

LA RESERVA MARINA DE LA BADIA DE PALMA

Seguiment de les espècies íctiques vulnerables sobre substrat rocós

Desembre 2022



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

1: Tragsatec

2: Institut de Recerca i Formació Agroalimentària i Pesquera de les Illes Balears (IRFAP)

Citar com:

Arpa, M., Morey, G., Coll, J., i Navarro, O. (2022). La Reserva Marina de la Badia de Palma. Seguiment de les espècies íctiques vulnerables sobre substrat rocós. Desembre de 2022. Informe Tècnic de la Direcció General de Pesca i Medi Marí-Govern de les Illes Balears-Tragsatec, 71 pàgines.

Foto portada: Exemplar adult de *Diplodus puntazzo* (morruda). Autora: Maria Arpa.

INDEX

RESUM EXECUTIU.....	1
1. INTRODUCCIÓ I ANTECEDENTS	4
2. ÀREES D'ESTUDI I METODOLOGIA.....	5
2.1. L'àrea d'estudi i el disseny de mostreig	5
2.2. La presa de dades	7
2.3. Tractament de les dades	9
3. RESULTATS	12
3.1. La riquesa d'espècies vulnerables a la pesca	12
3.2. La densitat total d'espècies vulnerables a la pesca	18
3.3. Biomassa total d'espècies vulnerables a la pesca	21
3.4. Les espècies més freqüents i abundants.....	31
3.4.1. El sard (<i>Diplodus sargus</i>).....	31
3.4.2. La variada (<i>Diplodus vulgaris</i>)	37
3.4.3. La morruda (<i>Diplodus puntazzo</i>).....	44
3.4.4. L'escorball (<i>Sciaena umbra</i>)	49
3.4.5. Els grans làbrids (<i>Labrus merula</i> i <i>Labrus viridis</i>)	53
3.4.6. L'anfós (<i>Epinephelus marginatus</i>).....	58
3.5. La biomassa de 2022 en relació a la capacitat de càrrega.....	61
4. CONCLUSIONS I COMENTARIS.....	63
5. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES.....	68

RESUM EXECUTIU

La Reserva Marina de la Badia de Palma va ser creada el 1999 i des del 2000 és objecte d'un programa de seguiment científic per determinar l'evolució dels seus recursos íctics, centrant-se en els peixos d'hàbitats rocosos litorals. La sèrie històrica des del 2000 fins a l'actualitat comprèn un total de 12 campanyes de seguiment. El mètode de mostreig emprat en aquestes campanyes basat en censos visuals amb escafandre autònom sobre transsectes de 50 x 5 m (el qual cobreix un àrea de 250 m²) és el mateix que s'utilitza a totes les àrees marines protegides (AMPs) litorals mediterrànies. A cada campanya es varen realitzar 54 transsectes, equitativament distribuïts entre la zona de reserva integral, la zona de reserva parcial i les zones control a fora de la reserva. Aquesta planificació permet determinar l'efecte de la protecció a les reserves, analitzant la seva evolució temporal i comparant-la amb l'experimentada per les zones no protegides.

La campanya de 2022 ha posat de manifest una evolució positiva d'alguns dels paràmetres analitzats, tot i que els efectes estrictes de la protecció (és a dir, una evolució diferent de la reserva en comparació a les zones no protegides) no són tan evidents. El nombre mitjà d'espècies, la densitat i la biomassa d'espècies vulnerables a la pesca no han estat significativament majors dins la zona de reserva. Amb tot, sí que s'han observat diferències interanuals. Els anys 2011 i 2020 destacaren per la seva elevada riquesa d'espècies i l'any 2000 per la seva elevada densitat de sards i variades de talla petita. Pel que fa a la biomassa, en els anys més recents (2019, 2020 i 2022) s'han obtingut valors significativament majors que en els primers anys després de la creació de la reserva (2000, 2001 i 2002). Això és degut a que en els anys més recents i en tots els nivells de protecció es van enregistrar exemplars de majors talles, contribuint així a l'augment total de biomassa d'espècies vulnerables.

La biomassa, com a principal indicador de l'efecte reserva, entre 2000 i 2022 s'incrementà per un factor x3 a la reserva integral, x2 a la reserva parcial i x1,6 a les zones control. No obstant això, els valors es poden considerar baixos, superant només el valor de referència de 5 kg/250 m² l'any 2019. Aquest valor es considera el llindar a superar per tal de determinar el bon estat de les comunitats íctiques dins d'una reserva marina balear (Morey, 2020, 2021_b; Coll, 2020_b).

D'altra banda, la distribució de la biomassa entre espècies obtinguda en aquest estudi és característica de zones explotades, amb un domini dels espàrids, principalment sards (*Diplodus sargus*) i variades (*Diplodus vulgaris*). Aquest any 2022 aquestes espècies suposaren el 79,1% de la biomassa dins la zona de reserva integral, el 87,2% a la reserva parcial i el 84,7% a les zones control. A part, hi hagué molt poca presència d'espècies sedentàries bones indicadores de l'efecte reserva, com són l'anfós (*Epinephelus marginatus*) o l'escorball (*Sciaena umbra*). Amb tot, el percentatge de dominància de sards i variades dins la reserva integral mostra una reducció progressiva al llarg del període d'estudi, passant del 94,9% al 79,1%. També, és significativa la contribució de l'escorball en la biomassa dels últims anys (2019 i 2022), el qual mostrà una aportació d'un 10,3% i un 7,43 % dins la reserva integral, respectivament.

La principal causa d'aquests resultats limitats és que la Reserva Marina de la Badia de Palma es caracteritza per l'escassetat d'hàbitat rocós, el qual està limitat a la franja litoral i assoleix escassa profunditat, essent dominants els fons de posidònia i detrítics. Aquestes característiques condicionen l'abundància i la biomassa de les espècies vulnerables que constitueixen l'objectiu d'aquest estudi, ja que troben un hàbitat i refugi reduïts. Alhora, aquestes característiques determinen la dominància de reclutes i d'individus joves. A més, els peixos de talla gran no són gaire abundants degut als canvis ontogenètics en l'hàbitat (moviment dels individus de major talla cap a aigües més profundes) i possiblement a l'efecte de la pesca permesa dins la reserva parcial.

Degut als factors d'hàbitat descrits, la reserva de Palma es defineix com a una reserva on la capacitat de càrrega (K) s'assoleix de forma més parsimoniosa que a d'altres, i depèn més de processos de reclutament i creixement que no de la contribució de peixos provinents d'aigües més profundes. Aquesta K fou establerta en $2,65 \pm 0,41 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$, la qual s'assolí al cap de cinc anys a la reserva integral. Tot i que el valor de biomassa obtingut el 2022 ($3,21 \pm 0,49 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$) ha estat superior a la K teòrica, no és una diferència estadísticament significativa i no es considera un valor elevat en el marc de les Illes Balears.

Per últim, a més de les limitacions derivades de l'hàbitat, cal considerar els efectes que pugui tenir la pesca recreativa, i en especial la submarina, sobre les espècies vulnerables a dins la reserva parcial. Considerant els anfossos censats en tot el període d'estudi dins la reserva, només el 6,5% foren madurs sexualment.

Una possible prohibició de la pesca submarina com a mesura de gestió tindria efectes positius a la franja estudiada de la reserva parcial, tot i que degut a les reduïdes dimensions dels fons adients, aquests efectes serien més notoris envers activitats de lleure (observació en *snorkel*, submarinisme, educació ambiental) i conservació, que no sobre l'activitat pesquera professional, que en aquesta reserva marina està dirigida a unes espècies poc sensibles a la pesca submarina (*métiers* de sípia, peix de sopa i jonquillo).

Per aquests motius, independentment dels eventuais canvis normatius, fa anys que s'informa que una vegada s'estabilitzin els recursos de la franja rocosa més soma, es podria replantejar el pla de seguiment d'aquesta reserva marina, enfocant-lo en l'estudi dels rendiments pesquers sobre els hàbitats majoritaris (alguers de posidònia, arenes i detrític).

1. INTRODUCCIÓ I ANTECEDENTS

La Reserva Marina de la Badia de Palma (RMBP) va ser creada mitjançant el decret de 5 de novembre de 1982 pel Consell Executiu del Consell General Interinsular. Tot i així, no va ser fins al 6 d'agost de 1999 que es van regular les activitats desenvolupades dins de la zona de la reserva per l'Ordre del Conseller d'Economia, Agricultura, Comerç i Indústria. En aquesta ordre es van definir els límits geogràfics de la reserva i es va establir una primera regulació per a la pesca d'arts menors, la pesca submarina i la pesca recreativa, a l'hora que es van definir les espècies protegides al seu interior. A més, a l'article 5, s'esmenta que la Direcció General de Pesca defineix anualment les modalitats i períodes d'utilització dels arts i ormeigs autoritzats als pescadors professionals i esportius i, depenent dels resultats del seguiment de la zona, pot establir anualment períodes de veda per a la caça submarina i la pesca esportiva. L'establiment de vedes espacials i temporals per a la pesca professional i recreativa dins la RMBP s'ha dut a terme mitjançant resolucions publicades entre 2001 i 2021, així com l'Ordre de la consellera d'Agricultura i Pesca de l'1 de setembre de 2006, la qual també amplià l'àrea de protecció especial.

L'any 2000 s'inicià el seguiment de les poblacions de peixos de fons rocosos litorals d'aquesta reserva marina mitjançant censos visuals en immersió, i des d'aleshores s'han dut a terme 12 campanyes de mostreig (anys 2000, 2001, 2002, 2003, 2005, 2008, 2011, 2017, 2019, 2020, 2021 i 2022). Els censos visuals en immersió es realitzen amb escafandre autònom, i constitueixen un mètode no destructiu a més de ser una tècnica estandarditzada en reserves marines d'arreu del món (Garcia-Rubies, 1997; Murphy i Jenkins, 2010; Sala *et al.*, 2012; Grané-Feliu *et al.*, 2019_b). D'aquesta manera, aquest mètode ha estat majoritari en el seguiment científic de totes les reserves marines existents a les Illes Balears.

En aquest informe es presenten els resultats de la campanya de censos visuals realitzada els dies 27, 28 i 29 d'abril de 2022. L'objectiu d'aquesta campanya ha estat estudiar les espècies de peixos vulnerables a la pesca que habiten en fons rocosos superficials (3-15 m) i determinar l'evolució d'aquestes poblacions com a resultat de la protecció. Els resultats s'han integrat a la base de dades existent des de l'any 2000.

En aquesta base de dades no s'inclouen els resultats de la campanya de 2021 ja que aquesta fou una campanya amb diferents objectius d'estudi i amb un disseny de mostreig distint. Així, aquestes diferències no permeten incloure els resultats de 2021 en la sèrie temporal d'estudi.

2. ÀREES D'ESTUDI I METODOLOGIA

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

La RMBP ocupa una àrea de 2.394 ha marines i està dividida en dos nivells de protecció: la reserva integral (300 ha) i la reserva parcial (2.094 ha) (Fig. 2.1). Dins la zona de reserva integral només s'hi permet realitzar activitats científiques degudament autoritzades. D'altra banda, dins la zona de reserva parcial s'hi poden practicar certes modalitats de pesca professional i recreativa amb determinats ormeigs. En referència a la pesca professional, solament poden pescar dins d'aquesta reserva marina les embarcacions adscrites a la confraria de Palma i aquelles que, adscrites a una altra confraria, poden demostrar l'habitualitat de pesca dins d'aquesta zona. Pel que fa a la pesca recreativa, aquesta es pot practicar certs dies de la setmana depenent de la modalitat (embarcació, terra o submarina). Cal destacar que de les 10 reserves marines existents a les Illes Balears, només a la RMBP i a la Reserva Marina del Migjorn de Mallorca es permet la pesca recreativa submarina.

El disseny de mostreig utilitzat en aquest estudi ha estat el mateix usat des de l'any 2000, amb l'estudi de dues zones dins cada nivell de protecció (reserva integral, reserva parcial i zones control fora de la reserva marina) (Fig. 2.2). El punt de mostreig RP1, situat al Cap Enderrocat, des de 2006 està parcialment afectat per l'ampliació de la reserva integral i part dels transsectes d'aquesta zona són desenvolupats a l'àrea de reserva parcial i part a la reserva integral. No obstant això, aquest punt segueix essent considerat a les anàlisis com a reserva parcial degut a l'escassetat de fons adients per a fer censos dins d'aquesta zona i a la seva ubicació al límit entre la reserva integral i la reserva parcial (Fig. 2.2).

Seguint la metodologia utilitzada des de l'any 2000, cada lloc d'estudi va ser mostrejat un dia, durant el qual s'hi realitzaren 9 transsectes entre els 3 i els 15 metres de profunditat. Així, a cada una de les campanyes dutes a terme entre 2000 i 2022 s'hi realitzaren un total de 54 transsectes (a excepció de 2021).



Figura 2.1. Mapa amb la localització, els límits i la zonificació de la Reserva Marina de la Badia de Palma on s'hi situen la zona de protecció especial (reserva integral) i la zona de reserva marina (reserva parcial). Font: CAIB.

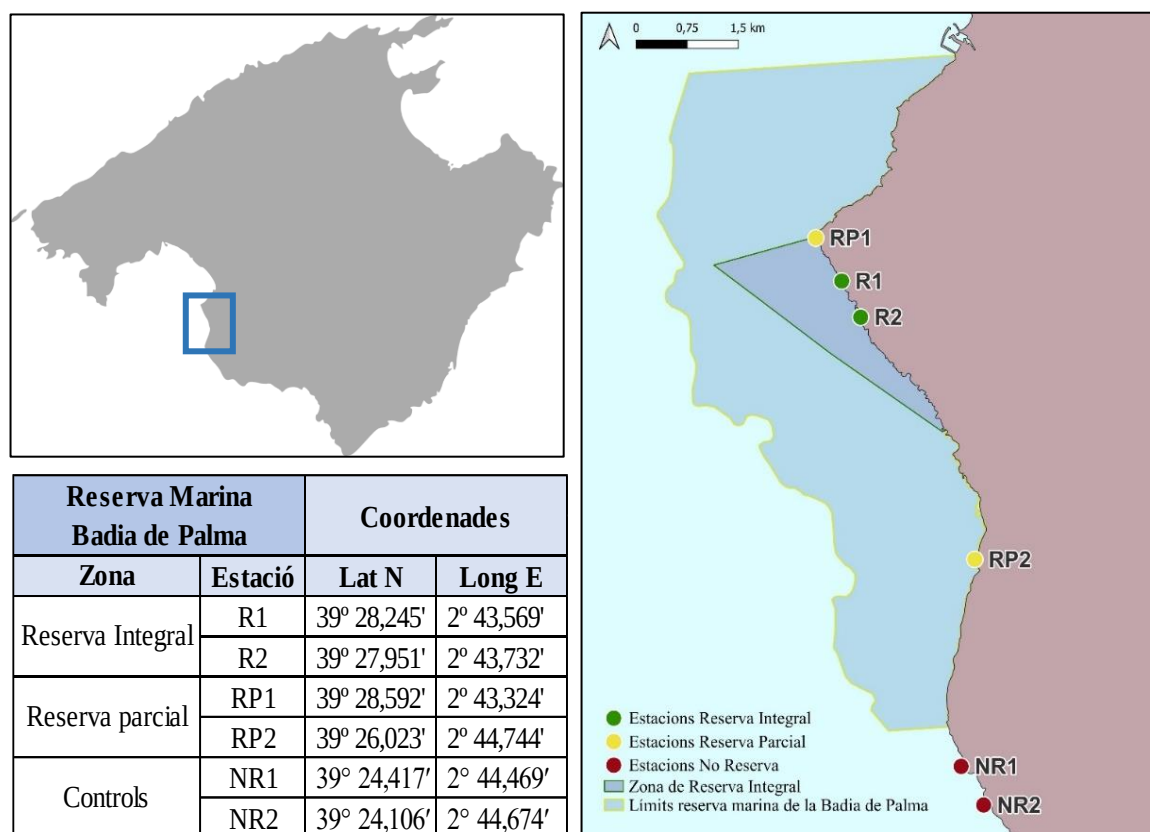


Figura 2.2. Situació i coordenades de les zones d'estudi dins la reserva integral (R1 i R2), dins la reserva parcial (RP1 i RP2) i fora de la reserva marina (NR1 i NR2).

