%: *Myxeroperca rubra*, *Epinephelus costae*, *Scorpaena porcus*, *Sparisoma cretense*, *Conger conger*, *Labrus viridis*, *Phycis phycis* i *Pomadasys incisus*.





Taula 3.19. Biomassa mitjana  $\pm$  error estàndard (kg/250 m<sup>2</sup>) de les espècies vulnerables a la pesca censades dins l'àrea de màxima protecció o reserva integral (RI) de la reserva marina de la costa nord-est d'Eivissa-Tagomago en les campanyes del mes d'octubre de 2020, 2021 i 2023. Aigües profundes (18-28 m).

	2020		2021		2023		2020		2021		2023	
	RI		RI		RI		RI		RI		RI	
	Zona 1 (N= 4)		Zona 1 (N= 8)		Zona 1 (N= 4)		Zona 2 (N= 4)		Zona 2 (N= 8)		Zona 2 (N= 4)	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Sphyraena viridensis</i>	0,1	0,1	0,3	0,3	1,1	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	1,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	2,6	0,0	0,0
<i>Dentex dentex</i>	0,5	0,5	0,0	0,0	1,9	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	1,7
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,1
<i>Diplodus sargus</i>	0,1	0,0	0,3	0,1	1,1	0,5	0,1	0,1	0,5	0,4	1,0	0,1
<i>Diplodus vulgaris</i>	1,6	0,6	4,9	3,5	5,1	3,8	1,0	0,8	0,9	0,4	5,9	1,6
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1
<i>Conger 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>Epinephelus costae</i>	2,7	0,7	1,3	0,6	0,0	0,0	5,1	3,4	1,2	0,6	0,2	0,2
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,3	0,3	0,1	0,1	2,4	1,5	0,8	0,8	0,1	0,1	0,3	0,3
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,4	0,4	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2
<i>Labrus merula</i>	0,5	0,3	0,0	0,0	0,4	0,2	0,4	0,3	0,2	0,1	0,4	0,1
<i>Labrus viridis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Muraena helena</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,7	0,4	0,0	0,0	0,2	0,2	0,3	0,2
<i>Phycis phycis</i>	0,2	0,2	0,0	0,0	1,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sciaena umbra</i>	0,3	0,3	3,5	3,0	12,2	8,9	0,3	0,3	0,2	0,2	1,4	0,5
<i>Scorpaena 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>Scorpaena scrofa</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2

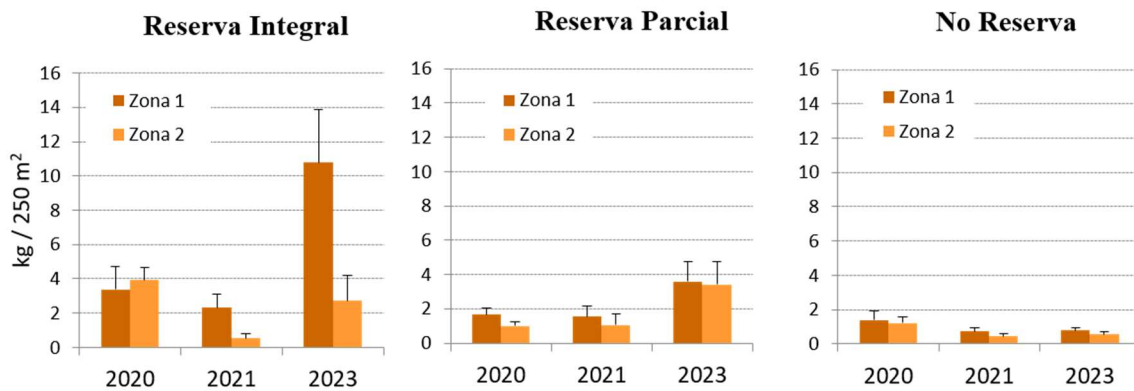
Taula 3.20. Biomassa mitjana  $\pm$  error estàndard (kg/250 m<sup>2</sup>) de les espècies vulnerables a la pesca censades dins les zones control no protegides (NR) de la costa nord-oest d'Eivissa en les campanyes del mes d'octubre de 2020, 2021 i 2023. Aigües profundes (18- 28 m).

	2020		2021		2023		2020		2021		2023	
	NR		NR		NR		NR		NR		NR	
	Zona 1 (N= 4)		Zona 1 (N= 8)		Zona 1 (N= 4)		Zona 2 (N= 4)		Zona 2 (N= 8)		Zona 2 (N= 4)	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Sphyraena viridensis</i>	7,4	7,3	0,6	0,6	0,0	0,0	0,3	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,5	1,1	1,0	0,3	0,3	0,1	0,1
<i>Dentex dentex</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>Diplodus puntazzo</i>	0,3	0,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,3
<i>Diplodus sargus</i>	0,6	0,2	0,4	0,3	1,5	0,6	0,3	0,1	0,4	0,1	2,4	1,3
<i>Diplodus vulgaris</i>	1,1	0,6	0,9	0,4	1,4	0,8	0,3	0,2	1,4	0,6	1,6	0,6
<i>Spondylisoma cantharus</i>	0,4	0,1	0,3	0,2	0,4	0,2	0,9	0,5	0,2	0,1	0,7	0,5
<i>Conger conger</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
<i>Epinephelus costae</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>Epinephelus marginatus</i>	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>Mycteroperca 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>Labrus merula</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Labrus 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
<i>Muraena helena</i>	0,2	0,2	0,5	0,3	0,9	0,5	0,4	0,3	0,0	0,0	0,6	0,5
<i>Phycis phycis</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>Sciaena umbra</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>Scorpaena 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>Scorpaena scrofa</i>	0,2	0,2	0,0	0,0	0,8	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

### 3.4. La biomassa d'espècies d'alt nivell tròfic (NT>3,5)

#### *Les aigües superficials (< 15 m)*

L'indicador  $B_{NT>3,5}$  mostra un bon resultat a la zona 1 de la RI (10,8 kg/250 m<sup>2</sup>), amb un increment de x3 vegades el resultat inicial de 2020 (3,4 kg/250 m<sup>2</sup>). Tret d'aquest lloc, els altres canvis són febles, tant a la zona 2 de RI, que minva lleugerament el 2023 respecte del primer any d'estudi, com a la RP, que presenta increments discrets fins a 3 kg/250 m<sup>2</sup>; mentre que minven als dos llocs estudiats a NR (Fig. 3.8).



**Figura 3.8.** Evolució temporal de la biomassa mitjana ( $\pm$ EE) de peixos demersals d'alt nivell tròfic (kg/250 m<sup>2</sup>) a dues zones/llocs dins cadascun dels tres nivells de protecció considerats: RI, RP, NR.

L'anàlisi de la taula 3.21 conclou que a major fondària, dins l'estrat superficial, augmenta la biomassa d'aquestes espècies, sense, de moment, un efecte significatiu de la protecció. Hi ha més biomassa d'espècies d'alt nivell tròfic el 2023 que el 2020 dins la reserva marina però la seva distribució a l'espai és massa heterogènia encara per tal que els valors mitjans siguin indicadors significatius de l'efecte reserva.

Les espècies d'alt nivell tròfic que mostren un augment a la zona 1 són: *E. marginatus*, *M. helena*, *S. umbra*, *S. porcus* i *S. scrofa* (Taula 3.19).

Taula 3.21 . Resultats del model lineal d'interacció entre el nivell de protecció (fProt) i el temps (TPY), i la fondària mitjana (ProfM) sobre la **biomassa (log10(x+1)) d'espècies vulnerables demersals d'alt nivell tròfic (NT>3,5)**, amb els diferents llocs d'estudi (fSite) com a factor aleatori que afecta l'ordenada a l'origen (**en vermell els paràmetres significatius amb p<0,05**). Aigües superficials (5-15 m).