2.2. La presa de dades

La unitat de mostreig utilitzada durant els censos visuals va ser el transecte de 50x5 m, el qual recobreix una àrea total de 250 m². Com s'ha mencionat abans, es van realitzar un total de 54 transectes (9 per estació), el que correspon a una àrea total mostrejada de 13.500 m². Tots els transectes es van distribuir a l'atzar sempre sobre substrat rocós entre 3 i 15 m de fondària i amb una distància superior a 20 m entre transectes contigus per tal d'evitar casos d'autocorrelació (Ordines *et al.*, 2005).

Els transectes es van dur a terme per parelles de bussejadors. Un avançava en primer lloc estenent una cinta mètrica sobre el perfil del 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 censaven un conjunt d'espècies específic: espècies de substrat rocós, objectiu de la pesca professional, submarina i recreativa i amb *home ranges* reduïts.

Aquest grup petit d'espècies millora considerablement la precisió del cens (tal com Greene i Alevison (1989) demostraren amb l'anomenat *Discrete Group Censusing*, ja que consumeix menys temps i permet un major nombre de rèpliques comparat amb un cens on es considera tota la comunitat de peixos. D'altra banda, en tractar-se d'un mètode de presa de dades no destructiu, la seva aplicació és especialment adequada per a estudis relacionats amb àrees marines protegides.

Sobre cadascun dels transectes s'identificaren les espècies objectiu i s'estimà el nombre d'individus observats i la seva talla. Es va procurar, en tot cas, que l'estima del nombre d'exemplars fos el més acurada possible. Si els peixos formaven moles denses es va atribuir el nombre d'individus estimat a classes d'abundància preestablertes, que seguien aproximadament una progressió geomètrica de classe 2 (1; 2; 3-5; 6-10; 11-30; 31-50; 51-100; etc.). Les talles s'estimaren en classes de 2 cm. L'error en l'estimació visual de les talles s'ha demostrat com a mínim en exemplars de fins a 20 cm de longitud total, però s'incrementa, tendint a una certa subestima, en classes de talla superiors. En qualsevol cas, i malgrat l'error inherent a l'observador, s'ha comprovat que a partir d'inventaris visuals, incrementant, si cal, l'interval de talla establert en la precisió (de 2 a 4 o 5 cm) es pot obtenir una distribució de talles que no difereix significativament de la real, en peixos amb mides variables de fins a 60 cm de longitud total.

Les espècies vulnerables a la pesca enregistrades als transsectes es van poder agrupar dins de les categories espacials 1, 3, 5 i 6 de les sis definides per Harmelin (1987) (Taula 2.1). Pel que fa a les espècies que integren la categoria 3, aquestes són molt preuades pels pescadors professionals, esportius i submarins; per la qual cosa són bones indicadores del grau d'explotació o de protecció d'una zona determinada (Garcia-Rubies, 1997).

Taula 2.1. Descripció i exemples de les diferents categories espacials descrites per Harmelin (1987).

Categoria Espacial	Definició	Exemples
1	Espècies molt mòbils, erràtiques, generalment diürnes i que viuen en bancs (incloses espècies planctòfagues, omnívores i carnívores).	Cirviola (<i>Seriola dumerili</i>) Espet (<i>Sphyraena</i> spp.) Llampuga (<i>Coryphaena hippurus</i>) Bonítol (<i>Sarda sarda</i>)
2	Espècies sedentàries, que viuen en bancs que ocupen la columna d'aigua (generalment planctòfagues).	Jonquillo (<i>Aphia minuta</i>) Llisa (<i>Mugil</i> spp.) Gall de Sant Pere (<i>Zeus faber</i>)
3	Espècies nectobentòniques, mesòfagues, amb importants desplaçaments horitzontals i moviments moderats al llarg de l'eix vertical. 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>Spondyllosoma cantharus</i>) Orada (<i>Sparus aurata</i>) Dèntol (<i>Dentex dentex</i>).
4	Espècies nectobentòniques que viuen a prop del fons i que realitzen desplaçaments horitzontals molt amplis.	Moll de roca (<i>Mullus surmuletus</i>) Raor (<i>Xyrichtys novacula</i>)
5	Espècies nectobentòniques, mesòfagues i carnívores. Marcadament sedentàries, amb desplaçaments verticals i horitzontals poc importants.	Grans làbrids (<i>Labrus</i> spp.) Grans serrànids (<i>Epinephelus</i> spp., <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</i> spp.) Mòllera de roca (<i>Phycis phycis</i>)

Per tal de completar les dades del mostreig, juntament amb la recollida de dades d'espècies vulnerables també es van anotar descriptors d'habitat, 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. 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 ($\phi > 2\text{m}$), blocs mitjans ($1\text{m} < \phi < 2\text{m}$), blocs petits ($\phi < 1\text{m}$), arena, grava, còdols i *Posidonia oceanica*.

A part, també s'enregistrà el relleu del fons o “rugositat” sota el transsecte (*sensu* Luckhurst i Luckhurst, 1978), la qual es va estimar *de visu*, establint-se una escala de 4 graus:

- 1: Relació entre la longitud real i la longitud lineal, igual o lleugerament superior a 1, sense escletxes ni anfractuositats aparents, ni importants variacions verticals.
- 2: Relació entre ambdues longituds clarament superior a 1, amb variacions verticals poc importants (menors de 2 m) i poques escletxes i anfractuositats.
- 3: Relació entre longitud real i lineal clarament superior a 1'5, amb escletxes i anfractuositats d'una certa entitat, ocupant, al menys un 25% de la longitud total del transsecte i/o variacions verticals de més de 2 m.
- 4: Presència d'escletxes importants, ocupant més del 25% de la longitud del transsecte i/o pregoneres variacions verticals amb una relació entre la longitud real i la lineal propera o superant el 2.

Finalment, per 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. Tractament de les dades

Pel que fa a les poblacions de peixos vulnerables a la pesca es va calcular el nombre d'espècies, la densitat i biomassa totals (excloent en ambdós casos les espècies de la categoria 1) i la densitat i biomassa per a cada espècie dins cada transsecte. El transsecte representà la unitat de mostra o rèplica. Pel càlcul de la biomassa de cada espècie es va fer ús de les relacions talla:pes descrites per Morey *et al.* (2003).

La base de dades generada el 2022 es va integrar amb la obtinguda durant les campanyes realitzades entre 2000 i 2020. Així els resultats descrits en aquest informe corresponen a les anàlisis espacials i temporals associades al període 2000-2022.

L'efecte del temps a cadascun dels 3 nivells de protecció considerats va ser comprovat mitjançant una anàlisi de la variància (ANOVA) amb un factor fix, anomenat "Protecció" (Ph), que recull les diferències entre els nivells de protecció i es replica espacialment en "zones" (Zi), aleatòries i encaixades dins el nivell de protecció. Per a aquests factors espacials s'analitzà l'efecte de la interacció amb el temps Tj . Així, cada rèplica o transsecte ($Xhijk$) es pot definir com la suma de la mitjana global (μ) de totes les rèpliques efectuades, més la variació creada per l'efecte protecció (Ph), més la variació deguda a la zona i en el nivell de protecció h $Zi(h)$, més l'efecte del temps (Tj), més la interacció del temps amb cada zona $Tj \times Zi(h)$, més la interacció del temps amb la protecció $Tj \times Ph$, més el terme d'error degut a la variació entre rèpliques ($ehijk$). El model lineal queda, doncs, d'aquesta manera:

$$Xhijk = \mu + Ph + Zi(h) + Tj + Tj \times Zi(h) + Tj \times Ph + ehijk$$

Prèviament a l'anàlisi es va comprovar l'homogeneïtat de les variàncies (mitjançant el test de Cochran (Zar, 1984)), l'absència de correlació entre mitjanes i desviacions típiques, i la normalitat de les dades. En el cas freqüent que no s'acomplissin aquests requeriments, les dades foren transformades logarítmicament ($x' = \log_{10}(x+1)$). Si després de la transformació logarítmica tampoc es complien els paràmetres d'homogeneïtat i normalitat, les dades varen ser analitzades malgrat que no s'acomplissin totes aquestes condicions, prenent la precaució de rebaixar el nivell de significança fins a 0,01 (en lloc de l'habitual $p < 0,05$) per tal d'evitar el risc de cometre un error de tipus I, és dir, d'afirmar que hi ha diferències quan realment no n'hi ha (Underwood, 1997).

A l'anàlisi de la interacció entre temps i protecció es va procedir a realitzar un pooling dels termes d'error i de l'efecte zona quan les diferències detectades per a aquest efecte niat presentessin una probabilitat d'acceptació de la hipòtesi nul·la quan aquesta és vertadera major a 0,25 (Underwood, 1997). D'aquesta manera s'incrementa el poder de detectar diferències degudes a la interacció entre els diferents nivells de protecció.

En els casos en que es detectà una influència per part d'algun factor (Temps, Protecció o Estació), s'analitzaren i es localitzaren les diferències mitjançant els test *a posteriori* de Tukey o mètode HSD.

A part, també es va analitzar l'estructura de talles de les espècies més freqüents i abundants (*Diplodus sargus* i *Diplodus vulgaris*) quan el seu nombre dins cada tractament (nivell de protecció i temps) fou prou elevat. La comparació es va dur a terme entre els diferents nivells de protecció i, per tal de simplificar les anàlisis, es varen incloure les estructures de talles només dels anys 2000, 2005, 2011, 2017 i 2022, de manera que resultessin en intervals de temps el més semblants possible en funció dels anys en què es realitzaren les campanyes.

Pels anys inicial i final d'estudi (2000 i 2022) s'analitzaren les diferències entre les freqüències per classe de talla mitjançant el test de Kolmogorov-Smirnov (Sokal i Rohlf, 1979). Per a això, dins de cada any es dugueren a terme comparacions dos a dos, entre els diferents nivells de protecció: Reserva integral vs. Reserva parcial, Reserva integral vs. No reserva i Reserva parcial vs. No reserva.

Les anàlisis estadístiques esmentades foren realitzades amb els programes "STATISTICA 6.0" i "RStudio".

3. RESULTATS

3.1. La riquesa d'espècies vulnerables a la pesca

Aquest any 2022 s'han censat 14 espècies vulnerables a la pesca de les categories espacials 1, 3, 5 i 6. Considerant les 11 campanyes realitzades fins al moment, en total s'han enregistrat 21 espècies (Taules 3.1, 3.2 i 3.3). Enguany, diferenciant entre els 3 nivells de protecció, s'observa que dins la reserva integral és on s'han enregistrat més espècies (10 espècies) seguit de la reserva parcial (9 espècies) i acabant amb les zones no protegides (7 espècies). En aquesta última campanya s'han censat dues noves espècies, observades dins la reserva: el déntol (*Dentex dentex*) i el reig (*Umbrina cirrosa*).

La família més ben representada al llarg del període d'estudi ha estat la dels espàrids (Sparidae), amb 7 espècies (*Diplodus sargus*, *D. vulgaris*, *D. puntazzo*, *D. cervinus*, *Spondyllosoma cantharus*, *Sparus aurata* i *Dentex dentex*), seguida dels serrànids (Serranidae) amb tres espècies (*Epinephelus marginatus*, *E. Costae* i *Mycteroperca rubra*) i finalment els esciaènids (Sciaenidae) amb *Sciaena umbra* i *Umbrina cirrosa*, làbrids (Labridae) amb *Labrus merula* i *Labrus viridis* i escorpènids (Scorpaenidae) amb *Scorpaena porcus* i *Scorpaena scrofa*.

Tenint en compte el nombre de peixos observats al llarg dels anys, les espècies més representades han estat el sard *Diplodus sargus* (7.153 individus censats), la variada *Diplodus vulgaris* (7.125 individus), la morruda *Diplodus puntazzo* (367 individus), el tord massot *Labrus merula* (144 individus), l'escorball *Sciaena umbra* (85 individus), la grívia *Labrus viridis* (71 individus) i l'anfós *Epinephelus marginatus* (66 individus).

Taula 3.1. Abundàncies de les espècies vulnerables enregistrades en el període 2000-2022 dins la reserva integral.

Reserva integral	2000	2001	2002	2003	2005	2008	2011	2017	2019	2020	2022
Categoria 1											
<i>Sphyraena viridensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	0
Categoria 3											
<i>Dentex dentex</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diplodus cervinus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diplodus puntazzo</i>	3	10	13	19	11	8	23	24	10	21	13
<i>Diplodus sargus</i>	391	188	198	460	315	276	481	365	365	358	274
<i>Diplodus vulgaris</i>	246	107	152	386	223	200	287	298	281	238	201
<i>Sparus aurata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Umbrina cirrosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Categoria 5											
<i>Epinephelus costae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Epinephelus marginatus</i>	1	0	2	2	1	1	1	1	4	3	2
<i>Mycteroperca rubra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
<i>Labrus merula</i>	0	0	6	4	5	16	18	7	1	5	3
<i>Labrus viridis</i>	1	0	0	2	1	7	7	1	1	2	2
<i>Pomadasys incisus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sciaena umbra</i>	2	0	1	0	2	1	2	3	15	14	9
Categoria 6											
<i>Muraena helena</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Phycis phycis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Scorpaena porcus</i>	0	1	0	0	0	1	1	0	0	2	0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	644	306	372	873	558	511	821	700	681	694	507
Nº espècies	6	4	6	6	7	9	9	8	8	9	10

Taula 3.2. Abundàncies de les espècies vulnerables enregistrades en el període 2000-2022 dins la reserva parcial.