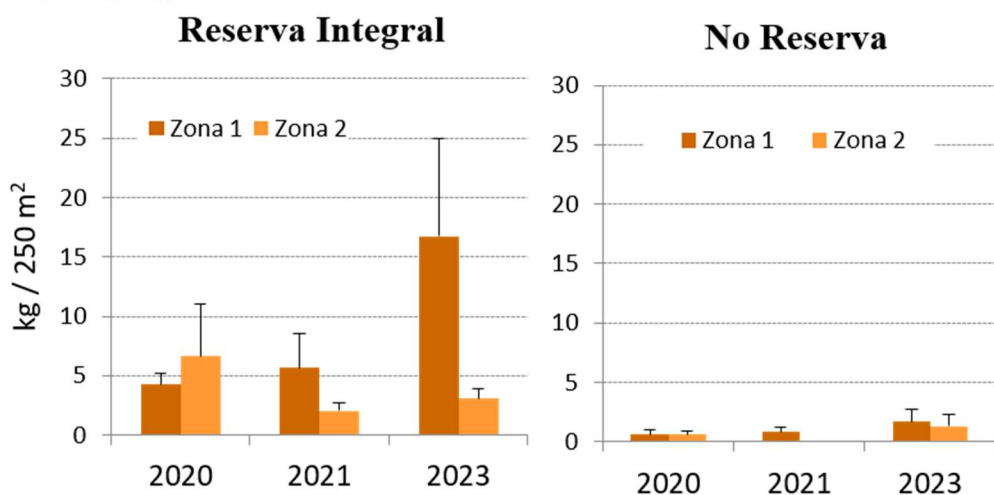
```

lme1log<-lme(lBNT35~1+fProt*TPY+ ProfM, method="ML",
  random= ~1|fSite, weights= vf4,data = matriubio)
> summary(lme1log)
Linear mixed-effects model fit by maximum likelihood
  Data: matriubio
      AIC      BIC    logLik
190.1386 238.4898 -78.06932
Random effects:
  Formula: ~1 | fSite
      (Intercept) Residual
StdDev: 1.559005e-05 0.4890241
Variance function:
  Structure: Different standard deviations per stratum
  Formula: ~1 | fProt * TPY
Parameter estimates:
  NR*2 NR*3 NR*5 RI*2 RI*3 RI*5 RP*2 RP*3 RP*5
1.000 1.001 0.335 1.058 1.482 1.526 0.705 0.969 0.794
Fixed effects: lBNT35 ~ 1 + fProt * TPY + ProfM
      Value Std.Error DF t-value p-value
(Intercept) -0.8628111 0.2621803 117 -3.290907 0.0013
fProtRI      0.2699625 0.3434834   3  0.785955  0.4893
fProtRP      0.0013472 0.2423292   3  0.005559  0.9959
TPY          0.0235352 0.0396901 117  0.592974  0.5543
ProfM        0.0638966 0.0192320 117  3.322407 0.0012
fProtRI:TPY -0.0073379 0.1066713 117 -0.068790  0.9453
fProtRP:TPY  0.0999766 0.0626201 117  1.596557  0.1131
  Correlation:
      (Intr) fPrtrRI fPrtrRP TPY   ProfM fPRI:T
fProtRI -0.231
fProtRP -0.538  0.383
TPY      -0.726  0.493  0.723
ProfM    -0.727 -0.178  0.038  0.083
fProtRI:TPY 0.230 -0.917 -0.267 -0.368  0.024
fProtRP:TPY 0.446 -0.316 -0.936 -0.632 -0.033  0.233
Standardized Within-Group Residuals:
      Min      Q1      Med      Q3      Max
-2.63898846 -0.71561132  0.09133586  0.71621199  1.93553408
Number of Observations: 127
Number of Groups: 6

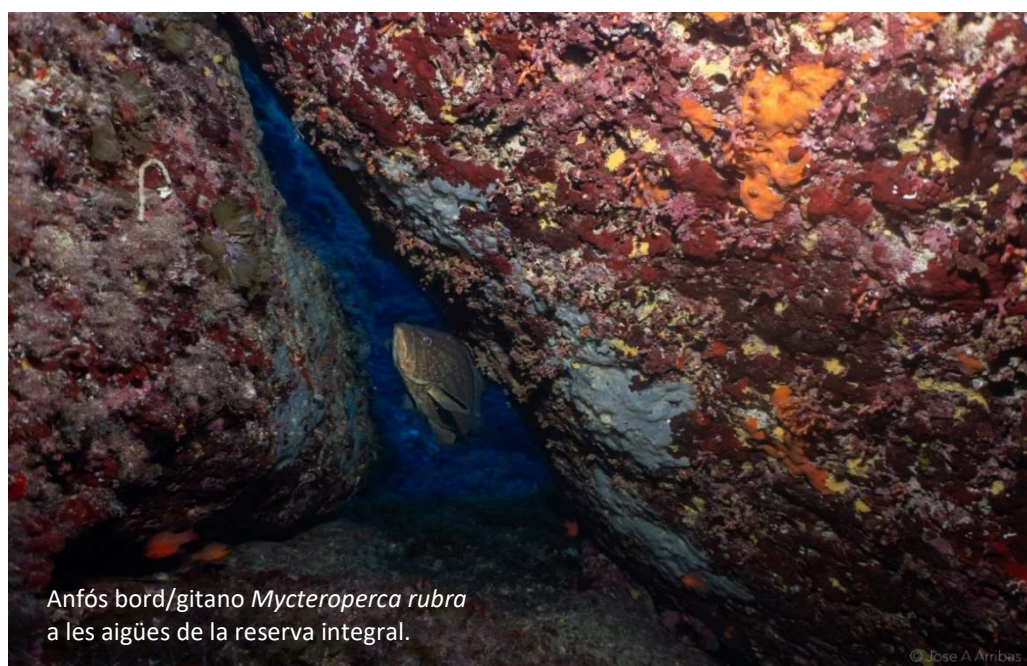
```

### Les aigües profundes (18-28 m)

A les aigües profundes de RI es veu un resultat molt positiu a la zona 1, amb un increment de x4 vegades la biomassa original i un resultat final de 17 kg/250 m<sup>2</sup>, mentre que la zona 2 minva respecte del primer any d'estudi, per davall dels 2 kg/250 m<sup>2</sup> (Fig. 3,8). Les zones control mostren força estabilitat de les dades entre llocs i anys, sempre per davall dels 2 kg/250 m<sup>2</sup>. Tot i l'heterogeneïtat explicada per a la reserva, el model aplicat dona una significança de  $p=0,06$  per al factor de màxima protecció (RI) (Taula 3.22). Formalment no es pot concloure amb un efecte reserva per a aquestes espècies, o ser conscients de la probabilitat del 6% d'error en afirmar-lo.



**Figura 3.8.** Evolució temporal de la biomassa mitjana ( $\pm EE$ ) de peixos demersals d'alt nivell tròfic (kg/250 m<sup>2</sup>) a dues zones/llocs profunds (18-28 m) dins RI i dins NR.



Taula 3.22 . Resultats del model lineal d'interacció entre el nivell de protecció (fProt) i el temps (TPY), i la fondària mitjana (ProfM) sobre la **biomassa ( $\log_{10}(x+1)$ ) d'espècies vulnerables demersals d'alt nivell tròfic (NT>3,5)**, amb els diferents llocs d'estudi (fSite) com a factor aleatori que afecta l'ordenada a l'origen (**en vermell els paràmetres significatius amb  $p < 0,05$** ). Aigües profundes (18-28 m).

---

```
MDEEP4<-lme(LB35~1+fProt*TPY+ProfM, method="ML",
  random= ~1|fSite, weights= vf4,data = matriubiored)
> summary(MDEEP4)
Linear mixed-effects model fit by maximum likelihood
  Data: matriubiored
      AIC      BIC    logLik
136.0092 161.9158 -56.00458
Random effects:
Formula: ~1 | fSite
      (Intercept) Residual
StdDev:  0.09571089 0.5728102
Variance function:
  Structure: Different standard deviations per stratum
  Formula: ~1 | fProt * TPY
Parameter estimates:
      NR*2      RI*2      NR*3      RI*3      NR*5      RI*5
1.0000000 0.8257091 0.8911259 1.2810454 1.3385564 0.7093352
Fixed effects:  LB35 ~ 1 + fProt * TPY + ProfM
              Value Std.Error DF   t-value p-value
(Intercept) -0.8710517 0.6993438  58 -1.2455273  0.2179
fProtRI      0.8775755 0.4647082  58  1.8884441  0.0640
TPY          0.0246935 0.1287610  58  0.1917778  0.8486
ProfM        0.0120557 0.0385272  58  0.3129136  0.7555
fProtRI:TPY 0.0605794 0.1396201  58  0.4338874  0.6660
Correlation:
      (Intr) fPrtrRI TPY    ProfM
fProtRI  -0.397
TPY      -0.117  0.710
ProfM    -0.842 -0.030 -0.411
fProtRI:TPY 0.341 -0.947 -0.808  0.102
Standardized within-Group Residuals:
      Min      Q1      Med      Q3      Max
-2.1734285 -0.7513300 -0.1579945  0.6870071  2.0650691
Number of Observations: 64
Number of Groups: 2
```

---



### 3.5. La distribució de talles de les espècies més freqüents i abundants

#### *Les aigües superficials (5-15 m)*

Poques espècies han mostrat un nombre d'individus suficient ( $N \geq 30$ ) en cada un dels 9 casos tractats si combinam els tres anys d'estudi amb els 3 nivells de protecció (integrant les dades de les dues zones dins cada nivell). A la taula 3.23 es mostren aspectes descriptius de la variable talla per a les espècies més freqüents en els diferents anys. I a mode simplement exploratori, per tenir una primera impressió de com es comporten les talles mitjanes de l'espècie en la dimensió espai-temps, però sense entrar en contrast d'hipòtesis per mor del ja esmentat problema de la baixa  $N$ , es mostra l'evolució temporal de la talla mitjana  $\pm$  DE a la figura 3.9.

**Taula 3.23.** Estadística descriptiva, amb el nombre d'individus observat ( $N$ ), les talles mitjanes (cm), desviació estàndard (DE), valors mínims i màxims dins cada nivell de protecció en els tres anys de seguiment: 2020, 2021 i 2023.

	2020					2021					2023				
	N	Mitj.	DE	min.	Màx.	N	Mitj.	DE	min.	Màx.	N	Mitj.	DE	min.	Màx.
<b><i>D. puntazzo</i></b>															
RI	12	18,8	4,0	13,0	26,0	2	17,0	1,4	16,0	18,0	13	26,7	2,0	22,0	29,0
RP	7	20,3	5,9	15,0	29,0	16	14,4	5,9	10,0	30,0	5	26,8	2,8	23,0	30,0
NR	15	20,8	4,8	14,0	28,0	5	19,6	5,0	16,0	28,0	5	21,6	5,0	13,0	26,0
<b><i>D. sargus</i></b>															
RI	49	18,3	3,9	14,0	38,0	41	18,3	1,8	16,0	26,0	48	25,7	2,9	20,0	33,0
RP	51	15,8	3,9	8,0	26,0	83	13,6	4,4	4,0	30,0	61	23,2	5,5	8,0	30,0
NR	71	18,2	6,3	4,0	28,0	45	14,7	5,4	4,0	28,0	100	14,7	7,8	4,0	30,0
<b><i>D. vulgaris</i></b>															
RI	273	15,9	3,2	8,0	35,0	673	15,2	2,4	8,0	22,0	385	18,0	3,7	6,0	26,0
RP	193	14,9	2,3	8,0	20,0	304	14,2	3,5	6,0	24,0	311	19,0	4,2	6,0	28,0
NR	215	18,0	4,6	2,0	24,0	276	15,6	3,4	4,0	26,0	322	16,3	4,2	4,0	27,0
<b><i>S. umbra</i></b>															
RI	7	30,4	6,7	26,0	45,0	1	30,0	-	30,0	30,0	51	35,8	4,5	18,0	46,0
RP	1	14,0		14,0	14,0	21	25,8	1,5	20,0	28,0	30	34,5	5,2	14,0	40,0
NR	32	28,1	6,0	18,0	43,0	12	24,4	5,0	16,0	30,0	5	24,4	8,2	12,0	34,0
<b><i>L. merula</i></b>															
RI	18	30,7	6,2	20,0	40,0	10	25,6	5,1	16,0	32,0	7	32,7	2,5	30,0	37,0
RP	30	30,5	6,5	16,0	40,0	19	24,1	7,0	10,0	32,0	13	28,8	4,7	18,0	34,0
NR	21	25,4	4,3	16,0	32,0	7	25,4	3,0	20,0	30,0	6	27,2	3,1	24,0	32,0
<b><i>E. marginatus</i></b>															
RI	1	45,0	-	45,0	45,0	4	36,0	4,3	30,0	40,0	5	40,8	12,1	28,0	60,0
RP	4	39,0	13,3	20,0	50,0	5	27,2	12,5	14,0	46,0	14	32,7	9,3	12,0	44,0
NR	2	39,5	7,8	34,0	45,0	2	31,0	9,9	24,0	38,0	7	27,3	10,8	12,0	42,0
<b><i>E. costae</i></b>															
RI	15	38,7	13,2	18,0	70,0	7	43,4	9,4	30,0	60,0	1	38,0	-	38,0	38,0
RP	0	-	-	-	-	1	20,0		20,0	20,0	0	-	-	-	-
NR	2	15,0	1,4	14,0	16,0	3	27,0	10,8	18,0	39,0	1	36,0	-	36,0	36,0
<b><i>M. rubra</i></b>															
RI	10	45,3	7,4	28,0	50,0	1	50,0	-	50,0	50,0	2	48,5	2,1	47,0	50,0
RP	0	-	-	-	-	1	50,0	-	50,0	50,0	0	-	-	-	-
NR	0	-	-	-	-	2	35,0	7,1	30,0	40,0	0	-	-	-	-

En aquesta figura es pot apreciar com hi ha 4 espècies: *D. puntazzo*, *D. sargus*, *D. vulgaris* i *S. umbra* que presenten un patró creixent en el darrer any de campanya (2023) respecte a les zones control no protegides, on l'estabilitat o fins i tot la minva de la talla mitjana n'és la pauta. El tord massot *L. merula* és l'única d'aquestes espècies que no mostra cap tendència definida, amb una talla mitjana d'entre 25 i 30 cm tant a RI com a RP i a NR al llarg dels anys (Fig. 3.9).

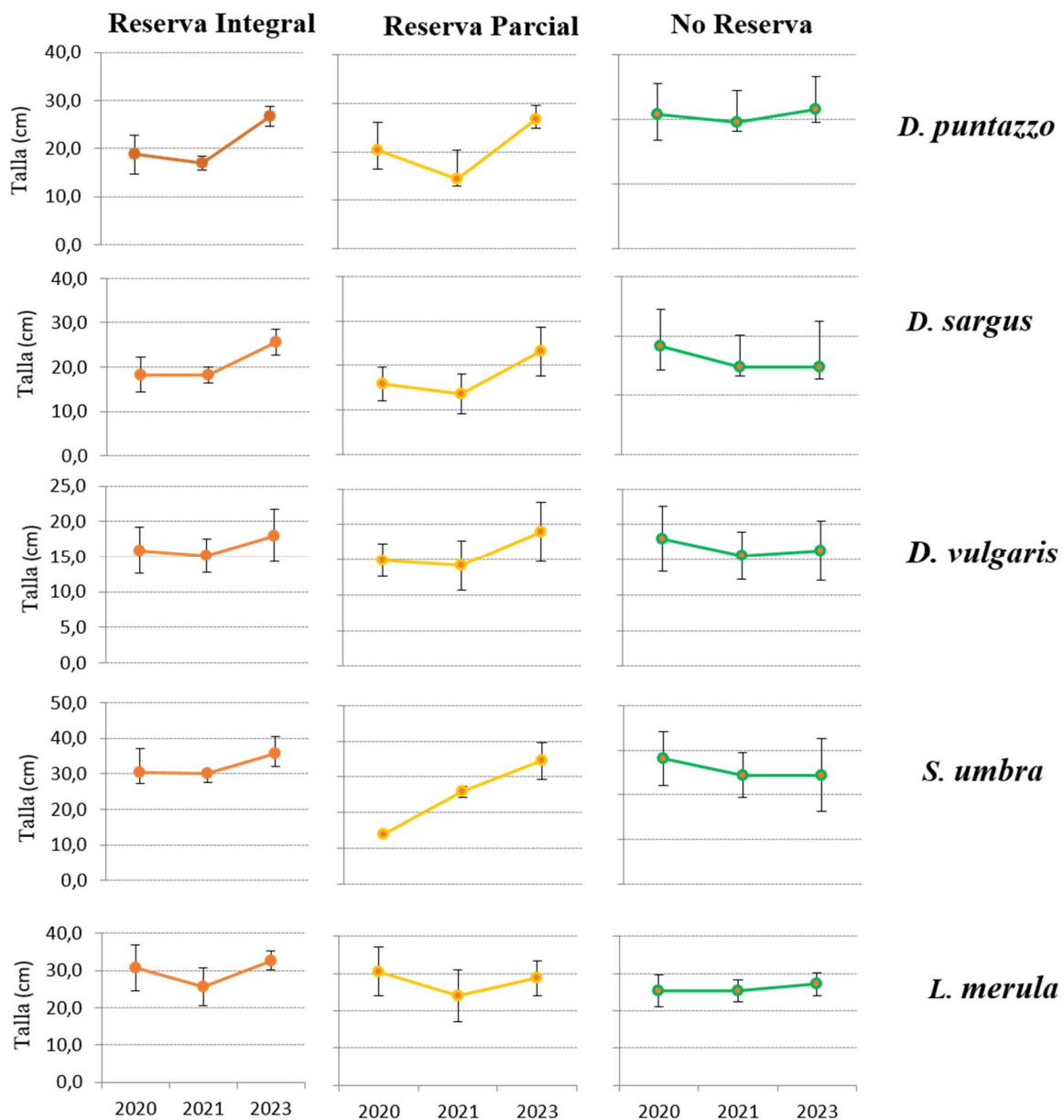
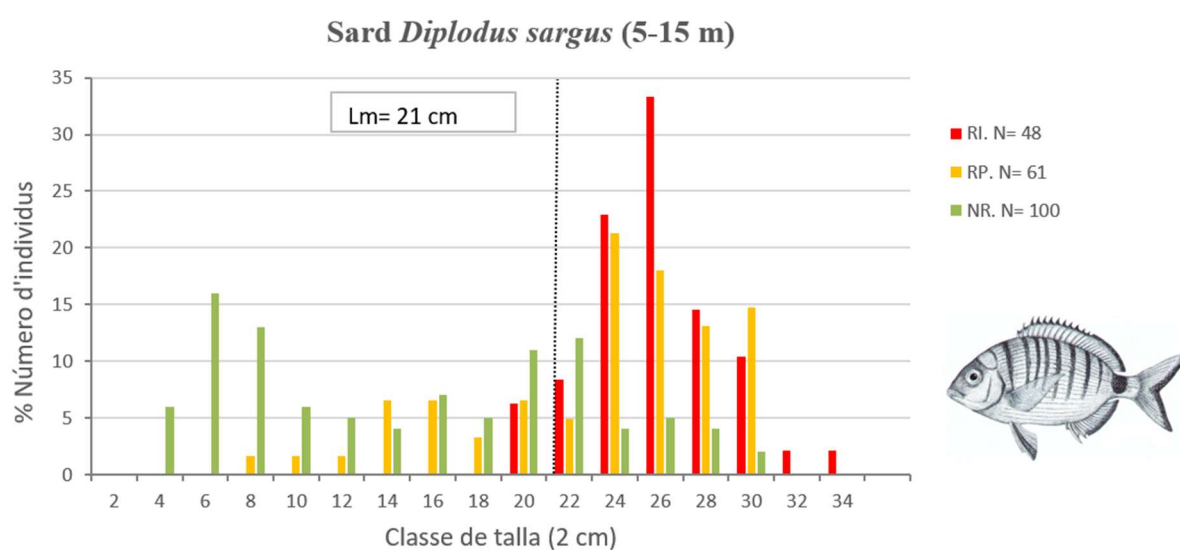


Figura. 3.9. Evolució de la talla mitjana (cm)  $\pm$  DE de les espècies més freqüents i abundants en la RMNEET.