Reserva parcial	2000	2001	2002	2003	2005	2008	2011	2017	2019	2020	2022
Categoria 1											
<i>Sphyræna viridensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
Categoria 3											
<i>Dentex dentex</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Diplodus cervinus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diplodus puntazzo</i>	8	15	20	11	16	7	21	21	14	6	11
<i>Diplodus sargus</i>	377	252	222	281	265	150	169	149	164	129	105
<i>Diplodus vulgaris</i>	342	156	164	98	139	269	227	238	286	200	185
<i>Sparus aurata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	0	0	0	0	0	0	1	2	3	0	1
<i>Umbrina cirrosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Categoria 5											
<i>Epinephelus costae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Epinephelus marginatus</i>	5	0	2	2	4	1	3	1	4	6	0
<i>Mycteroperca rubra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Labrus merula</i>	4	3	0	3	3	1	5	3	6	5	3
<i>Labrus viridis</i>	1	2	0	4	1	3	6	2	0	3	4
<i>Pomadasys incisus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
<i>Sciaena umbra</i>	0	0	1	0	2	2	8	4	3	8	0
Categoria 6											
<i>Muraena helena</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	0
<i>Phycis phycis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scorpaena porcus</i>	1	0	0	0	2	0	6	3	0	2	6
<i>Scorpaena scrofa</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Total	738	429	409	399	432	433	447	425	482	369	317
Nº espècies	7	6	5	6	8	7	10	11	9	13	9

Taula 3.3. Abundàncies de les espècies vulnerables enregistrades en el període 2000-2022 dins les zones control.

No reserva	2000	2001	2002	2003	2005	2008	2011	2017	2019	2020	2022
Categoria 1											
<i>Sphyræna viridensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Categoria 3											
<i>Dentex dentex</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diplodus cervinus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diplodus puntazzo</i>	4	4	10	3	10	4	7	10	1	8	1
<i>Diplodus sargus</i>	240	91	80	114	109	93	143	58	89	131	71
<i>Diplodus vulgaris</i>	303	138	189	200	161	167	201	131	213	290	209
<i>Sparus aurata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Spondylusoma cantharus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Umbrina cirrosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Categoria 5											
<i>Epinephelus costae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epinephelus marginatus</i>	4	1	1	2	2	0	2	1	3	2	2
<i>Mycteroperca rubra</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Labrus merula</i>	2	3	5	1	4	12	11	2	1	1	1
<i>Labrus viridis</i>	8	4	1	0	0	4	3	0	0	1	0
<i>Pomadasys incisus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sciaena umbra</i>	0	0	1	0	0	0	1	2	0	3	1
Categoria 6											
<i>Muraena helena</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Phycis phycis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scorpaena porcus</i>	2	3	0	0	0	0	1	0	0	2	3
<i>Scorpaena scrofa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	564	244	287	320	286	280	370	204	307	440	288
Nº espècies	8	7	7	5	5	5	9	6	5	9	7

De manera general, s'observa una tendència creixent en la riquesa específica per a tots els nivells de protecció fins l'any 2011 (Fig. 3.1.). En aquest any s'enregistraren els valors màxims de riquesa mitjana: 3,83 espècies/250 m² dins la reserva integral, 4,1 espècies/250 m² dins la reserva parcial i 3,11 espècies/250 m² dins les zones control. A partir d'aquest moment, la riquesa disminuí paulatinament i de manera general fins a l'actualitat, amb un repunt l'any 2020, quan els valors mitjans enregistrats foren de $2,22 \pm 0,17$ espècies/250 m² dins les zones control i de $2,89 \pm 0,2$ espècies/250 m² tant dins la reserva integral com la reserva parcial. La tendència general durant els últims anys ha estat obtenir valors similars entre la reserva parcial i la reserva integral, mantenint-se inferiors els valors de riquesa en les zones no protegides. Aquest any 2002 les anàlisis estadístiques mostren que hi ha diferències en la riquesa d'espècies entre els tres nivells de protecció (Taula 3.4) però el posterior test de Tukey mostra que estrictament no hi ha diferències entre ells, ja que els p.valors desglossats foren de 0,0832 (R vs NR), 0,0832 (RP vs NR) i 1,000 (RP vs R).

En referència a l'evolució de les diferents zones dins del mateix nivell de protecció, en la figura 3.1 s'observa que cada parell de zones es comporta de manera similar, havent-hi més diferències entre les dues estacions dins de la reserva parcial. Tot i les variacions, les anàlisis estadístiques mostraren que no hi ha diferències entre les zones dins del mateix nivell de protecció.

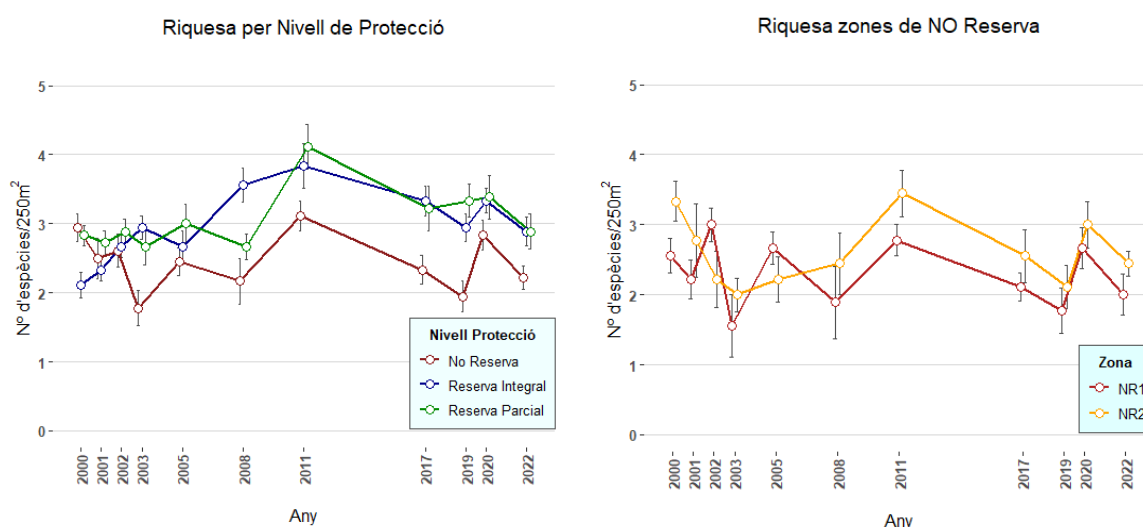


Figura 3.1. Evolució de la riquesa mitjana (nº espècies/250 m² ± EE) entre 2000 i 2022 dins dels diferents nivell de protecció i dins de cada una de les seves zones.

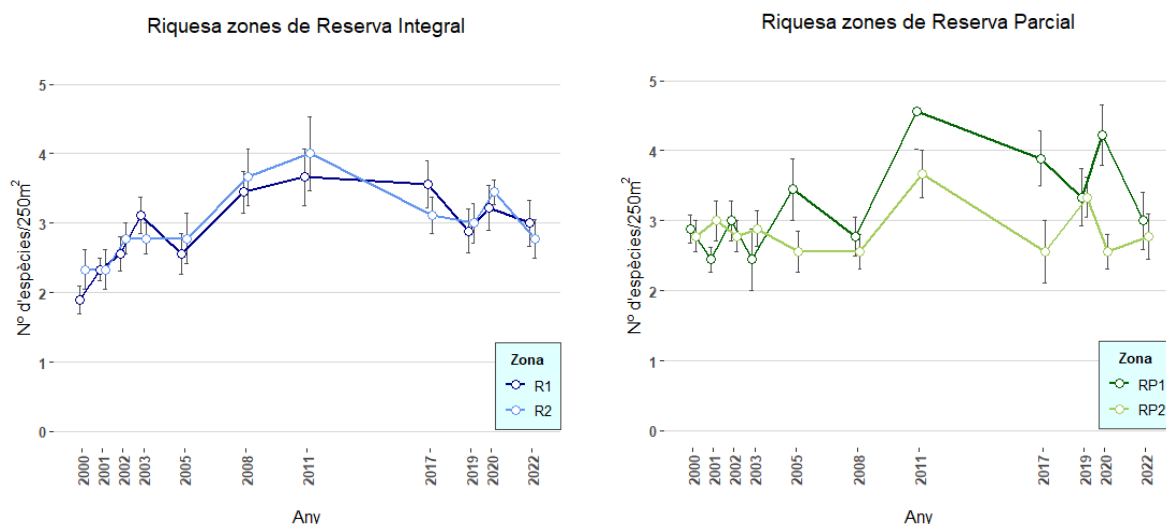


Figura 3.1.cont. Evolució de la riquesa mitjana (n° espècies/250 m² $\pm$ EE) entre 2000 i 2022 dins dels diferents nivell de protecció i dins de cada una de les seves zones.

Taula 3.4. Anàlisi de la variància de la riquesa total entre els tres nivells de protecció (PROT) per a l'any 2022. SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS= mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

RIQUESA 2022	SS	GL	MS	F	p
PROT	5,3333	2	2,6667	3,1875	0,049615
Residus	42,6667	51	0,8366		

Per a les anàlisis estadístiques on s'ha analitzat la riquesa de tots els anys d'estudi, s'ha rebaixat el nivell de significança fins a 0,01 per tal d'evitar el risc de cometre un error de tipus I. Això és degut a que les dades (tant transformades com no transformades) no compleixen paràmetres d'homogeneïtat i/o normalitat.

Els resultats de les anàlisis mostren diferències significatives en el nombre mitjà d'espècies pel factor temps (Taula 3.5). El test a *posteriori* de Tukey o mètode HSD indica que aquestes diferències entre anys foren degudes principalment al valors obtinguts al 2011, quan gairebé totes les zones presentaren els valors màxims de riquesa. D'altra banda, al 2020 també s'enregistraren valors força alts de riquesa; és per això que aquest any també mostra diferències amb anys de menor riquesa com foren el 2001 i 2003.

Taula 3.5. Anàlisi de la variància de la riquesa d'espècies entre les 11 campanyes (Temps), el nivell de protecció (PROT) i la zona niada dins del nivell de protecció. SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS= mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

RIQUESA 2000-2022	SS	GL	MS	F	p
TEMPS	65,347	10	6,535	5,438	0,000141
PROT	44,003	2	22,002	4,969	0,111651
TEMPS*PROT	47,108	20	2,355	1,960	0,046393
ZONA(PROT)	13,283	3	4,428	3,685	0,022691
TEMPS*ZONA(PROT)	36,051	30	1,202	1,254	0,168799
Residus	506,000	528	0,958		

3.2. La densitat total d'espècies vulnerables a la pesca

S'ha observat que la densitat mitjana de peixos dins cada nivell de protecció ha seguit un patró més o menys estable al llarg dels anys, tendint a la baixa dins la reserva marina des de 2011 (Fig. 3.2). Gairebé per a tots els anys (a excepció del 2020), la densitat de les zones control ha estat inferior a la de la reserva parcial i a la de la zona integral.

Un altre fet a destacar és que durant els tres primers anys d'estudi (2000, 2001 i 2002) la densitat de la reserva parcial sempre va superar la de la integral. Aquesta situació va revertir l'any 2003 i des d'aleshores la zona integral ha presentat una major densitat de peixos. El 2022, les densitats mitjanes han estat de $16,0 \pm 8,58$ individus/250 m² dins les zones control, $28,11 \pm 3,11$ dins la reserva integral i $17,61 \pm 2,29$ dins la reserva parcial.

Les anàlisis estadístiques d'aquest any 2022 mostren que hi ha diferències significatives entre els tres nivells de protecció (Taula 3.6). Concretament el test de Tukey mostra que són significatives les diferències entre la no reserva i la reserva integral i entre la reserva integral i la reserva parcial. Així, la densitat dins de la reserva integral és significativament major que la dels altres dos nivells de protecció.

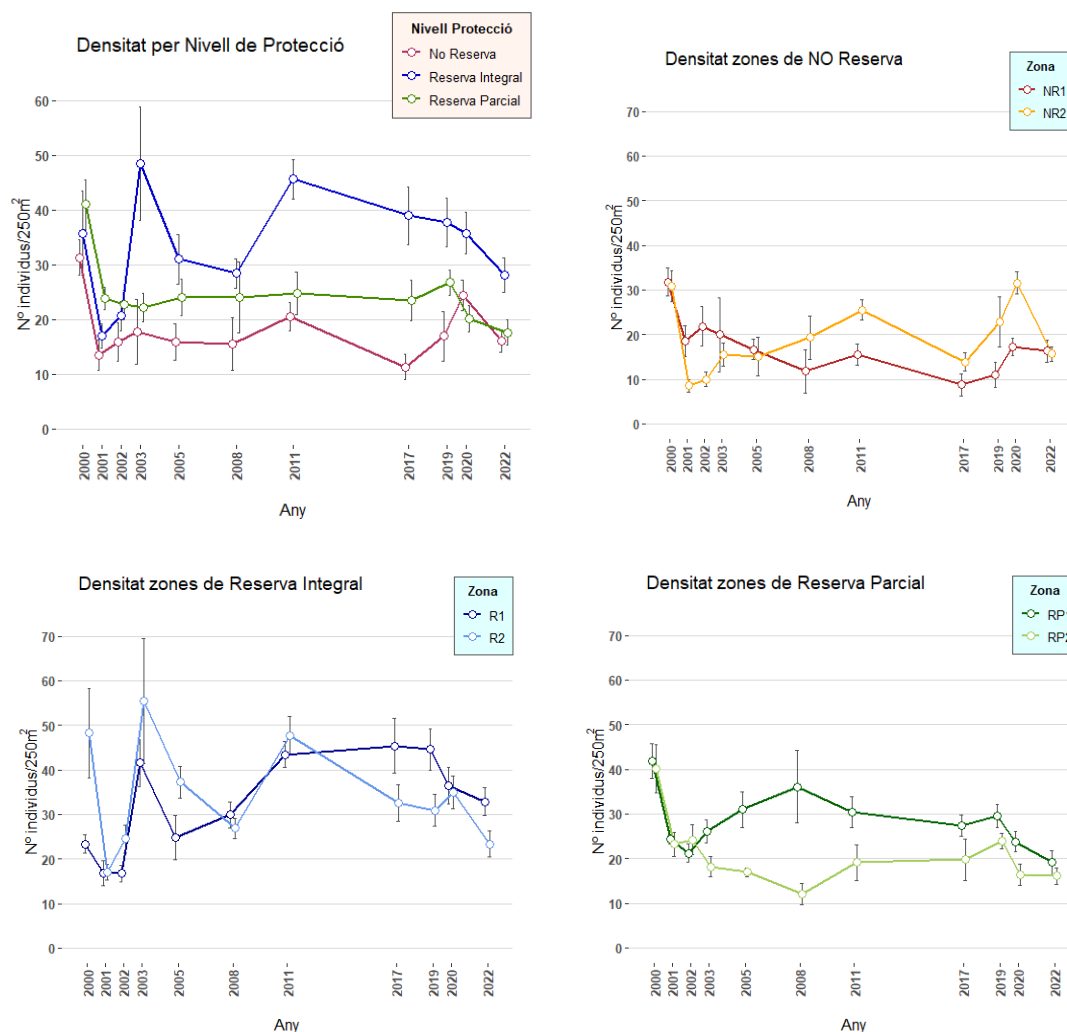


Figura 3.2. Evolució de la densitat mitjana de peixos (n° individus/ $250\text{ m}^2 \pm \text{EE}$) entre 2000 i 2022 dins els diferents nivell de protecció i dins cada una de les seves zones.