Les espècies més abundants en aquestes aigües superficials ens poden informar d'aspectes d'interès de cada nivell de protecció, i establir contrastos d'hipòtesis entre ells amb les dades de

la recent campanya d'octubre de 2023. Aquestes espècies són el sard *D. sargus*, la variada *D. vulgaris* i l'escorball o corba *S. umbra*.

En el cas del sard, la figura 3.10 ens mostra una distribució de talles totalment esbiaixada cap a la dreta en el cas de RI i RP, amb talles modals de 26 i 24 cm respectivament, en front d'una moda totalment juvenil (6 cm) que es correspon amb joves de l'any (0+) (Gordoa i Moli, 1997; Cuadros-Casado, 2016) a les zones no protegides, on, a més a més, les classes de talla grossa són escasses. A la taula 3.24a es pot observar com la subpoblació protegida no es diferencia de forma significativa ( $p > 0,1$ ) entre RI i RP però sí respecte a la subpoblació de les zones control. Per tant, pel que fa a la talla, es pot expressar  $(RI=RP) > NR$  ( $p < 0,001$ ).



**Figura 3.10.** Distribució percentual de les diferents classes de talla (2 cm) del sard *Diplodus sargus* entre els 3 nivells de protecció (RI-RP-NR) en la darrera campanya de 2023.

La instantània que ens ofereix la figura 3.10 pot ser el resultat d'una evolució temporal, tal com suggeriria abans l'evolució de talles mitjanes (Fig. 3.9), però també la resposta a unes característiques de l'hàbitat que en el cas, sobretot, de RI, afavoreix els individus grossos; factor aquest, el de l'hàbitat, que es veurà també en el cas de les aigües profundes. La combinació de protecció i hàbitat donen un resultat molt positiu a RI, amb una subpoblació de sards on el 93,8% poden ser reproductors, amb una talla per damunt de la de primera maduresa ( $Lm \geq 21$  cm segons Mouine *et al.*, 2007). Mentre, a la RP, la proporció de reproductors és del 72,1% en front de tan sols un 27% a les zones control.

Aquestes distribucions actuals (2023) dins la reserva marina difereixen de forma significativa de la distribució de talles de les zones no protegides, i seguint el valor de la mitjana es pot establir la relació (RI=RP)>NR ( $p<0,01$ ) (Taula 3.24a).

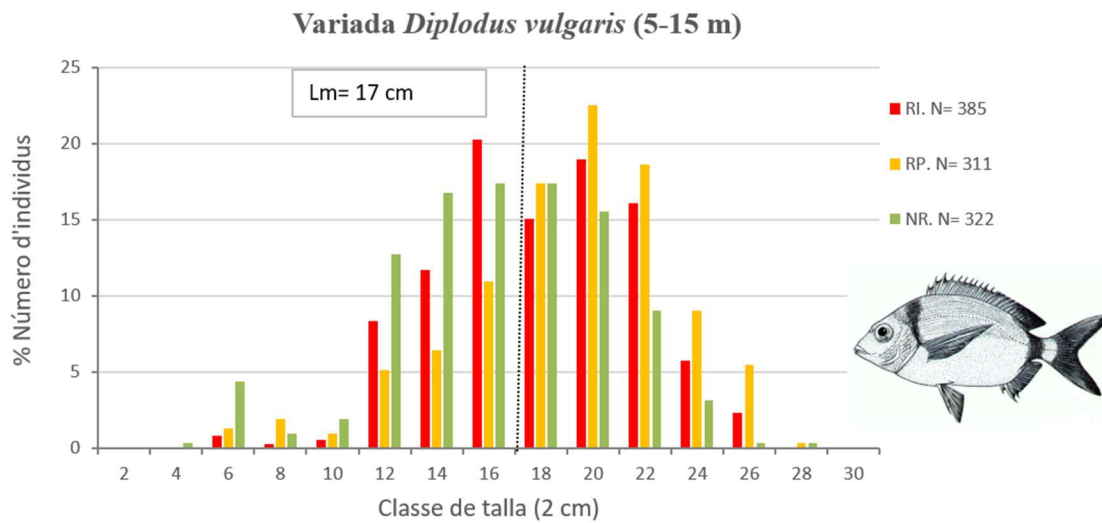
**Taula 3. 24.** Comparació de les distribucions de talles de *D. sargus*, *D. vulgaris* i *S. umbra* mitjançant el test de Kolmogorov-Smirnov. Els resultats en vermell indiquen diferències significatives per a  $p<0,05$ . Dades d'octubre de 2023 per a RI, RP i NR.

<i>a) D. sargus</i>			RI	NR	RI	NR	RI	NR
Max Neg	Max Pos	p-value	Mean	Mean	Std.Dev.	Std.Dev.	N	N
0,00	0,704167	$p < .001$	25,7	14,7	2,9	7,8	48	100
			RP	NR	RP	NR	RP	NR
0,00	0,522131	$p < .001$	23,2	14,7	5,5	7,8	61	100
			RI	RP	RI	RP	RI	RP
-0,031421	0,216189	$p > .10$	25,7	23,2	2,9	5,5	48	61
<i>b) D. vulgaris</i>			RI	NR	RI	NR	RI	NR
Max Neg	Max Pos	p-value	Mean	Mean	Std.Dev.	Std.Dev.	N	N
-0,003614	0,153981	$p < .001$	18,0	16,3	3,7	4,2	385	322
			RP	NR	RP	NR	RP	NR
0,00	0,282808	$p < .001$	19,0	16,3	4,2	4,2	311	322
			RI	RP	RI	RP	RI	RP
-0,151301	0,026216	$p < .001$	18,0	19,0	3,7	4,2	385	311
<i>c) S. umbra</i>			RI	RP	RI	RP	RI	RP
Max Neg	Max Pos	p-value	Mean	Mean	Std.Dev.	Std.Dev.	N	N
-0,015686	0,211765	$p > .10$	35,8	34,5	4,5	5,2	51	30

La variada *D. vulgaris* també mostra una tendència creixent per a la seva talla mitjana durant els tres anys d'estudi (Fig. 3.9), assolint-se les majors talles el 2023 dins RI ( $17,9\pm 3,7$  cm) i dins RP ( $18,8\pm 4,0$  cm), en front dels  $16,3\pm 4,2$  cm a NR.

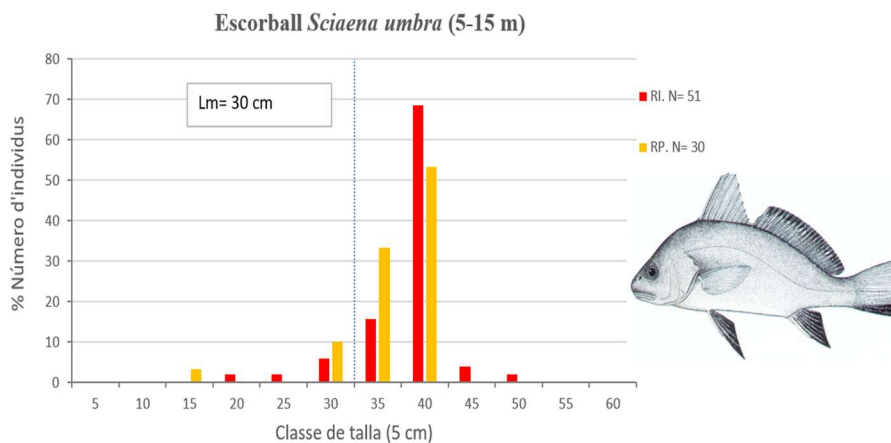
Situant-nos en la realitat de la recent campanya de 2023, el biaix gràfic entre nivells de protecció no és tan accentuat com en el cas anterior del sard, en part degut als requeriments menys estrictes de la variada per al reclutament (Garcia-Rubies, 1997). Això no obstant, i degut a l'elevat nombre d'individus amb què es presenta aquesta espècie en els tres casos ( $N > 300$ ), les diferències entre classes de talla són molt significatives; concretant-se en favor de la RP, que és on trobam la major freqüència de classes de talla grossa ( $>18$  cm) (Fig. 3,11). A la taula 3.24b es mostra que es pot establir una jerarquia pel que fa a la talla, que ve descrita per:  $RP > RI > NR$ ; és a dir, la subpoblació de l'àrea parcialment protegida està formada per peixos més grossos que la de dins la reserva integral i, alhora, són més grossos que a les zones control.

Segons l'estudi de Mouine *et al.* (2012), que estableix els 17 cm com a talla de primera maduresa sexual per a *D. vulgaris*, la subpoblació de la RP conté un 73,3% de reproductors, per un 58,2% dins RI i un 45,7% a fora de la reserva marina.



**Figura 3.11.** Distribució percentual de les diferents classes de talla (2 cm) del sard *Diplodus sargus* entre els 3 nivells de protecció (RI-RP-NR) en la darrera campanya de 2023.