Taula 3.6. Anàlisi de la variància de la densitat total entre els tres nivells de protecció (PROT) per a l'any 2022. SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS= mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

DENSITAT 2022	SS	GL	MS	F	p
PROT	1557,15	2	778,57	6,8155	0,002381
Residus	5826,06	51	114,24		

En relació als resultats de les anàlisis estadístiques al comparar la densitat de peixos entre diferents anys d'estudi, s'han detectat diferències significatives (Taula 3.7). Cal dir que per a aquestes anàlisis també s'ha rebaixat el nivell de significança fins a 0,01 per tal d'evitar el risc de cometre un error de tipus I al no ser les dades homocedàstiques.

L'anàlisi *a posteriori* de Tukey indica que l'any 2000 mostra una densitat superior comparada amb la dels anys 2001, 2002, 2005, 2008 i 2022.

Taula 3.7. Anàlisi de la variància de la biomassa total entre les 11 campanyes (Temps), el nivell de protecció (PROT) i les zones niades dins de cada nivell de protecció. SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS= mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

DENSITAT 2000-2022	SS	GL	MS	F	p
TEMPS	14.990,1	10	1.499,0	3,6357	0,002917
PROT	23.317,1	2	11.658,5	11,4679	0,039340
TEMPS*PROT	13.652,1	20	682,6	1,6556	0,103094
ZONA(PROT)	3.049,9	3	1.016,6	2,4657	0,081431
TEMPS*ZONA(PROT)	12.369,2	30	412,3	1,3621	0,097501
Residus	159.822,4	528	302,7		

Referent a la variància pels anys inicial i final de la sèrie estudiada (2000 i 2022), s'observa que l'any 2000 no varen existir diferències entre les densitats dels tres nivells de protecció però sí per aquest any 2022 (Taula 3.8). Com s'ha dit abans, la densitat de la reserva integral és major. A part, com s'ha detectat en el test de Tukey anterior, els resultats mostren que la densitat de l'any 2000 és significativament major a la de l'any 2022.

Taula 3.8. Anàlisi de la variància de la densitat mitjana entre els tres nivells de protecció (PROT) i per les zones niades dins dels nivells de protecció pels anys 2000 i 2022. GL: graus de llibertat, MS= mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

DENSITAT 2000	SS	GL	MS	F	p
PROT	842,81	2	421,41	0,45065	0,674323
ZONA(PROT)	2.805,33	3	935,11	1,81210	0,157549
Residus	24.769,78	48	516,04		

DENSITAT 2022	SS	GL	MS	F	p
PROT	1557,15	2	778,57	6,8155	0,002381
Residus	5826,06	51	114,24		

La contribució de les espècies a la densitat total en tots els nivells de protecció es veu dominada per la família dels espàrids, essent *Diplodus sargus* i *Diplodus vulgaris* les espècies amb més individus censats (Taules 3.1, 3.2 i 3.3).

3.3. Biomassa total d'espècies vulnerables a la pesca

La biomassa mitjana enregistrada al llarg de les 11 campanyes mostra una evolució positiva similar en els tres nivells de protecció. Això és degut a l'augment de talles mitjanes al llarg dels anys, assolint-se els màxims al 2019 i 2020 (Fig. 3.3).

L'any 2000, tant la reserva integral com la reserva parcial i les zones control tenien un valor de biomassa semblant. A partir d'aleshores, tots els valors de biomassa van augmentar fins els anys 2019 i 2020. En aquest moment la tendència es va revertir i va provocar que la biomassa disminuís fins als valors actuals. Comparant la biomassa de l'any 2000 amb la de l'any amb el valor més alt per a aquest indicador, la reserva integral va passar de 1.026,8 g/250 m² a 5.573,8 g/250 m² l'any 2019, la reserva parcial de 888,5 g/250 m² a 3.236,3 g/250 m² l'any 2019 i les zones de no reserva passaren de 766,8 g/250 m² a 1.965,4 g/250 m² l'any 2020. Així, la biomassa va evolucionar positivament en tots els nivells de protecció, essent major l'increment en la reserva integral. El valor de biomassa es va multiplicar per a un factor de 5,4 dins la reserva integral, per 3,6 dins la reserva parcial i per 2,56 a les zones control.

Tot i els valors màxims assolits els anys 2019 i 2020, cal dir que en l'actualitat els resultats han disminuït lleugerament. Les biomasses mitjanes tenen uns valors de 3.177,9 g/250 m² dins la reserva integral, 1.847,6 g/250 m² a la reserva parcial i 1.213,7 g/250 m² a les zones control. Tot i així, els valors de 2022 segueixen essent superiors als enregistrats l'any 2000.

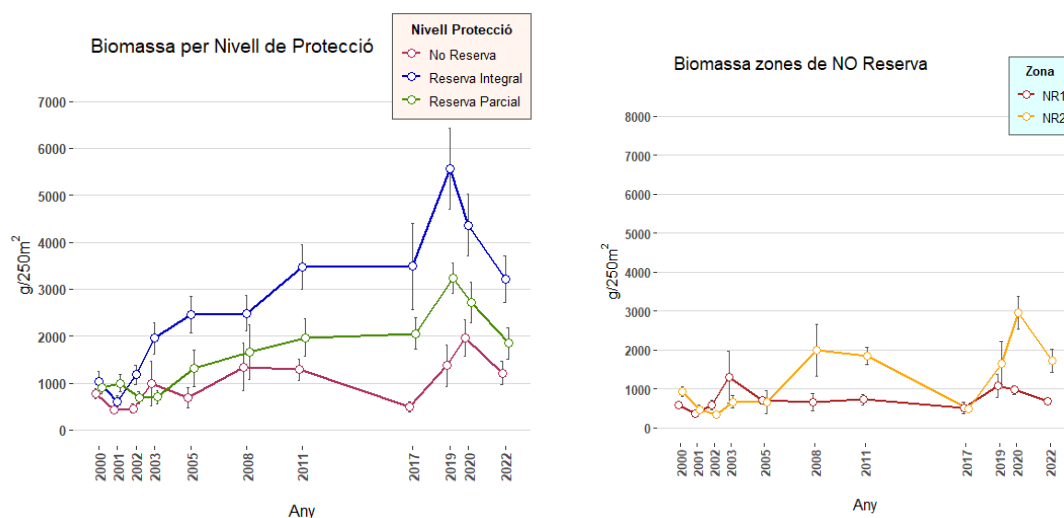


Figura 3.3. Evolució de la biomassa mitjana (g/250 m² ± EE) entre 2000 i 2022 dins dels diferents nivells de protecció i dins de cada una de les seves zones.

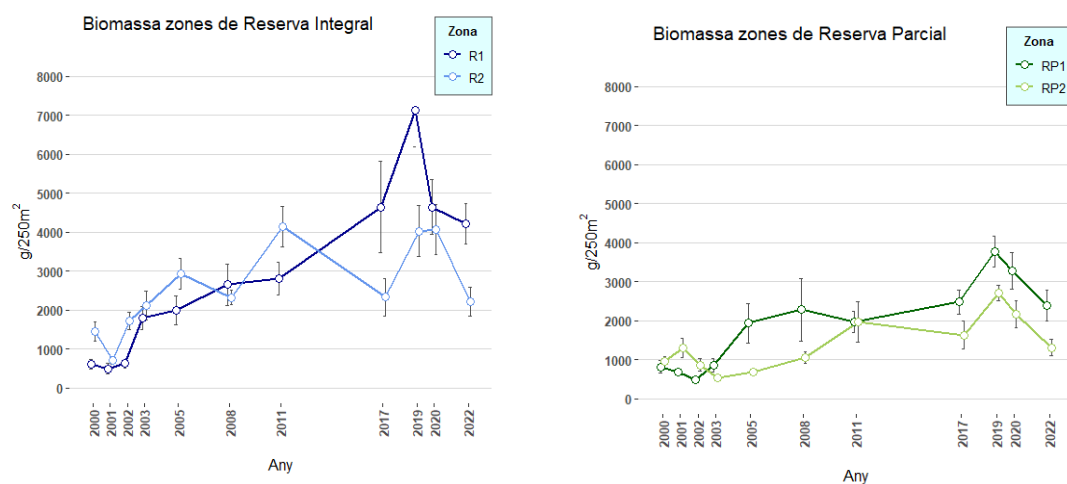


Figura 3.3.cont. Evolució de la biomassa mitjana ($\text{g}/250 \text{ m}^2 \pm \text{EE}$) entre 2000 i 2022 dins dels diferents nivells de protecció i dins de cada una de les seves zones.

A les Taules 3.9, 3.10 i 3.11 es poden consultar els valors de biomassa mitjana per transecte (biomassa total i per espècie) corresponents a cada campanya i a cada nivell de protecció.

Taula 3.9. Biomassa mitjana total i per espècie (g/250 m²) enregistrada en el període 2000-2022 dins la reserva integral.

Reserva Integral	Biomassa g/250m ²										
	2000	2001	2002	2003	2005	2008	2011	2017	2019	2020	2022
<i>Diplodus cervinus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diplodus puntazzo</i>	19,53	24,34	55,22	125,28	65,76	40,69	109,50	87,20	43,66	151,55	129,55
<i>Diplodus sargus</i>	850,12	475,73	861,60	1098,87	1596,02	1431,07	2143,52	1918,10	3322,18	2474,73	1814,52
<i>Diplodus vulgaris</i>	126,25	103,02	138,75	648,78	626,73	475,11	842,30	1114,60	1298,10	873,54	728,27
<i>Sparus aurata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	0	0	0	0	0	1,50	0	2,38	0	0	0
<i>Umbrina cirrosa</i>	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	3,95
<i>Epinephelus marginatus</i>	2,71	0	48,23	11,42	34,79	49,23	3,31	67,29	118,07	214,44	150,74
<i>Mycteroperca rubra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Labrus merula</i>	0	0	63,29	21,01	70,46	286,47	213,09	227,08	186,01	136,85	65,09
<i>Labrus viridis</i>	2,97	0	0	31,77	39,59	187,87	103,52	33,26	33,26	15,81	18,46
<i>Pomadasys incisus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sciaena umbra</i>	25,24	0	5,04	0	21,96	6,88	25,75	38,77	572,50	473,69	238,72
<i>Muraena helena</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28,68
<i>Phycis phycis</i>	0	0	0	0	0	0	20,75	0	0	0	0
<i>Scorpaena porcus</i>	0	8,64	0	0	0	8,64	14,99	0	0	20,16	0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total general	1026,82	611,73	1172,13	1937,13	2455,31	2487,47	3476,72	3488,67	5573,79	4360,78	3177,98

Taula 3.10. Biomassa mitjana total i per espècie (g/250 m²) enregistrada en el període 2000-2022 dins la reserva parcial.

Reserva Parcial	Biomassa g/250m ²										
	2000	2001	2002	2003	2005	2008	2011	2017	2019	2020	2022
<i>Diplodus cervinus</i>	0	1,58	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diplodus puntazzo</i>	42,29	39,90	54,51	28,99	61,13	18,74	124,75	105,45	79,08	30,76	58,86
<i>Diplodus sargus</i>	565,97	753,33	464,70	412,89	671,86	652,95	811,72	879,96	1413,02	1026,30	877,66
<i>Diplodus vulgaris</i>	176,28	164,96	146,46	144,60	389,75	837,21	602,67	870,41	1295,15	782,52	734,12
<i>Sparus aurata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	0	0	0	0	0	0	2,38	10,49	37,76	0	1,16
<i>Umbrina cirrosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23,79
<i>Epinephelus costae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	59,85	0	0
<i>Epinephelus marginatus</i>	93,51	0	9,95	8,09	119,86	49,23	128,20	41,59	130,09	310,09	0
<i>Mycteroperca rubra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77,06	0
<i>Labrus merula</i>	5,81	27,94	0	25,82	15,11	17,24	62,29	35,15	90,20	121,29	37,80
<i>Labrus viridis</i>	3,57	11,45	0	81,00	2,44	81,18	83,57	17,24	0	35,47	86,95
<i>Pomadasys incisus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,92	2,86
<i>Sciaena umbra</i>	0	0	3,58	0	35,13	10,46	99,16	41,73	102,48	211,84	0
<i>Muraena helena</i>	0	0	0	0	0	0	12,15	12,15	28,68	93,16	0
<i>Phycis phycis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scorpaena porcus</i>	1,07	0	0	0	11,58	0,00	42,53	21,69	0	23,05	24,41
<i>Scorpaena scrofa</i>	0	0	0	0	0	0	0	22,10	0	0	0
Total general	888,49	999,16	679,21	701,40	1306,86	1667,01	1969,42	2057,94	3236,31	2715,47	1847,60

Taula 3.11. Biomassa mitjana total i per espècie (g/250 m²) enregistrada en el període 2000-2022 dins els zones control.

No Reserva	Biomassa g/250m ²										
	2000	2001	2002	2003	2005	2008	2011	2017	2019	2020	2022
<i>Diplodus cervinus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diplodus puntazzo</i>	13,20	10,09	19,86	4,77	36,29	38,31	17,13	31,58	8,78	25,09	3,58
<i>Diplodus sargus</i>	422,19	219,18	172,35	256,51	162,57	473,22	464,69	174,05	611,30	800,05	429,04
<i>Diplodus vulgaris</i>	197,26	107,78	240,93	685,42	447,05	726,24	586,82	253,23	649,74	840,61	598,91
<i>Sparus aurata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	122,37	0
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Umbrina cirrosa</i>	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
<i>Epinephelus marginatus</i>	80,93	0,16	0,38	13,72	24,00	0	36,14	0,38	82,81	41,97	112,25
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Labrus merula</i>	9,25	27,06	15,80	26,38	14,98	78,18	78,77	33,89	17,24	2,90	13,61
<i>Labrus viridis</i>	33,33	39,26	5,01	0	0	15,84	47,28	0	0	14,80	0
<i>Pomadasys incisus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sciaena umbra</i>	0	0	9,13	0	0	0	18,87	10,09	0	89,41	37,35
<i>Muraena helena</i>	0	0	0	0	0	0	22,07	0	0	0	0
<i>Phycis phycis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scorpaena porcus</i>	9,69	14,89	0	0	0	0	19,08	0	0	28,16	18,99
<i>Scorpaena scrofa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total general	766,76	418,42	463,46	986,81	684,90	1331,79	1290,86	503,22	1369,87	1965,37	1213,73

Les anàlisis estadístiques d'aquest any 2022 mostren que no hi ha diferències significatives entre els tres nivells de protecció però sí que se'n detecten entre zones (Taula 3.12). El test *a posteriori* de Tukey mostra que les diferències s'observen entre zones incloses en diferents nivells de protecció (per exemple la zona 1 de fora la reserva amb la zona 1 de la reserva integral), per tant, es pot concloure que les dues zones dins de cada nivell de protecció es comporten de manera similar, mostrant una biomassa semblant (Taula 3.13).

Taula 3.12. Anàlisi de la variància de la biomassa total entre els tres nivells de protecció (PROT) i la zona niada dins la protecció per a l'any 2022. SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS= mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

BIOMASSA 2022	SS	GL	MS	F	p
PROT	2,2827	2	1,1413	1,9745	0,283664
ZONA(PROT)	1,7341	3	0,5780	3,8081	0,015798
Residus	7,2860	48	0,1518		

Taula 3.13. Test *a posteriori* (test de Tukey o mètode HSD) per a les diferències de biomassa mitjana d'espècies vulnerables entre les diferents zones mostrejades l'any 2022. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

Biomassa 2022	NR1	NR2	R1	R2	RP1	RP2
NR1		0,119795	0,000301	0,028048	0,024747	0,438948
NR2	0,119795		0,221841	0,990046	0,985960	0,977298
R1	0,000301	0,221841		0,555387	0,586020	0,045029
R2	0,028048	0,990046	0,555387		1,000000	0,763032
RP1	0,024747	0,985960	0,586020	1,000000		0,735629
RP2	0,438948	0,977298	0,045029	0,763032	0,735629	

En relació als resultats de les anàlisis estadístiques, aquestes mostren que hi ha diferències significatives en comparar la biomassa d'espècies vulnerables a la pesca entre els diferents anys d'estudi (Taula 3.14). Cal dir que per a aquestes anàlisis també s'ha rebaixat el nivell de significança fins a 0,01 per tal d'evitar el risc de cometre un error de tipus I al no ser les dades homocedàstiques. El test *a posteriori* de Tukey mostra que hi ha bastantes diferències significatives entre els diferents anys (Taula 3.15). De manera general, es pot observar que les diferències es concentren entre els primers anys de reserva (2000, 2001 i 2002) amb els anys més recents (2019, 2020 i 2022).

Per últim, destacar que el primer any de reserva (any 2000) i l'últim any estudiat (any 2022) difereixen significativament, essent major la biomassa en l'actualitat. El valor de biomassa total al 2000 fou de 48'5 kg i aquest any 2022 s'ha multiplicat per més del doble, assolint un valor de 112,96 kg.

Taula 3.14. Anàlisi de la variància de la biomassa total entre les 11 campanyes (Temps), el nivell de protecció (PROT) i les zones niades dins de cada nivell de protecció. SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS= mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

BIOMASSA 2000-2022	SS	GL	MS	F	p
TEMPS	4,269060E+08	10	4,269060E+07	8,3821	0,000003
PROT	2,962485E+08	2	1,481243E+08	14,2682	0,029340
TEMPS*PROT	1,465105E+08	20	7,325523E+06	1,4383	0,179553
ZONA(PROT)	3,114432E+07	3	1,038144E+07	2,0383	0,129634
TEMPS*ZONA(PROT)	1,527926E+08	30	5,093085E+06	1,8786	0,003597
Residus	1,431473E+09	528	2,711124E+06		

Taula 3.15. Test *a posteriori* (test de Tukey o mètode HSD) per a les diferències de biomassa mitjana d'espècies vulnerables entre els diferents anys d'estudi. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

	2000	2001	2002	2003	2005	2008	2011	2017	2019	2020
2000										
2001	0,99982									
2002	0,99999	1,00000								
2003	0,99583	0,83926	0,95080							
2005	0,74270	0,27265	0,46681	0,99880						
2008	0,10758	0,01207	0,03395	0,68339	0,99172					
2011	0,00109	0,00005	0,00018	0,04503	0,37214	0,96875				
2017	0,01814	0,00123	0,00423	0,28693	0,85184	0,99996	0,99974			
2019	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00005	0,01310	0,00079		
2020	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00008	0,00894	0,35076	0,06197	0,98293	
2022	0,00768	0,00043	0,00162	0,17080	0,71387	0,99925	0,99999	1,00000	0,00200	0,11971

Si ens centrem en la variància pels anys inicial i final de la sèrie estudiada (2000 i 2022), s'observa que per a cap d'aquests dos anys s'observen diferències significatives entre els nivells de protecció (Taula 3.16). En aquesta anàlisi també s'ha rebaixat el nivell de significança a 0,01. D'altra banda, com s'ha pogut observar al test de Tukey realitzat anteriorment (Taula 3.15), les biomasses d'aquests dos anys difereixen significativament, essent major la biomassa de 2022.

Taula 3.16. Anàlisi de la variància de la biomassa mitjana entre els tres nivells de protecció (PROT) i per a les zones niades dins dels nivells de protecció pels anys 2000 i 2022. GL: graus de llibertat, MS= mitjana quadràtica, F= test d’F; p= nivell de significança. S’indiquen en vermell les diferències significatives.

BIOMASSA 2000	SS	GL	MS	F	p
PROT	621.064	2	310.532	0,24817	0,794804
ZONA(PROT)	3.753.817	3	1.251.272	3,07231	0,036453
Residus	19.549.175	48	407.274		

BIOMASSA 2022	SS	GL	MS	F	p
PROT	2,2827	2	1,1413	1,9745	0,283664
ZONA(PROT)	1,7341	3	0,5780	3,8081	0,015798
Residus	7,2860	48	0,1518		

Quant a la contribució de les espècies a la biomassa total de la comunitat íctica, a tots els nivells de protecció s’observà un domini molt evident dels espàrids, representats sobretot pel sard *Diplodus sargus* i la variada *Diplodus vulgaris* (Fig. 3.4, 3.5 i 3.6). Un patró a destacar en les zones control és que la variada (*Diplodus vulgaris*) és l’espècie predominant, al contrari que dins de la reserva (integral i parcial), on domina el sard (*Diplodus sargus*).

Separant la seqüència temporal d’estudi en anys inicials (2000, 2005 i 2011) i recents (2017, 2019 i 2022) i obtenint la mitjana entre els tres anys, la biomassa relativa d’aquestes espècies s’ha reduït d’un 90,3% a un 82,97% dins la reserva integral, però ha augmentat d’un 78,45% a un 85,32% a la reserva parcial i d’un 83,64% a un 87,21% dins les zones control.

Al llarg dels anys, dins la reserva integral s’incrementà l’aportació d’espècies indicadores de l’efecte reserva com *Sciaena umbra* i *Epinephelus marginatus*. Aquest any 2022, els escorbells i els anfosos representen respectivament un 7,43% i un 4,69% de la biomassa obtinguda. L’any 2000 la contribució d’aquestes espècies era bastant més baixa: 2,45% per a *S. umbra* i 0,26% per a *E. marginatus* (Fig. 3.5). Pel contrari, la tendència positiva de *Labrus merula* observada al 2017 (assolint el 6,51%) donà un gir i actualment es una espècie poc representativa dins la reserva integral (2,03%) (Fig. 3.5).

A la reserva parcial, l'anfós (*Epinephelus marginatus*) va reduir la seva contribució, passant d'un 8,78% en els anys inicials (2000, 2005 i 2011) a un 2,01% en els anys més recents (2017, 2019 i 2022) (Fig. 3.6). També s'observa un lleuger descens de *Sciaena umbra* (d'un 2,57% a un 1,73%). Les úniques espècies que han mostrat un lleuger augment en la seva biomassa relativa dins de la reserva parcial han estat els làbrids (*Labrus merula* i *Labrus viridis*) passant d'un 3,34% a un 4,03%. Deixant de banda els espàrids, aquest any 2022 l'espècie *Labrus viridis* és la que més ha contribuït en els valors de biomassa amb un valor del 4,69% (Fig. 3.6).

A les zones control, la contribució de l'anfós (*Epinephelus marginatus*) va disminuir fins a un 0,1% l'any 2017, però a partir d'aquest any la tendència es va revertir. Actualment aquesta espècie mostra una elevada biomassa relativa amb un valor sorprenent del 9,25% (Fig. 3.4). Fins i tot aquest valor és més elevat que l'obtingut en la zona de reserva integral (4,69%). D'altra banda, aquest any 2022, la contribució d'altres espècies indicadores de l'efecte reserva és menor a l'1,6%, a excepció de l'escorball, que contribueix amb un 3,1% (Fig. 3.4).

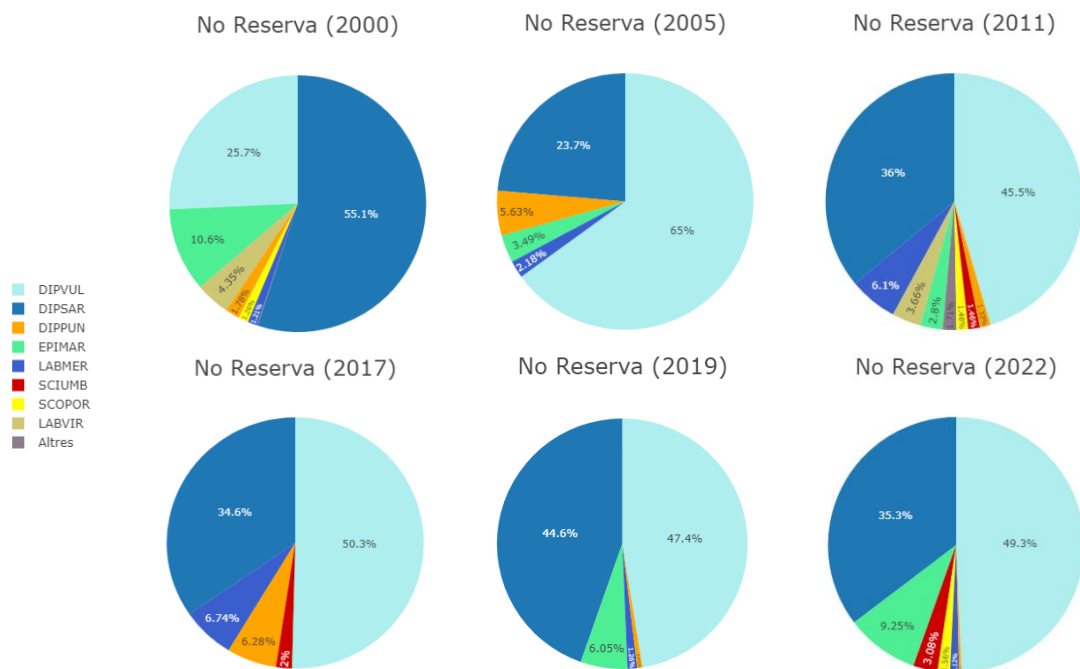


Figura 3.4. Contribució relativa a la biomassa total (%) de les d'espècies vulnerables observades a la zones control durant les campanyes de 2000, 2005, 2011, 2017, 2019 i 2022. DIPVUL= *Diplodus vulgaris*, DIPSAR= *Diplodus sargus*, DIPPUN= *Diplodus puntazzo*, EPIMAR= *Epinephelus marginatus*, LABMER= *Labrus merula*, SCIUMB= *Sciaena umbra*, SCOPOR= *Scorpaena porcus*, LABVIR= *Labrus viridis*.

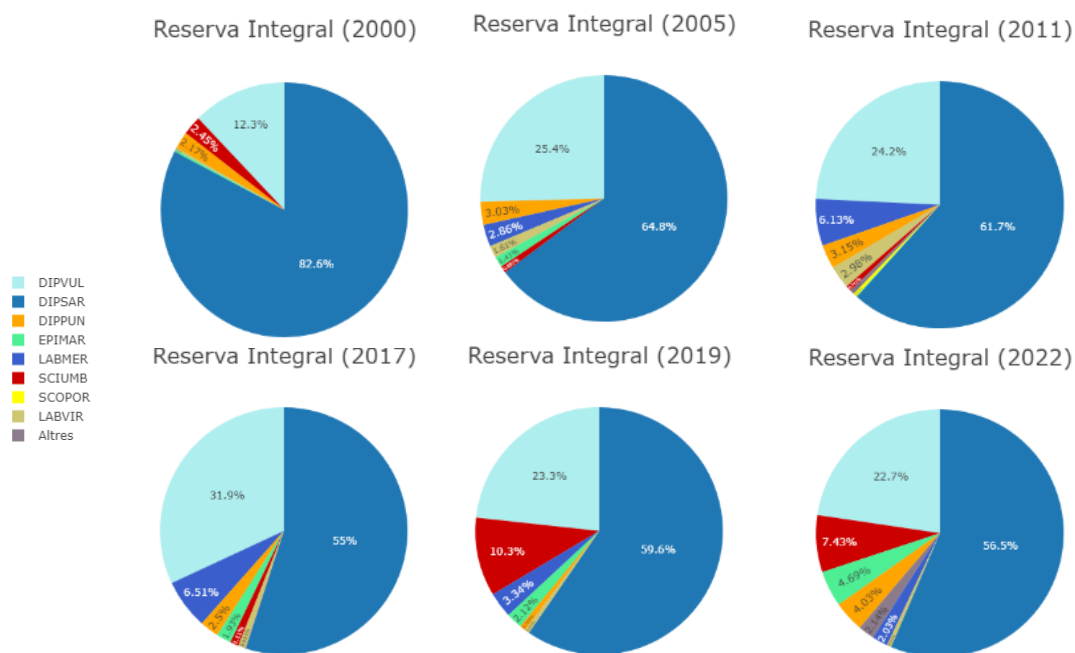


Figura 3.5. Contribució relativa a la biomassa total (%) de les d'espècies vulnerables observades a la zones de reserva integral durant les campanyes de 2000, 2005, 2011, 2017, 2019 i 2022. DIPVUL= *Diplodus vulgaris*, DIPSAR= *Diplodus sargus*, DIPPUN= *Diplodus puntazzo*, EPIMAR= *Epinephelus marginatus*, LABMER= *Labrus merula*, SCIUMB= *Sciaena umbra*, SCOPOR= *Scorpaena porcus*, LABVIR= *Labrus viridis*.