Pel que fa la tercera espècie amb major nombre d'exemplars censats, la corba *S. umbra*, ens permet analitzar tan sols el que ocorre dins RI i dins RP, ja que fora de la reserva només s'han censat 5 individus d'aquesta espècie. Tot coneixent aquesta mancança en nombre d'individus a NR, l'evolució de la talla mitjana és creixent a RI i a RP, trobant-se unes mitjanes de  $35,8 \pm 4,5$  cm i de  $34,5 \pm 5,2$  cm respectivament el 2023, per una mitjana de  $24,4 \pm 8,2$  cm a NR (Fig. 3.9). Dels 81 exemplars censats a RI i a RP, la majoria estan per damunt de la talla de primera maduresa sexual (Fig. 3.12); concretament un 90,2% de la població a RI, i un 86,7% a RP; tot seguint el llindar de 30 cm que estableixen Grau *et al.* (2009) per a les corbes femella (i amb una mida inferior als mascles). La classe de talla modal observada és grossa en ambdós casos (35-40 cm), tractant-se d'aigües somes, i no hi ha diferències significatives entre les dues distribucions (Taula 3.24c).



**Figura 3.13.** Distribució percentual de les diferents classes de talla (5 cm) de l'escorball/corba *S. umbra* entre els nivells de protecció RI i RP en la darrera campanya de 2023.

### Les aigües profundes (18-28 m)

Com ja s'ha dit anteriorment, els gràfics d'evolució de la talla mitjana tenen la utilitat de realitzar una exploració preliminar de tendències. Això no obstant, *D. sargus*, *D. vulgaris* i *S. umbra* presenten una  $N \geq 30$ , tan sols dins la reserva en el cas de la corba, que ens permeten aprofundir en l'anàlisi. Amb l'excepció d'*E. costae*, la majoria d'espècies mostren tendències d'increment de talla mitjana dins la reserva integral (Taula 3.25 i Fig. 3. 14).

**Taula 3.25.** Estadística descriptiva, amb el nombre d'individus observat (N), les talles mitjanes (cm), desviació estàndard (DE), valors mínims i màxims dins cada nivell de protecció en els tres anys de seguiment: 2020, 2021 i 2023.

	2020					2021					2023				
	N	Mitj	DE	min	Màx	N	Mitj	DE	min	Màx	N	Mitj	DE	min	Màx
<b><i>D. puntazzo</i></b>															
RI	5	18,8	2,3	16,0	22,0	6	20,0	3,3	16,0	24,0	9	23,2	2,8	20,0	30,0
NR	6	23,7	3,7	20,0	30,0	1	26,0		26,0	26,0	7	26,3	6,6	14,0	35,0
<b><i>D. sargus</i></b>															
RI	10	15,8	3,7	12,0	20,0	47	19,0	5,0	14,0	34,0	35	23,9	2,6	18,0	28,0
NR	36	18,1	2,7	8,0	22,0	74	16,7	2,4	10,0	20,0	47	26,3	3,3	18,0	36,0
<b><i>D. vulgaris</i></b>															
RI	171	15,6	2,3	8,0	20,0	548	17,0	3,7	6,0	30,0	417	18,4	3,5	0,0	26,0
NR	83	16,2	2,0	10,0	20,0	300	15,5	2,4	8,0	23,0	86	20,3	3,8	14,0	28,0
<b><i>S. umbra</i></b>															
RI	4	34,0	8,0	30,0	46,0	92	29,4	1,9	26,0	35,0	74	37,8	3,3	28,0	44,0
NR	1	24,0		24,0	24,0	0	-	-	-	-	1	34,0	-	34,0	34,0
<b><i>E. marginatus</i></b>															
RI	2	49,0	9,9	42,0	56,0	2	39,0	1,4	38,0	40,0	3	57,3	14,2	42,0	70,0
NR	0	-	-	-	-	8	28,0	0,0	28,0	28,0	0	-	-	-	-
<b><i>E. costae</i></b>															
RI	14	44,9	9,9	20,0	60,0	13	40,7	5,3	28,0	48,0	1	38,0	-	38,0	38,0
NR	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-
<b><i>L. merula</i></b>															
RI	11	26,7	7,4	16,0	40,0	7	26,9	1,6	24,0	28,0	8	29,5	4,1	24,0	35,0
NR	3	25,3	1,2	24,0	26,0	1	26,0	-	26,0	26,0	1	22,0	-	22,0	22,0
<b><i>S. cantharus</i></b>															
RI	26	16,8	1,7	14,0	20,0	1	40,0	-	40,0	40,0	4	23,3	3,4	20,0	28,0
NR	82	15,0	3,5	12,0	30,0	38	18,4	3,7	10,0	24,0	19	23,9	5,3	14,0	30,0

En el cas de *D. sargus* i *D. vulgaris*, es pot apreciar la importància de comptar amb zones no protegides que serveixen de control. *D. sargus* experimenta un increment de talla tant a RI com a NR, però quan es comparen les distribucions de talla de la darrera campanya entre RI i NR, s'aprecia com la subpoblació de sards del cap Nunó i de ses Margalides és d'individus més grossos. Les diferències són significatives en favor de NR, amb una mitjana de  $26,3 \pm 3,3$  cm en front dels  $23,9 \pm 2,6$  cm de RI (Taula 3.26a i Fig. 3.15). A més a més, a ses Margalides s'ha enregistrat la talla màxima per a aquesta espècie en el context espai-temporal de l'estudi: 36 cm. La proporció de sards amb talla superior a la Lm de 21 cm és elevada en ambdues àrees; del 93,6% a NR per un 88,6% a RI.



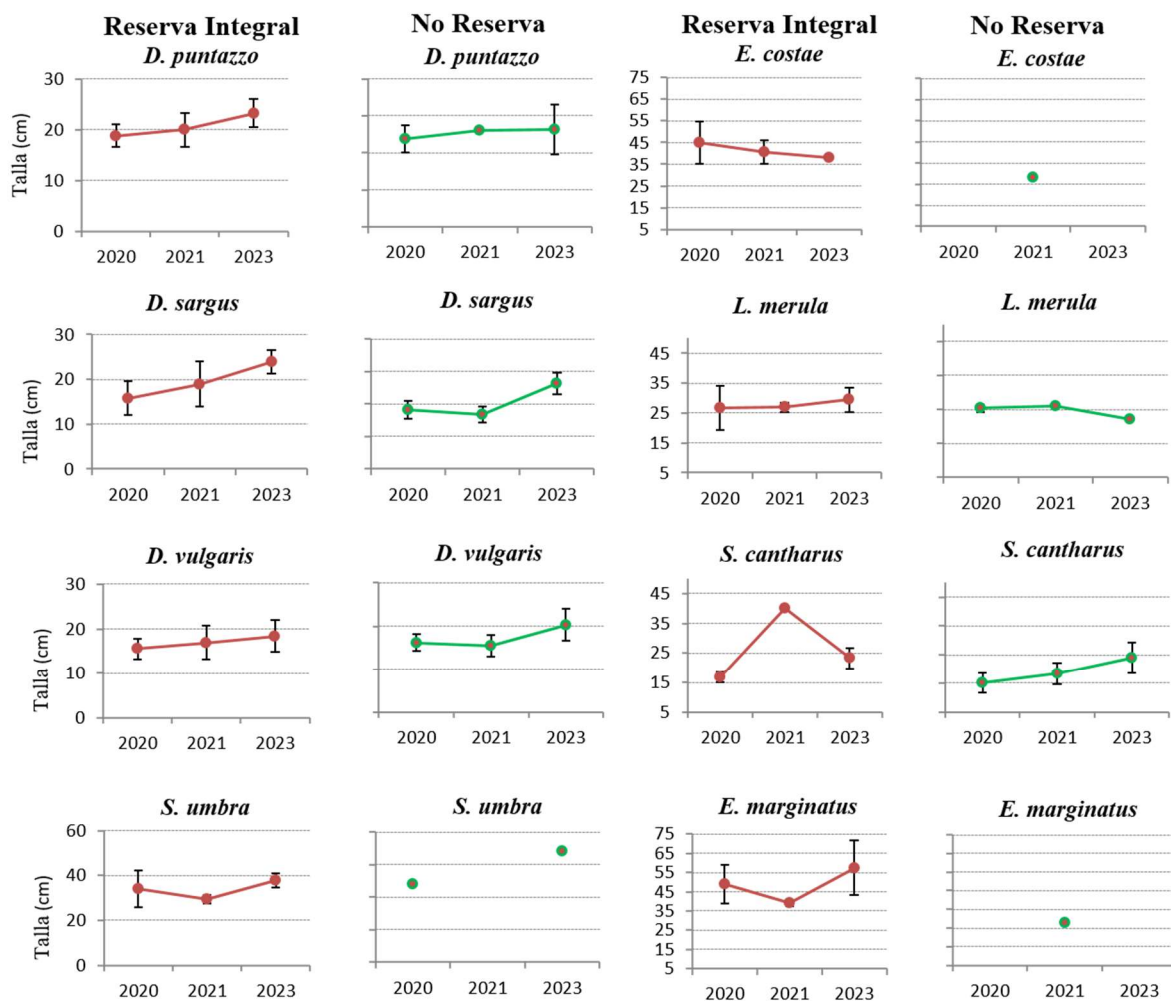
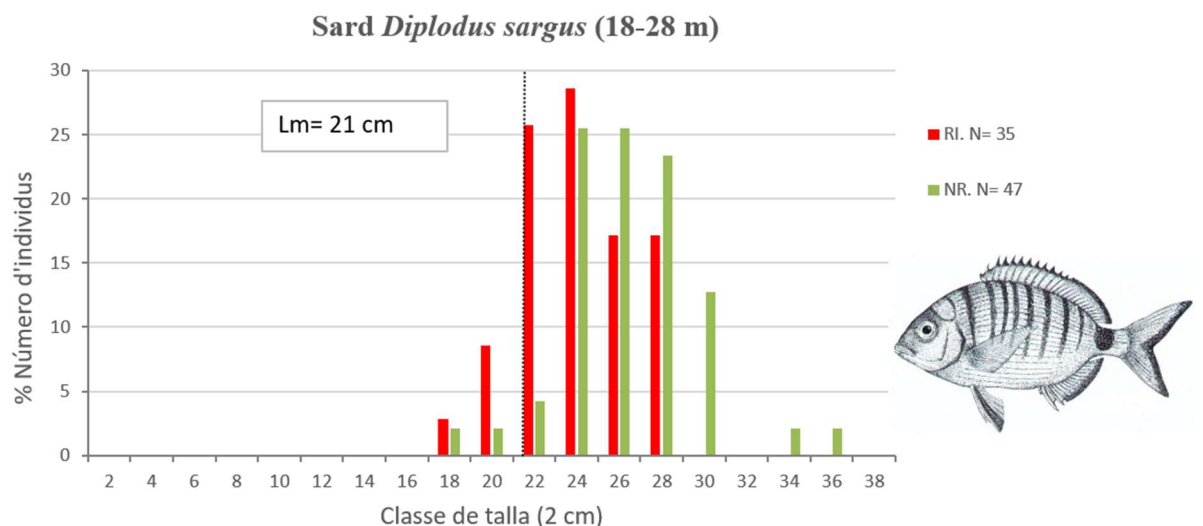