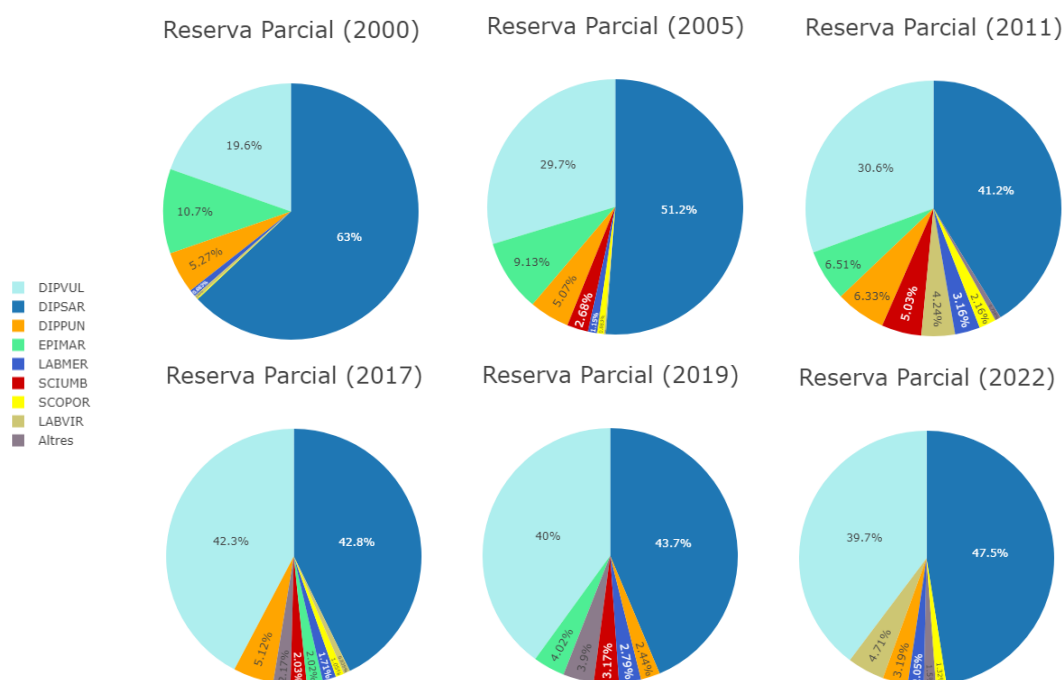


Figura 3.6. Contribució relativa a la biomassa total (%) de les d'espècies vulnerables observades a la zones de reserva parcial durant les campanyes de 2000, 2005, 2011, 2017, 2019 i 2022. DIPVUL= *Diplodus vulgaris*, DIPSAR= *Diplodus sargus*, DIPPUN= *Diplodus puntazzo*, EPIMAR= *Epinephelus marginatus*, LABMER= *Labrus merula*, SCIUMB= *Sciaena umbra*, SCOPOR= *Scorpaena porcus*, LABVIR= *Labrus viridis*.

3.4. Les espècies més freqüents i abundants

3.4.1. El sard (*Diplodus sargus*)

Densitat

Observant la tendència general en la densitat mitjana de *Diplodus sargus* al llarg dels anys (Fig. 3.7), dins la zona de reserva parcial l'abundància de sards va a la baixa. D'altra banda, dins la reserva integral no sembla que hi hagi una tendència clara i dins de les zones control l'abundància es mostra bastant constant al llarg del temps.

De la mateixa manera que per a la majoria d'anys d'aquest estudi, al 2022 la densitat mitjana d'aquesta espècie va ser significativament major dins de la reserva integral (15,22 individus/250m²) respecte a la reserva parcial (5,83 individus/250m²) i a les zones control (3,94 individus/250m²) (Fig. 3.7 i Taula 3.17).

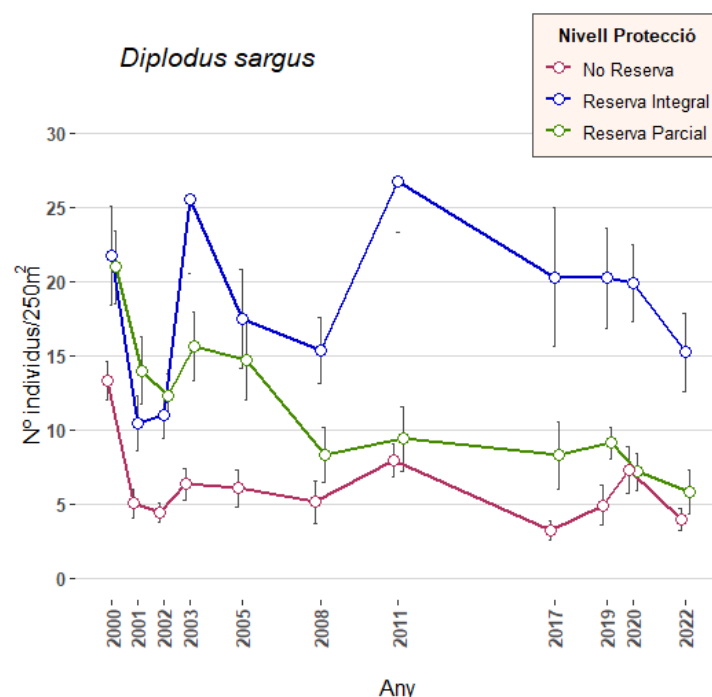


Figura 3.7. Evolució de la densitat (nº individus/250 m², mitjana + EE) de *Diplodus sargus* entre 2000 i 2022 a les zones de reserva integral, reserva parcial i zones control.

Taula 3.17. Anàlisi de la variància de la densitat de *Diplodus sargus* entre els diferents nivells de protecció (PROT) i la zona niada dins la protecció per a l'any 2022. Les dades foren transformades logarítmicament ($x'=\log(x+1)$). SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

DENSITAT DIPSAR 2022	SS	GL	MS	F	p
PROT	2,873	2	1,4366	11,695	7,29e-0.5
ZONA(PROT)	0,819	3	0,2730	2,222	0,0976
Residus	5,896	48	0,1228		

Considerant tots els anys d'estudi, la densitat del sard va respondre de manera significativa a l'efecte del Temps, nivell de Protecció, la interacció d'ambdós factors, la zona niada dins del nivell de protecció i la interacció entre Temps i zones (Taula 3.18). El test *a posteriori* de Tukey mostrà que la densitat de sards va ser significativament major l'any 2000 respecte a la resta d'anys, a excepció de 2003 i 2011. El test *a posteriori* sobre els nivells de protecció detectà diferències significatives entre tots ells, essent la reserva integral la zona amb més densitat de sards. Per últim, els resultats indicaren que les diferències entre zones es produeixen entre les situades dins de nivells de protecció diferents.

Taula 3.18. Anàlisi de la variància de la densitat de *Diplodus sargus* entre les 11 campanyes (TEMPS), el nivell de protecció (PROT) i la zona niada dins la protecció. Les dades foren transformades logarítmicament ($x'=\log(x+1)$). SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

DENSITAT DIPSAR 2000-2022	SS	GL	MS	F	p
TEMPS	8,17	10	0,817	8,569	5,03e-13
PROT	21,27	2	10,634	111,475	<2e-16
TEMPS*PROT	6,11	20	0,305	3,202	4,23e-06
ZONA(PROT)	1,27	3	0,422	4,425	0,00437
TEMPS*ZONA(PROT)	5,60	30	0,187	1,956	0,00204
Residus	50,37	528	0,095		

Talles

A la figura 3.8 s'observa que la majoria de sards censats en aquest estudi foren juvenils, ja que la talla de primera maduresa sexual per a aquesta espècie està establerta als 21 cm (Froese i Pauly, 2022).

La majoria d'individus censats al 2000 foren de talla petita (<16 cm). Passats els anys, dins de la zona de no reserva, el gruix de talles segueix mantenint-se inferior als 18 cm. D'altra banda, dins la reserva parcial i exceptuant els primers anys de reserva (2000 i 2005) el gruix de talles es desplaça cap a talles majors, situant-se entre els 12 i els 22 cm. Fixant-nos en la reserva integral, es pot veure que, exceptuant l'any 2000, l'abundància d'individus madurs (>21 cm) és major que a les altres zones.

Considerant l'evolució dins cada nivell de protecció, el rang de talles dins de les zones no reserva queda bastant estancat entre el 6 i els 16 cm. Per al 2022, el gruix individus no es situa molt més enllà, mostrant talles d'entre 12 i 20 cm. D'altra banda, a la reserva parcial el rang de talles va augmentant amb els anys, passant d'un rang de 4 a 22 cm l'any 2000 a un de 4 a 32 cm en l'any 2022. Per últim, en la reserva integral, hi hagué un augment d'individus de talla gran (28-32 cm), sobretot al 2017.

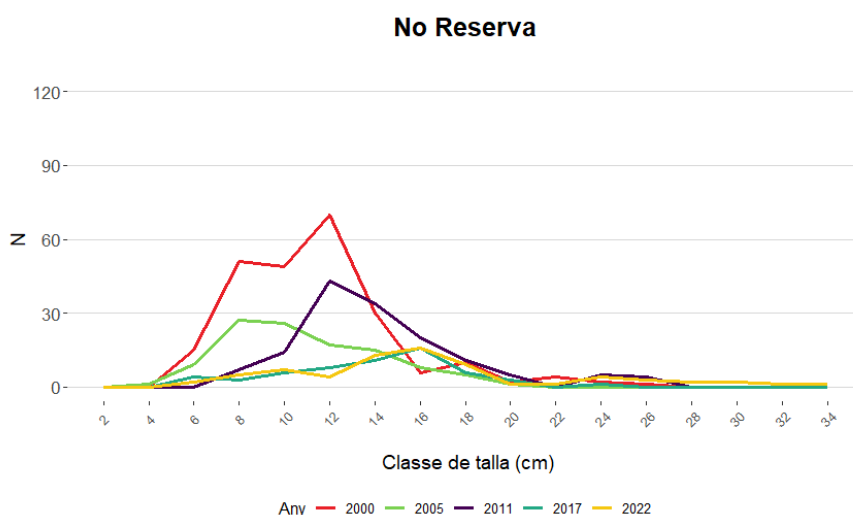


Figura 3.8. Distribució de talles de *Diplodus sargus* als tres nivells de protecció mostrejats els anys 2000, 2005, 2011, 2017 i 2022.

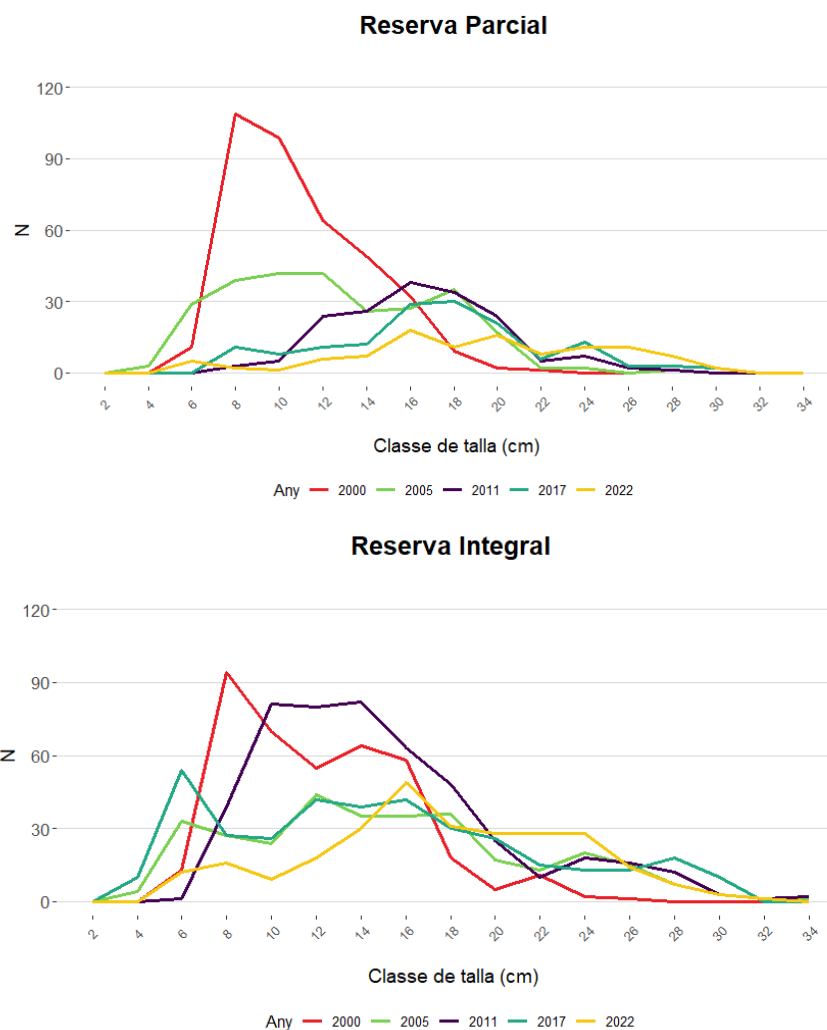


Figura 3.8.cont. Distribució de talles de *Diplodus sargus* als tres nivells de protecció mostrejats els anys 2000, 2005, 2011, 2017 i 2022.

Comparant les dades obtingudes al 2000 amb les de 2022 (Taula 3.19), la longitud total mitjana ha augmentat en tots els nivells de protecció (de 12,2 cm a 17,43 cm dins la reserva integral, de 11 cm a 19,05 cm dins la reserva parcial i de 11,4 cm a 16,28 cm a les zones control). El test de Kolmogorov-Smirnov per analitzar diferències en la distribució de talles mostrà que les talles foren significativament majors l'any 2022 ($p.\text{valor} < 0,0001$). D'altra banda, analitzant els dos anys per separat, l'any 2000 les talles de la reserva integral (mitjana de 12,2 cm) foren significativament superiors que les de la reserva parcial (mitjana de 11 cm) i de les zones control (mitjana de 11,4 cm) (Taula 3.19). L'any 2022, les talles de les zones control (16,28 cm) es diferencien de les obtingudes a les altres dues zones (Taula 3.20). Les talles de la reserva integral (mitjana de 17,43 cm) i de la reserva parcial (mitjana de 19,05 cm) foren majors, i alhora, similars entre elles.

Taula 3.19. Talles (cm) de *Diplodus sargus* enregistrades als censos realitzats a les zones mostrejades els anys 2000 i 2022. S'indica el nombre d'individus (N), la talla mitjana (cm; $\pm$ DE, desviació estàndard) i el rang de talles. RI: Reserva integral; RP: reserva parcial; NR: no reserva.

Zona	Any	N	LT mitjana	DE	Rang
RI	2000	391	12,2	3,9	6-26
	2022	274	17,43	5,7	6-32
RP	2000	377	11	3,1	6-28
	2022	105	19,05	5,77	6-30
NR	2000	240	11,4	3,6	6-26
	2022	71	16,28	6,18	6-33

Taula 3.20 . Test de Kolmogorov-Smirnov per a la distribució de talles de *Diplodus sargus* els anys 2000 i 2022. S'indiquen, en vermell, les diferències significatives entre els parells de mostres comparades.

2000	RI	RP
RP	0,0001	
NR	0,0001	0,0960
2022	RI	RP
RP	0,1452	
NR	0,0395	0,0005

Biomassa

A la figura 3.9 s'observa que les zones control i la reserva parcial mostren una biomassa mitjana de sards bastant constant al llarg dels anys. D'altra banda, la reserva integral mostra una tendència ascendent.