Figura. 3.14. Evolució de la talla mitjana (cm) ±DE de les espècies més freqüents i abundants en la RMNEET.

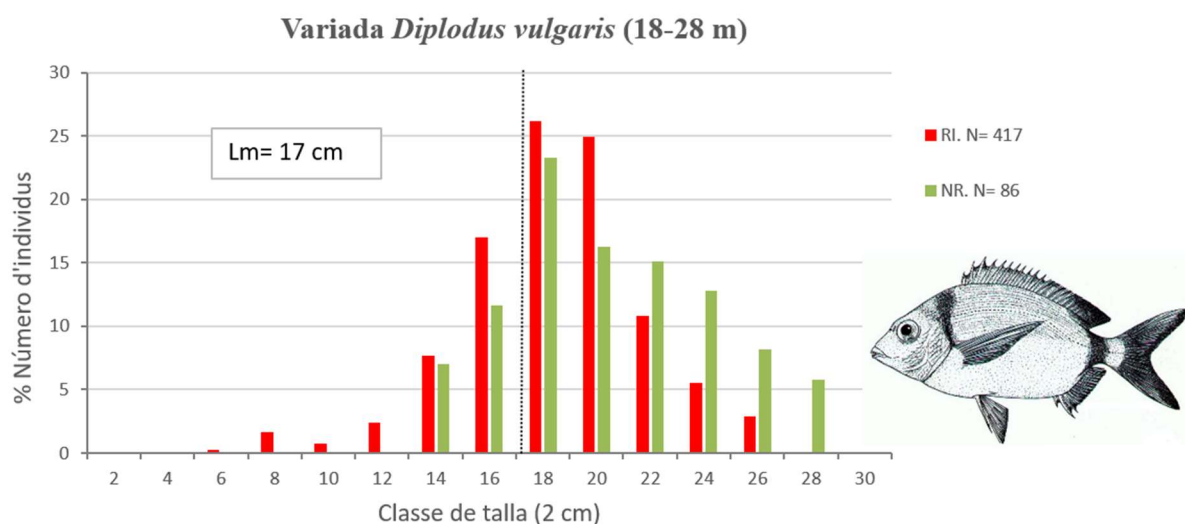
**Taula 3. 26.** Comparació de les distribucions de talles de *D. sargus* i *D. vulgaris* mitjançant el test de Kolmogorov-Smirnov. Els resultats en vermell indiquen diferències significatives per a  $p < 0,05$ . Dades d'octubre de 2023 per a RI i NR.

a) <i>D. sargus</i>			RI	NR	RI	NR	RI	NR
Max Neg	Max Pos	p-value	Mean	Mean	Std.Dev.	Std.Dev.	N	N
-0,316717	0,00	p < .05	23,9	26,3	2,6	3,3	35	47
b) <i>D. vulgaris</i>								
-0,227217	0,00	p < .005	18,4	20,3	3,5	3,8	418	86



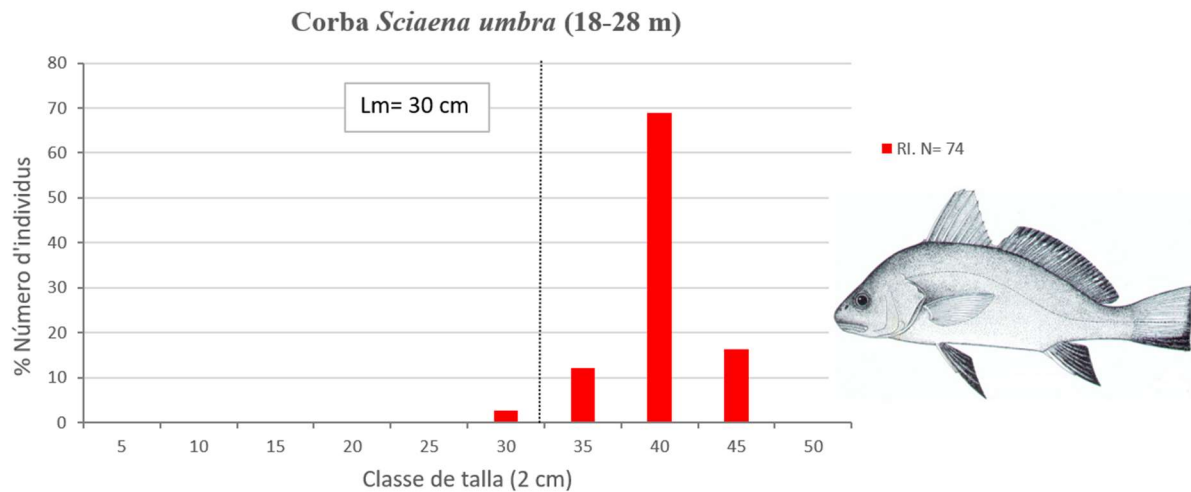
**Figura 3.15.** Distribució percentual de les diferents classes de talla (2 cm) del sard *Diplodus sargus* entre RI i NR en la darrera campanya de 2023.

Ja sigui per la proximitat d'aigües més profundes o per la escassetat d'hàbitats adients per a l'assentament, com en el cas del sard, a les zones control *D. vulgaris* també mostra una distribució de talles superior. La talla mitjana a RI ha estat de  $18,4 \pm 3,5$  cm en front de  $20,3 \pm 3,8$  cm a NR i, en conjunt, les classes de talla grossa ( $\geq 22$  cm) són més freqüents a NR (Taula 3.25b i Fig. 3.16). La proporció de variades amb talla superior o igual a Lm és del 70,3% a RI i del 81,4% a NR.



**Figura 3.15.** Distribució percentual de les diferents classes de talla (2 cm) de la variada *Diplodus vulgaris* entre RI i NR en la darrera campanya de 2023.

Finalment, s'han enregistrat un total de 74 exemplars de corba *S. umbra* a RI, i tan sols un exemplar de 34 cm a les zones control (Taula 3.25). A la figura 3.16 es pot observar com el 97,3% dels individus d'aquesta espècie es poden considerar reproductors dins RI, amb una talla mitjana de  $37,8 \pm 3,3$  cm i una moda situada entre els 35 i 40 cm.



**Figura 3.16.** Distribució percentual de les diferents classes de talla (5 cm) de la corba *S. umbra* dins RI en la darrera campanya de 2023.

## 4. DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS

Un cop analitzades les dades de la recent campanya d'octubre de 2023, el diagnòstic per a la RMNEET és positiu. Les anàlisis estadístiques realitzades demostren que hi ha hagut un increment de la diversitat d'espècies d'interès pesquer, en el seu indicador més bàsic: la riquesa (nombre d'espècies per transsecte); un increment significatiu de la densitat de peixos en les aigües profundes de la reserva integral; un increment significatiu de la biomassa mitjana d'espècies demersals tant a la reserva integral com a la reserva parcial en les aigües superficials; i una tendència creixent de les talles mitjanes de la majoria d'espècies.

La riquesa d'espècies ha augmentat sobretot en les aigües superficials, amb un increment del 50% del seu valor inicial com a una resposta clara al temps de protecció. Així, la darrera campanya mostra com aquest indicador de biodiversitat és respectivament 2,6 i 2,0 vegades superior dins RI i RP respecte de les zones no protegides preses com a control, esdevenint aquesta evolució temporal una resposta significativa deguda a la gestió.

La densitat de peixos ha augmentat de forma homogènia en l'espai (entre zones) i el temps (entre campanyes) en les aigües profundes. Actualment, les dues zones de la RI venen caracteritzades per densitats de peixos al voltant dels 70 ind./250 m<sup>2</sup>, quan a la primera campanya de 2020 aquest indicador no superava els 30 ind./250 m<sup>2</sup> si tenim en compte les dues zones/estacions. Mentre, a les zones control mai no s'ha superat el valor de 25 ind./250 m<sup>2</sup>.

La biomassa superficial ha presentat una resposta temporal molt homogènia a RP, situant-se actualment en els 8 kg/250 m<sup>2</sup>, un valor ben per damunt dels 4-5 kg/250 m<sup>2</sup> que caracteritzen les zones rocoses obertes a la pesca del litoral balear (Coll, 2022). La tendència temporal positiva dins la reserva marina ha estat significativa tot i que la RI ha mostrat una resposta desigual entre estacions. Una de les estacions, la zona 1, se situa ara amb valors de biomassa (20,6 kg/250 m<sup>2</sup>) típics de punts calents descrits a AMP amb més de 10 anys de protecció (Sala *et al.*, 2012; Coll *et al.*, 2020; Rojo *et al.*, 2021b), i fins i tot equiparant-se amb valors d'aquestes AMPs corresponents a major profunditat (Coll *et al.*, 2020). A la zona 1 de RI, fins a 9 espècies mostren major biomassa el 2023 respecte del 2020: *D. puntazzo*, *D. sargus*, *D. vulgaris*, *S. cantharus*, *E. marginatus*, *M. helena*, *S. umbra*, *S. porcus* i *S. scrofa* (Taula 3.15). L'altra estació totalment protegida, la zona 2, se situa amb 8 kg/250 m<sup>2</sup>, un valor que encaixa dins els intervals descrits per a zones protegides i que coincideix amb els observats a l'àrea parcialment protegida de la reserva. En aquesta zona/estació, tan sols 7 espècies mostren un augment de biomassa: *D. puntazzo*, *D. sargus*, *D. vulgaris*, *S. cantharus*, *L. merula*, *M. helena* i *S. umbra* (Taula 3.15).

Aquest patró desigual entre estacions dins la RI es manté a major profunditat (18-28 m), amb gran biomassa a la zona 1: 23,1 kg/250 m<sup>2</sup>, un resultat que concorda també amb AMP de major antiguitat, com són els casos del PN de Cabrera després de 30 anys de protecció (Coll *et al.*, 2020) o les Illes Malgrats (Mallorca), amb 18 anys de protecció (Morey *et al.*, 2020); i una resposta positiva però de menor magnitud a la zona 2: 10,4 kg/250 m<sup>2</sup>. L'heterogeneïtat és elevada també entre transsectes d'una mateixa zona. Aquesta és la raó per la qual, havent-se acumulat 134 kg de peixos demersals d'interès pesquer al conjunt dels N= 8 transsectes profunds de la RI en front dels 46 kg de les zones control, no es pot dir que la biomassa mitjana sigui major dins la RI. La dispersió de les dades és, ara per ara, massa elevada. D'això cal, òbviament, generar un context de coneixement en el marc de l'ecologia més acadèmica, i un altre context d'interès purament pesquer, on els resultats mostren la major biomassa de peixos de la RMNEET.

En els casos en què no hi hagut diferències significatives, el motiu ha estat, principalment, el ja esmentat de l'heterogeneïtat espacial. De forma extensible a tota la reserva marina, és important subratllar també la poca aportació d'una espècie bandera de l'efecte reserva a la Mediterrània, l'anfós *E. marginatus* (Zabala *et al.*, 1997a,b; Sala, 2004; Harmelin-Vivien *et al.*, 2008; Morey *et al.*, 2020). L'abundància i biomassa d'aquesta espècie dins la RMNEET ha estat molt baixa. Si revisam l'evolució d'aquesta espècie en la base de dades de la Xarxa Balear d'Àrees Marines Protegides, prenent les estacions profundes, allà on els exemplars de major talla tenen el seu hàbitat òptim (Reñones *et al.*, 2012), i a AMPs amb el mateix temps de protecció que el cas que ens ocupa (de 0 a 5 anys), observam que la recuperació de l'espècie és lenta, situant-se entre 5 i 6 kg/250 m<sup>2</sup> al cap de 5 anys (Fig. 4.1a). Quan afegim les dades dels tres anys estudiats a la RI de la RMNEET, el pendent de la projecció lineal minva, situant-se la biomassa a cinc anys sobre els 3 kg/250 m<sup>2</sup> (Fig. 4.1b). L'hàbitat d'aquesta àrea de màxima protecció ha de permetre una recuperació més notable d'aquesta espècie en els propers anys, tal com s'ha comprovat a altres AMP.



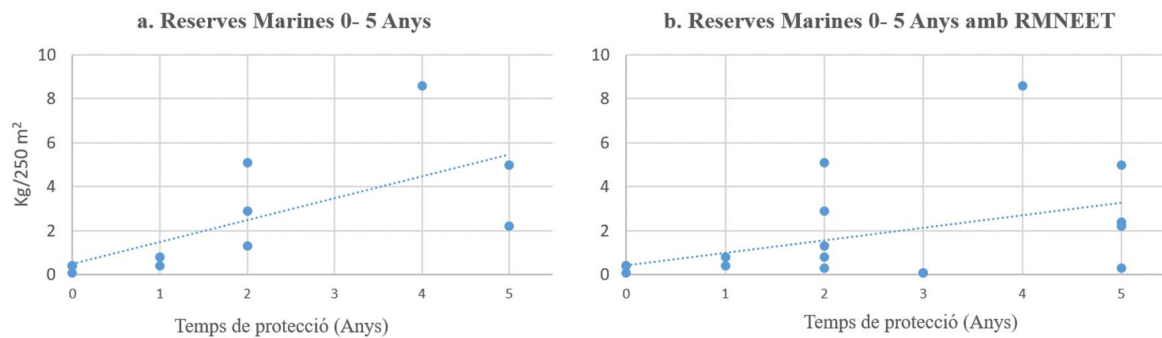


Figura 4.1. Evolució de la biomassa d'anfós *E. marginatus* a les reserves marines de Sa Dragonera, illa del Toro, illes Malgrats i Parc Nacional de Cabrera en l'estrat profund (20-25 m) en els 5 primers anys de protecció (a). Evolució del mateix paràmetre afegint les dades de 2020, 2021 i 2023 de la RMNEET (b). Equacions, a)  $B= 0,48 + 0,99 \cdot \text{Temps}$ ; b)  $B= 0,44 + 0,56 \cdot \text{Temps}$

Dins els resultats que podem considerar positius, tenim també l'augment de la talla mitjana de les tres espècies de *Diplodus* i de la corba *S. umbra* en aigües superficials. L'estructura demogràfica d'aquestes espècies dins la RMNEET és força saludable a causa d'aquests increments de talla, assolint-se percentatges de població reproductora sempre superiors al 50%, un llindar que no s'assoleix a les zones control a menys de 15 m de fondària. En les aigües profundes augmenta també la talla de la variada *D. vulgaris*, el sard *D. sargus* i la corba *S. umbra*; assolint-se proporcions de reproductors del 70%, 88% i 97%, respectivament. Aquest és un dels objectius bàsics de les reserves marines enteses com a eines de gestió pesquera, mantenir poblacions importants de reproductors, ja sigui per a la natural dispersió d'ous i larves, o per un simple principi de precaució (Plan Development Team, 1990; Bohnsack, 1993; FAO, 2003, 2011; Hilborn *et al.*, 2004; Pérez-Ruzafa *et al.*, 2008; entre molts d'altres).

La reserva marina presenta per tant una inèrcia d'increment dels recursos pesquers com a conseqüència dels 5 anys acumulats de protecció total o parcial. Vistes les característiques de l'hàbitat, sobretot a RI, i els temps de saturació de la biomassa a diferents AMP de la Mediterrània (Garcia-Rubies *et al.*, 2013; Rojo *et al.*, 2021a; Arpa *et al.*, 2023), així com l'escassetat de les espècies de major nivell tròfic (e.g. grans serrànids), podem assegurar que encara estam lluny de tenir una comunitat de peixos madura, característica d'un estadi avançat de la successió ecològica que ha de permetre la protecció instaurada el 2018 (Sandin i Sala, 2012; Coll *et al.*, 2020). Per a aquest efecte, a més a més, és adient reproduir el que l'equip de la Universitat de Múrcia va apuntar en l'informe anterior sobre la RMNEET i sobre la reserva marina de la Punta de sa Creu, a la veïna Formentera (García-Charton *et al.*, 2021): "Un factor



## *Discussió*

*determinante para el éxito de las dos áreas marinas protegidas es que la vigilancia sea de alta intensidad, ya que se ha comprobado en todo el Mediterráneo que incluso niveles intermedios de vigilancia no consiguen que las medidas de gestión implementadas sean efectivas”.*

## 5. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES CITADES AL TEXT

ARPA, M., MOREY, G., COLL, J. i O. NAVARRO. 2023. La Reserva Marina dels Freus d'Eivissa i Formentera. Seguiment de les espècies íctiques d'interès pesquer sobre substrat rocós. Informe Tècnic de la Direcció General de Pesca i Medi Marí/Govern de les Illes Balears-Tragsatec. 77 pàgines.

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.