A dins la reserva integral, els valors de biomassa s'incrementaren de forma gairebé continuada fins l'any 2019, passant de 850 g/250 m² el 2000 a 3.322 g/250 m² el 2019. Aquest any 2022, la biomassa mitjana ha descendit fins a 1.814 g/250 m². A la reserva parcial, les diferències no foren tan destacades entre 2000 i 2022, oscil·lant entre 412,89 i 1.026 g/250 m², mostrant el màxim de 1.413 g/250 m² l'any 2019. A la zona control, els anys 2002, 2005 i 2007 van mostrar els valors més baixos (172, 162 i 174 g/250 m², respectivament) i el màxim es va obtenir al 2020 amb 800 g/250 m².

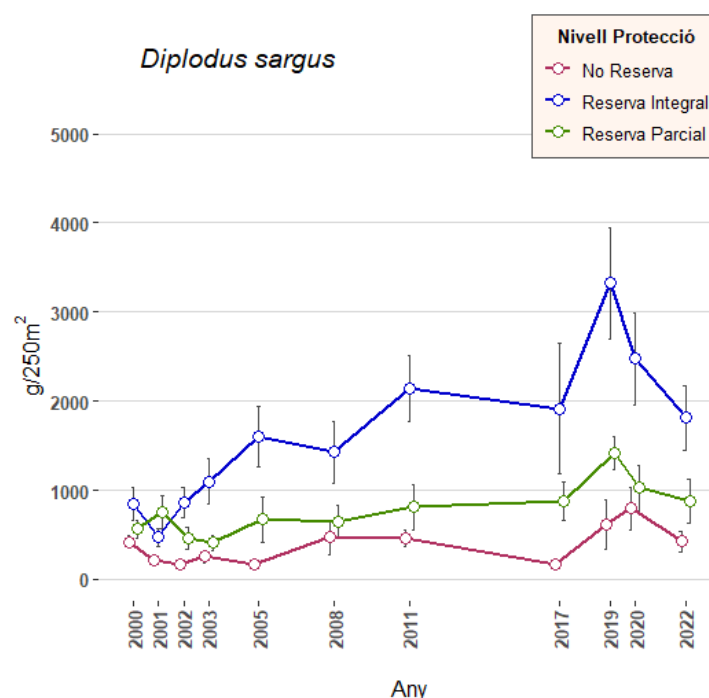


Figura 3.9. Evolució de la biomassa (g/250 m², mitjana + EE) de *Diplodus sargus* entre 2000 i 2022 a les zones de reserva integral, reserva parcial i zones control.

De la mateixa manera que per a la majoria d'anys d'aquest estudi, la biomassa mitjana d'aquesta espècie al 2022 va ser major dins la reserva integral (1.814,52 g/250m²) respecte de la reserva parcial (877,66 g/250m²) i de les zones control (429,04 g/250m²) (Fig. 3.9). Aquestes diferències foren estadísticament significatives. L'any 2022, la biomassa d'aquesta espècie es mostrà diferent considerant els tres nivells de protecció i les zones niades dins de cada nivell de protecció (Taula 3.21). Concretament, la reserva integral diferí dels altres dos nivells amb un valor de biomassa superior, mentre que la reserva parcial no mostrà diferències amb les zones control. En referència a les zones dins de cada nivell de protecció, les anàlisis *a posteriori* mostren que les diferències són entre zones provinents de diferents nivells de protecció.

Taula 3.21. Anàlisi de la variància de la biomassa de *Diplodus sargus* entre els diferents nivells de protecció (PROT) i la zona niada dins la protecció per a l'any 2022. Les dades foren transformades logarítmicament ($x'=\log(x+1)$). SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

BIOMASSA DIPSAR 2022	SS	GL	MS	F	P
PROT	9,39	2	4,694	5,982	0,00479
ZONA(PROT)	7,54	3	2,515	3,204	0,03133
Residus	37,67	48	0,785		

L'anàlisi de la variància entre els diferents anys d'estudi detectà diferències significatives per als factors Temps, nivell de Protecció, la interacció d'ambdós factors i la interacció de Temps x Zona niada dins dels nivells de protecció (Taula 3.22). Pel que fa a les diferències interanuals, aquestes són degudes al elevats valors obtinguts al 2019. El test *a posteriori* mostra que l'any 2019 es diferencia dels anys 2001, 2002 i 2003 (anys amb baixa biomassa). Quant al nivell de protecció, s'observen diferències significatives entre tots ells, essent la reserva integral la zona amb major biomassa.

Taula 3.22. Anàlisi de la variància de la biomassa de *Diplodus sargus* entre les 11 campanyes (TEMPS), el nivell de protecció (PROT) i la zona niada dins la protecció. Les dades foren transformades logarítmicament ($x'=\log(x+1)$). SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

BIOMASSA DIPSAR 2000-2022	SS	GL	MS	F	P
TEMPS	15,22	10	1,52	3,490	0,000181
PROT	70,14	2	35,07	80,435	< 2e-16
TEMPS*PROT	16,48	20	0,82	1,890	0,011297
ZONA(PROT)	3,41	3	1,14	2,608	0,050944
TEMPS*ZONA(PROT)	30,66	30	1,02	2,344	9,69e-05
Residus	230,20	528	0,44		

3.4.2. La variada (*Diplodus vulgaris*)

Densitat

A la figura 3.10 s'observa que l'evolució de la densitat mitjana de *Diplodus vulgaris* al llarg del temps no mostra cap tendència clara dins les diferents zones d'estudi. A més, també es produeixen variacions notables entre els tres nivells de protecció.

El 2022, la densitat mitjana d'aquesta espècie dins dels diferents nivells de protecció ha estat bastant similar: 11,2 individus/250 m² dins la reserva integral, 10,3 individus/250 m² a la reserva parcial i 11,6 individus/250 m² a les zones control (Fig. 3.10). La taula 3.23 mostra que el 2022 no hi ha hagut diferències significatives entre els tres nivells de protecció.

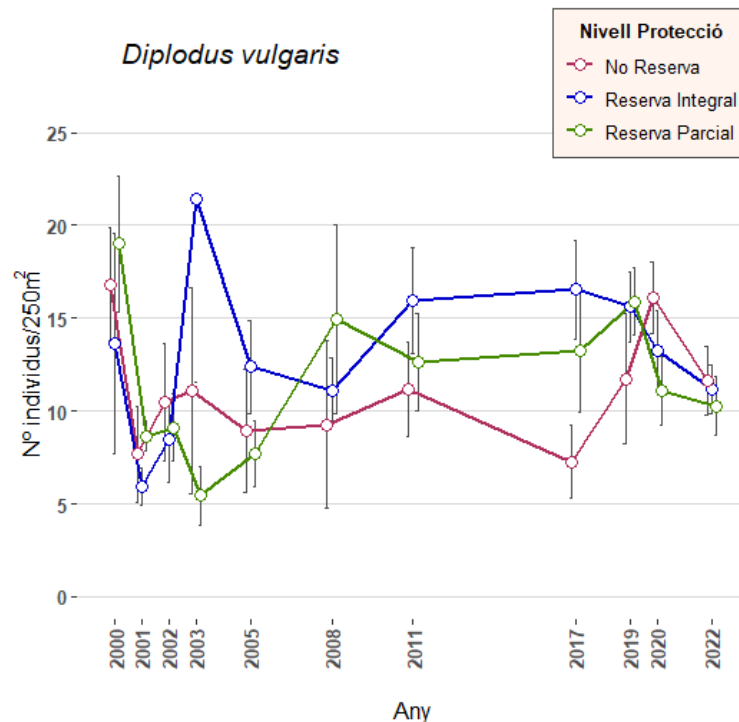


Figura 3.10. Evolució de la densitat (nº individus/250 m², mitjana + EE) de *Diplodus vulgaris* entre 2000 i 2022 a les zones de reserva integral, reserva parcial i zones control.

Taula 3.23. Anàlisi de la variància de la densitat de *Diplodus vulgaris* entre els diferents nivells de protecció (PROT) per l'any 2022. Les dades foren transformades logarítmicament ($x'=\log(x+1)$). SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

DENSITAT DIPVUL 2022	SS	GL	MS	F	p
PROT	0,021	2	0,01062	0,154	0,858
Residus	3,522	51	0,06906		

Considerant tot el període d'estudi des de l'any 2000, la densitat de variades va respondre de manera significativa a l'efecte del temps, nivell de protecció, la interacció d'ambdós factors, la zona niada dins del nivell de protecció i la interacció entre temps i zones (Taula 3.24). El test *a posteriori* de Tukey per a les diferències interanuals revelà que les diferències significatives es detectaren entre anys concrets, les quals es poden consultar a la Taula 3.25. Resumint, els anys 2000, 2001, 2003 i 2020 són els que presenten més diferències amb altres anys. Per últim, l'any 2000 destaca per l'alta densitat de variades i el 2001 per la seva baixa densitat.

Referent a les anàlisis pels nivells de protecció, el test mostrà que, en conjunt, la densitat de *D. vulgaris* a la zona control va ser significativament inferior a l'enregistrada dins la reserva integral i la reserva parcial. D'altra banda, no es detectaren diferències entre la reserva parcial i la integral. Pel que fa a les diferents zones, s'observaren diferències estadísticament significatives entre les dues zones de la reserva parcial (RP1 i RP2).

Taula 3.24. Anàlisi de la variància de la densitat de *Diplodus vulgaris* entre les 11 campanyes (TEMPS), el nivell de protecció (PROT) i la zona niada dins la protecció. Les dades foren transformades logarítmicament ($x'=\log(x+1)$). SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

DENSITAT DIPVUL 2000-2022	SS	GL	MS	F	p
TEMPS	7,65	10	0,7646	5,958	1,41e-08
PROT	2,72	2	1,3584	10,584	3,11e-05
TEMPS*PROT	8,29	20	0,4144	3,229	3,55e-06
ZONA(PROT)	2,35	3	0,7838	6,107	0,0000434
TEMPS*ZONA(PROT)	6,90	30	0,2299	1,791	0,006711
Residus	67,77	528	0,1283		

Taula 3.25. Test *a posteriori* (test de Tukey o mètode HSD) per a les diferències de densitat de *Diplodus vulgaris* entre els diferents anys d'estudi. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

	2000	2001	2002	2003	2005	2008	2011	2017	2019	2020
2000										
2001	0.00206									
2002	0.10283	0.98692								
2003	0.00025	0.99999	0.86510							
2005	0.11844	0.98157	1.00000	0.83900						
2008	0.04845	0.99842	1.00000	0.95449	0.99999					
2011	0.99996	0.01752	0.36436	0.00291	0.39988	0.21548				
2017	0.41865	0.77617	0.99989	0.44115	0.99995	0.99787	0.80677			
2019	1.00000	0.00428	0.16332	0.00058	0.18536	0.08248	0.99999	0.54875		
2020	1.00000	0.00109	0.06727	0.00012	0.07840	0.02999	0.99973	0.31962	0.99999	
2022	0.99515	0.07056	0.67557	0.01523	0.71216	0.48619	0.99999	0.96717	0.99909	0.98541

Talles

A la figura 3.11 s'observa que per a tots els anys, la majoria de variades censades dins les zones de no reserva són exemplars juvenils, ja que la talla de primera maduresa sexual per a aquesta espècie està establerta als 17 cm (Froese i Pauly, 2022). D'altra banda, dins la reserva parcial i exceptuant el primer any d'estudi (2000), el gruix de talles es desplaça cap a talles majors, situant-se entre els 8 i els 22 cm. Fixant-nos en la reserva integral, es pot veure que el rang de talles s'eixampla, enregistrant-se individus de fins a 32 cm.

Considerant l'evolució dins cada nivell de protecció, s'observa que el rang de talles dins les zones control queda estancat entre el 8 i els 18 cm, fins i tot al 2022. D'altra banda, en els últims anys analitzats (2017 i 2022), dins la reserva (parcial i integral), les talles majors a 14 cm guanyen representació.

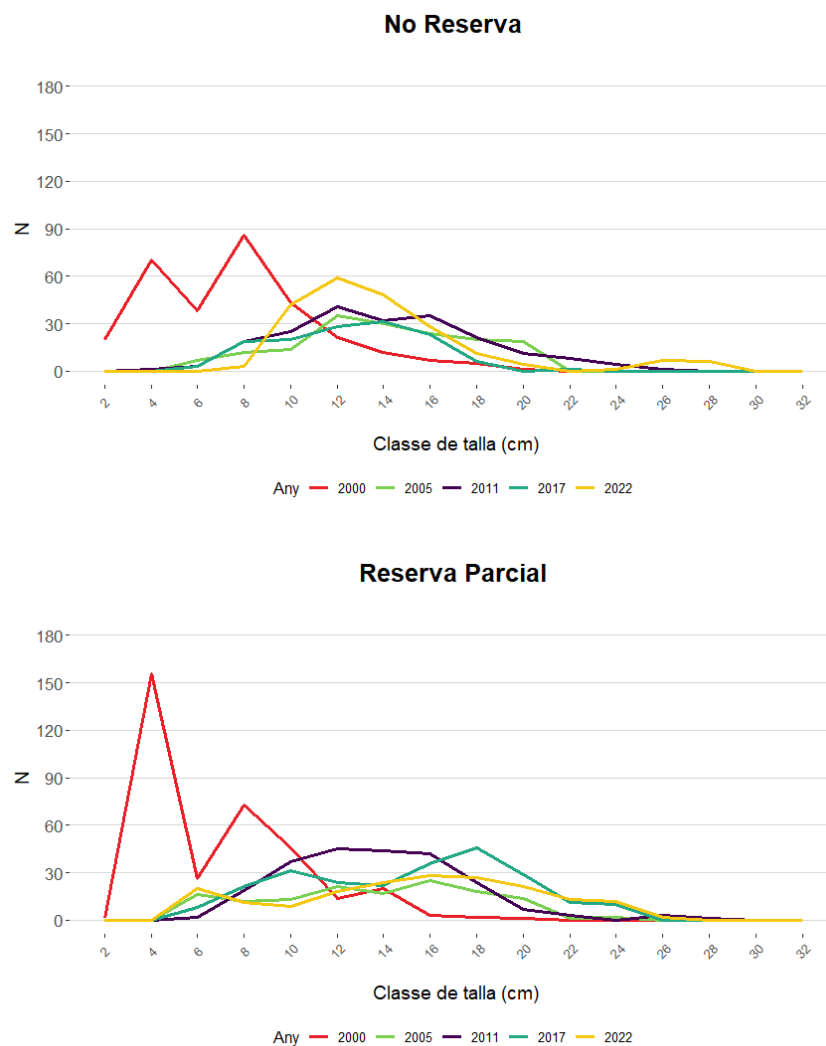


Figura 3.11. Distribució de talles de *Diplodus vulgaris* als tres nivells de protecció mostrejats els anys 2000, 2005, 2011, 2017 i 2022.