BOHNSACK, J.A. 1993. Marine Reserves. They enhance fisheries, reduce conflicts and protect resources. *Oceanus*. Fall 1993. pag: 63-71.

BOX, 2017. Proposta per a la creació d'una reserva marina d'interès pesquer a la costa nord-est d'Eivissa (Tagomago). Informe tècnic del Consell d'Eivissa. Departament de Medi Ambient, Medi Rural i Marí. 157 pàg.

CADDY, J.F. 2008. The importance of "cover" in the life histories of demersal and benthic marine resources: a neglected issue in fisheries assessment and management. *Bulletin of Marine Science*, 83: 7-52.

COLL, J. 2022. *The performance of partially protected zones. Examples from the Balearic Islands*. En: Congreso sobre Áreas Marinas Protegidas (AMPs) del Mediterráneo Occidental/Western Mediterranean MPA Conference. Palma 27-29 de Octubre de 2022. Pàg: 28-34. Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació del Govern de les Illes Balears.

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.

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 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. REÑONES, J. MORANTA, D. ÁLVAREZ-BERASTEGUI i L. CARDONA. 2020. Els peixos dels fons durs infralitorals de Cabrera. Efectes de 25 anys de protecció. In: Grau, A.M., J. J. Fornós, G. Mateu, P. Oliver i B. Terrassa. Arxipèlag de Cabrera: Història Natural. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 30: 243-277.

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.

## Bibliografia

- CUADROS-CASADO, I. A. 2016. Settlement and post-settlement processes of Mediterranean littoral fishes: influence of seascape attributes and environmental conditions at different spatial scales. PhD Thesis. 259 pp. UIB.
- FAO, 2003. The ecosystem approach to fisheries. Issues, terminology, principles, institutional foundations and outlook. FAO Fisheries Technical Paper, n° 443. Rome, FAO. 71 pp
- FAO, 2011. Fisheries management. 4. Marine protected areas and fisheries. FAO Technical Guidelines For Responsible Fisheries. NO 4, Suppl. 4. Rome, FAO. 198 p.
- FREON, P i L. DAGORN. Review of fish associative behaviour: toward a generalisation of the meeting point hypothesis. *Rev Fish Biol Fisher* 2000; 10: 183–207.
- FROESE, R i D. PAULY. 2023. FishBase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org).
- GARCIA-CHARTON, J. A., I. A. CUADROS-CASADO, V. ORENES, A. ORTOLANO, J. M. PEREÑÍGUEZ, M. A. POZO i M. TRUJILLO. 2021. Censos de peces vulnerables en las reservas marinas de la costa nordeste de Ibiza-Tagomago (Ibiza) y de la Punta de Sa Creu (Formentera). Informe Técnico para la Direcció general de Pesca i Medi Marí del Govern de les Illes Balears. Universidad de Murcia. 92 páginas.
- GARCÍA-CHARTON, J.A., A. PÉREZ-RUZAFÁ, P. SÁNCHEZ-JEREZ, J.T. BAYLE-SEMPERE, O. REÑONES and D. MORENO. 2004. Multi-scale spatial heterogeneity, habitat structure, and the effect of marine reserves on Western Mediterranean rocky reef fish assemblages. *Marine Biology*, 144: 161-182.
- GARCIA-RUBIES, A. 1997. *Estudi ecològic de les poblacions de peixos litorals sobre substrat rocós a la Mediterrània Occidental: efectes de la fondària, el substrat, l'estacionalitat i la protecció*. Tesi Doctoral. Universitat de Barcelona.
- GARCIA-RUBIES, A., B. HEREU i M. ZABALA. 2013. Long-term recovery patterns and limited spillover of large predatory fish in a Mediterranean MPA. *PlosOne*, 8(9), e73922.
- GORDOA, A & B. MOLÍ. 1997. Age and growth of the sparids *Diplodus vulgaris*, *D. sargus* and *D. annularis* in adult populations and the differences in their juvenile growth patterns in the north-western Mediterranean sea. *Fisheries Research*, 33: 123-129.
- GRAU, A., M. LINDE and A. M. GRAU. 2009. Reproductive biology of the vulnerable species *Sciaena umbra* Linnaeus, 1758 (Pisces: Sciaenidae). *Scientia Marina*, 73 (1): 67-81.
- GREENE L. E., ALEVIZON W. S. 1989. Comparative accuracies of visual assesment methods for coral reef fishes. *Bull. Mar. Sci.* 44: 899-912.
- GUIDETTI, G. 2002. The importance of experimental design in detecting the effects of protection measures on fish in Mediterranean MPAs. *Aquatic Conservation: Marine And Freshwater Ecosystems Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 12: 619–634.
- 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 asesment of Mediterranean marine protected áreas effects on fish assemblages. *PLOS ONE*, 9(4) e91841.

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.

HARMELIN-VIVIEN. M., L. LE DIRÉACH, J. BAYLE-SEMPERE, E. CHARBONNEL, J. A. GARCÍA-CHARTON, D. ODDY, A. PÉREZ-RUZAFÀ, O. REÑONES, P. SÁNCHEZ-JEREZ and C. VALLE. 2008. Gradients of abundance and biomass across reserve boundaries in six Mediterranean marine protected areas: evidence of spillover?. *Biological Conservation*. 141: 1829-1839.

HILBORN, R., K. STOKES, J-J MAGUIRE, T. SMITH, L. W. BOTSFORD, M. MANGEL, J. ORENSANZ, A. PARMA, J. RICE, J. BELL, K. L. COCHRANE, S. GARCIA, S. HALL, G.P. KIRKWOOD, K SAINSBURY, G. STEFFANSSON & C. WALTERS. 2004. When can marine reserves improve fisheries management? *Ocean & Coastal Management*, 47: 197-205.

LUCKHURST B. E I 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.

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.

MOUINE, N., P. FRANCOUR, M-H. KTARI i N. CHAKROUN-MARZOUK. 2007. The reproductive biology of *Diplodus sargus* in the Gulf of Tunis (central Mediterranean). *Scientia Marina*, 71: 461-469.

MOUINE, N., P. FRANCOUR, M-H. KTARI i N. CHAKROUN-MARZOUK. 2012. Reproductive biology of four *Diplodus* species *Diplodus vulgaris*, *D. annularis*, *D. sargus sargus* and *D. puntazo* (Sparidae) in the Gulf of Tunis (central Mediterranean). *Journal of the Marine Biological association of the United Kingdom*, 92: 623-631.

ORDINES, F., J. MORANTA, M. PALMER, A. LERYCKE, A. SUAÚ, B. MORALES-NIN, y 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.

PÉREZ-RUZAFÀ, A; C. MARCOS, J. A. GARCIA-CHARTON y F. SALAS. 2008. European marine protected areas as tools for fisheries management and conservation. *Journal for Nature Conservation*, 16: 187-192.

PINHEIRO, J., D. BATES, S. DEBROY, D. SARKAR, R CORE TEAM. 2021. *\_nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models\_*. R package version 3.1-153, <URL: <https://CRAN.R-project.org/package=nlme>>.

PLAN DEVELOPMENT TEAM. 1990. The potential of Marine Fishery Reserves for reef fish management in the U.S Southern Atlantic. NOAA Technical memorandum. NMFS-SEFC 261: 1- 40.

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.

ROJO, I. IRIGOYEN, A.J., CUADROS, A., CALÓ, A., PEREÑÍGUEZ, J.M., HERNÁNDEZANDREU, R., FÉLIX-HACKRADT, F.C., CARREÑO, F., HACKRADT, C.W. i GARCÍACHARTON, J.A. 2021b. Detection of protection benefits for predatory fishes depends on censos methodology. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 2021:1-16.

ROJO, I., J. D. ANADON, J i ANTONIO GARCIA-CHARTON. 2021a. Exceptionally high but still growing predatory reef fish biomass after 23 years of protection in a Marine Protected Area. PLOS ONE | <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246335>.

SALA, E. 2004. The past and present topology and structure of Mediterranean subtidal rocky-shore food webs. *Ecosystems*, 7: 333-340.

SALA, E., E. BALLESTEROS, P. DENDRINOS, A. DI FRANCO, F. FERRETTI, D. FOLEY, S. FRASCHETTI *et al.* 2012. The structure of Mediterranean rocky reef ecosystems across environmental and human gradients, and conservation implications. Plos One 7(2): e32742. doi: 10.1371/journal.pone.0032742.

SANDIN, S. A i E. SALA. 2012. Using successional theory to measure marine ecosystem health. *Evolutionary Ecology*, 26: 435-448.

STOBART, B., D. ÁLVAREZ-BERASTEGUI and R. GOÑI. 2012. Effect of habitat patchiness on the catch rates of a Mediterranean coastal bottom long-line fishery. *Fisheries Research*, 129: 110-118.

ZABALA, M., GARCIA-RUBIES, A., LOUSY, P., SALA, E. 1997b. Spawning behaviour of the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Sci.Mar*, 61: 65-77.

ZABALA, M., LOUSY, P., GARCIA-RUBIES, A & GRACIA, V. 1997a. Socio-behavioural context of reproduction in the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Sci. Mar.*, 61: 79-89.

ZUUR, A. F., E. N. IENO, N. J. WALKER, A. A. SAVELIEV i G. M. SMITH. 2009. Mixed effects models and extensions in ecology with R. Springer Science+Business Media, LLC. 574 pàgs.