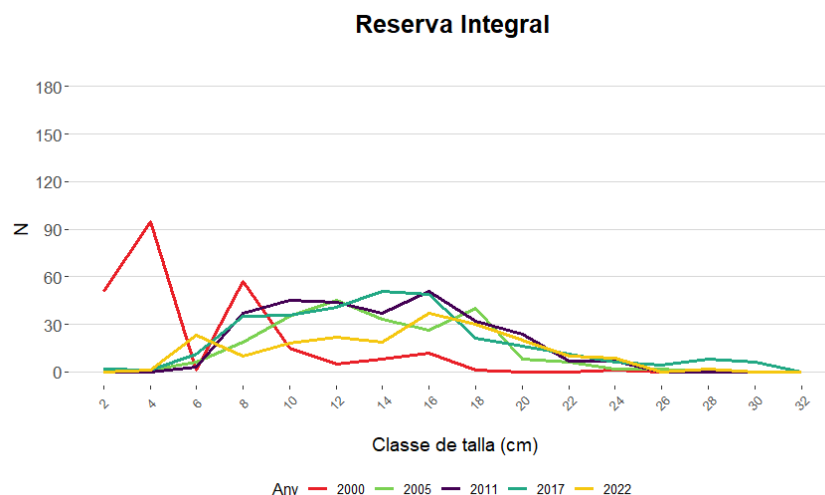


Figura 3.11.cont. Distribució de talles de *Diplodus vulgaris* als tres nivells de protecció mostrejats els anys 2000, 2005, 2011, 2017 i 2022.

Comparant les dades obtingudes el 2000 amb les de 2022 (Taula 3.26), la longitud total mitjana ha augmentat a tots els nivells de protecció (de 6,1 cm a 14,7 cm dins la reserva integral, de 7 cm a 15,2 cm dins la reserva parcial i de 7,6 cm a 13,8 cm a les zones control). El test de Kolmogorov-Smirnov per analitzar diferències en la distribució de talles mostra que aquestes foren significativament majors l'any 2022 ($p.\text{valor} < 0,0001$). D'altra banda, analitzant els dos anys per separat, l'any 2000 mostra que les talles de *Diplodus vulgaris* varen ser significativament diferents entre els tres nivells de protecció (Taula 3.27). Les talles foren majors fora de la reserva marina (mitjana de 7,6 cm), seguides de la reserva parcial (mitjana de 7 cm), i acabant amb la reserva integral (mitjana de 6,1 cm).

D'altra banda, l'anàlisi per a l'any 2022 mostra que les talles fora de la reserva marina (mitjana de 13,8 cm) són significativament inferiors a les talles de la reserva integral (mitjana de 14,7 cm) i de la reserva parcial (mitjana de 15,2 cm), les quals no són diferents entre elles estadísticament (Taula 3.27). Aquest resultat és el mateix que s'ha obtingut en l'anàlisi de talles del sard (*Diplodus sargus*).

Taula 3.26. Talles (cm) de *Diplodus vulgaris* enregistrades als censos realitzats a les zones mostrejades els anys 2000 i 2022. S'indica el nombre d'individus (N), la talla mitjana (cm; $\pm$ DE, desviació estàndard) i el rang de talles. RI: Reserva integral; RP: reserva parcial; NR: no reserva.

Zona	Any	N	LT mitjana	DE	Rang
RI	2000	246	6,1	4,1	2-24
	2022	201	14,66	5,17	4-27
RP	2000	342	7	3,4	2-20
	2022	185	15,19	5,24	6-25
NR	2000	303	7,6	3,6	2-20
	2022	209	13,78	4,04	8-27

Taula 3.27. Test de Kolmogorov-Smirnov per a la distribució de talles de *Diplodus vulgaris* els anys 2000 i 2022. S'indiquen, en vermell, les diferències significatives entre el parell de mostres comparades.

2000	RI	RP
RP	1,286e-06	
NR	8,63e-11	0,0004
2022	RI	RP
RP	0,9115	
NR	2,475e-08	1,916e-08

Biomassa

Pel que respecta a la biomassa mitjana de *Diplodus vulgaris*, a la figura 3.12 s'observa que a les zones dins la reserva (tant parcial com integral) la biomassa ascendeix fins l'any 2019. A partir d'aquest moment, l'indicador canvia a una tendència negativa fins a l'actualitat. Tot i així, la biomassa mitjana de variades al 2022 segueix essent major que al 2000. En referència a les zones control, la biomassa mitjana també és major actualment respecte a l'any 2000, tot i haver experimentat un descens marcat l'any 2017. Al 2022, els valors mitjans de biomassa han estat de 728,3 g/250m² a la reserva integral, 734,1 g/250m² a la reserva parcial i de 598,9 g/250m² a les zones control. Tots aquests valors han estat bastant més elevats que els obtinguts l'any 2000, els quals foren de 126,3 g/250m² en la reserva integral, 176,3 g/250m² en la reserva parcial i de 197,3 g/250m² en les zones control.

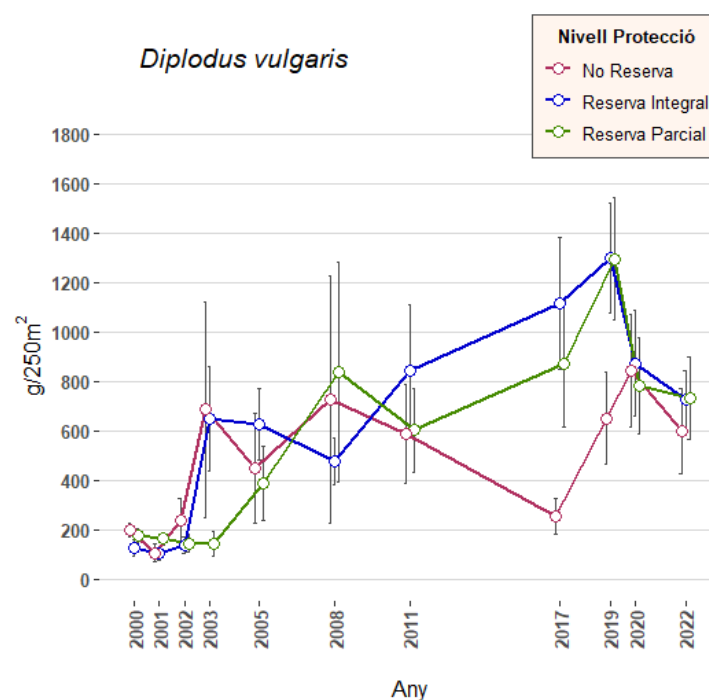


Figura 3.12. Evolució de la biomassa (g/250 m², mitjana + EE) de l'espècie *Diplodus vulgaris* entre 2000 i 2022 a les zones de reserva integral, reserva parcial i zones control.

Per al 2022, les anàlisis mostren que els valors de biomassa no foren estadísticament diferents entre els tres nivells de protecció (Taula 3.28).

Taula 3.28. Anàlisi de la variància de la biomassa de *Diplodus vulgaris* entre els diferents nivells de protecció (PROT) per a l'any 2022. Les dades foren transformades logarítmicament ($x'=\log(x+1)$). SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

BIOMASSA DIPVUL 2022	SS	GL	MS	F	p
PROT	0,331	2	0,1657	0,69	0,506
Residus	12,251	51	0,2402		

D'altra banda, l'anàlisi de la variància entre els diferents anys d'estudi detectà diferències significatives per als factors temps, nivell de protecció, la interacció d'ambdós factors i la interacció de temps x zona niada dins dels nivell de protecció (Taula 3.29).

Pel que fa a les diferències interanuals, els test de Tukey mostrà que la majoria de diferències es troben entre anys inicials des de la creació de la reserva (2000 a 2003) i anys més avançats (2011 a 2022).

Quant al nivell de protecció, la zona control difereix de les zones dins la reserva (tant parcial com integral), essent inferior el seu valor de biomassa. D'altra banda, la zona de reserva integral no difereix de la zona de reserva parcial.

Taula 3.29. Anàlisi de la variància de la biomassa de *Diplodus vulgaris* entre les 11 campanyes (TEMPS), el nivell de protecció (PROT) i la zona niada dins la protecció. Les dades foren transformades logarítmicament ($x'=\log(x+1)$). SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

BIOMASSA DIPVUL 2000-2022	SS	GL	MS	F	p
TEMPS	63,23	10	6,323	13,835	<2e-16
PROT	16,27	2	8,137	17,804	3,29e-08
TEMPS*PROT	31,15	20	1,558	3,408	1,09e-06
ZONA(PROT)	2,29	3	0,764	1,671	0,17222
TEMPS*ZONA(PROT)	26,34	30	0,878	1,921	0,00264
Residus	241,32	528	0,457		

3.4.3. La morruda (*Diplodus puntazzo*)

Densitat

Les densitats mitjanes de morruda obtingudes al conjunt dels mostrejos han estat notablement baixes (Fig. 3.13), i sense presentar tendències clares a cap dels tres nivells de protecció. Tant a dins la reserva com a les zones control s'observaren increments i descensos alternats durant la sèrie analitzada. Amb tot, la densitat mitjana de *D. puntazzo* dins la reserva integral es situa per damunt de les altres dues zones des de 2008 (a excepció de 2019 on es veu superada per la reserva parcial). De forma general, els valors de densitat de morrudes són similars entre la reserva integral i la reserva parcial, superant gairebé sempre la densitat de les zones control.

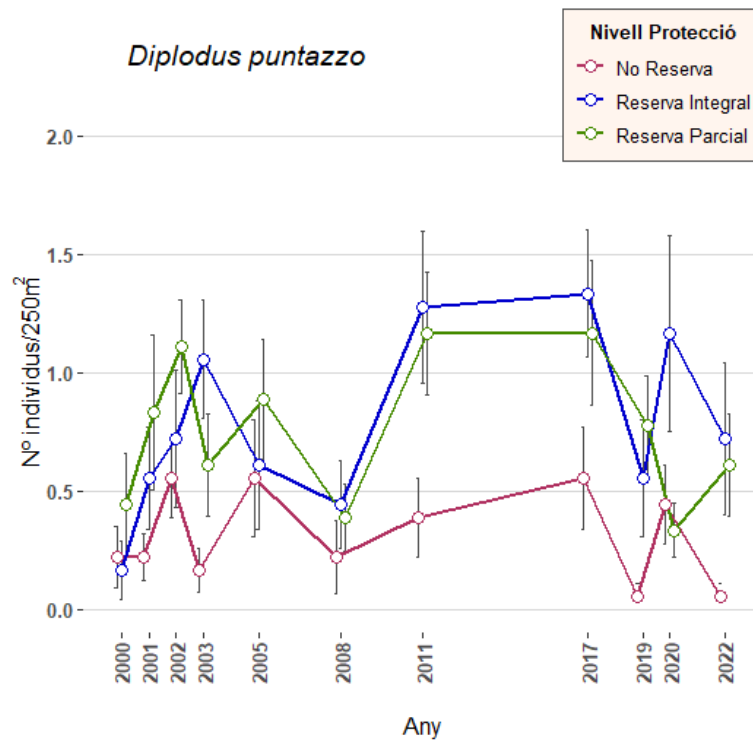


Figura 3.13. Evolució de la densitat (nº individus/250 m², mitjana + EE) de l'espècie *Diplodus puntazzo* entre 2000 i 2022 a les zones de reserva integral, reserva parcial i zones control.

Les anàlisis estadístiques en comparar les 11 campanyes mostren que la densitat de la morruda va respondre de manera significativa a l'efecte del temps i del nivell de protecció (Taula 3.30). El test *a posteriori* de Tukey revelà que l'any 2000 mostra diferències amb anys d'elevada densitat de morrudes com foren el 2002, el 2011 i el 2017. D'altra banda, el valors relativament baixos de 2008 també mostren diferències amb els de 2011 i el 2017. Per últim, el valors alts de 2017 també mostren diferències amb els valors baixos de 2019 i 2022. Referent a les anàlisis pels nivells de protecció, el test mostrà que la biomassa de les zones de no reserva es significativament inferior a l'obtinguda a la reserva parcial i a la reserva integral. D'altra banda, no es detectaren diferències entre la reserva integral i la reserva parcial.

Taula 3.30. Anàlisi de la variància de la densitat de *Diplodus puntazzo* entre les 11 campanyes (TEMPS) i el nivell de protecció (PROT). Les dades foren transformades logarítmicament ($x'=\log(x+1)$). SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

DENSITAT DIPPUN 2000-2022	SS	GL	MS	F	p
TEMPS	1,584	10	0,1584	3,887	4,03e-05
PROT	1,320	2	0,6602	16,204	1,44e-07
TEMPS*PROT	0,973	20	0,0486	1,194	0,253
Residus	22,858	561	0,0407		

En l'actualitat, la densitat mitjana d'aquesta espècie dins dels diferents nivells de protecció és bastant baixa: 0,72 individus/250 m² dins la reserva integral, 0,61 individus/250 m² a la reserva parcial, i 0,06 individus/250 m² a les zones control (Fig. 3.13). La taula 3.31 mostra que no hi ha diferències significatives entre els diferents nivells de protecció ni entre les zones dins de cada nivell pel que fa a la densitat de *Diplodus puntazzo* aquest any 2022.

Taula 3.31. Anàlisi de la variància de la densitat de *Diplodus puntazzo* entre els diferents nivells de protecció (PROT) i la zona niada dins la protecció per l'any 2022. Les dades foren transformades logarítmicament ($x'=\log(x+1)$). SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

DENSITAT DIPPUN 2022	SS	GL	MS	F	p
PROT	4,59	2	2,2963	2,638	0,0818
ZONA(PROT)	5,06	3	1,6852	1,936	0,1363
Residus	41,78	48	0,8704		

Talles

La baixa abundància de morrudes observada a totes les zones estudiades no va permetre analitzar les diferències espacials i temporals en les talles d'aquesta espècie. A la taula 3.32 s'indica la talla mitjana i el rang de talles enregistrades els anys 2000 i 2022 a cada nivell de protecció, destacant que les talles mitjanes sempre han estat inferiors dins la zona control.

Taula 3.32. Talles (cm) de *Diplodus puntazzo* enregistrades als censos realitzats a les zones mostrejades els anys 2000 i 2022. S'indica el nombre d'individus (N), la talla mitjana (cm; $\pm$ DE, desviació estàndard) i el rang de talles. RI: Reserva integral; RP: reserva parcial; NR: no reserva.

Zona	Any	N	LT mitjana	DE	Rang
RI	2000	3	18,7	6,1	12-24
	2022	13	21,53	6,31	12-30
RP	2000	8	17,5	4,4	12-26
	2022	11	17,1	5,22	12-30
NR	2000	4	15,5	1	16-16
	2022	1	16	-	-

Biomassa

La biomassa mitjana de *D. puntazzo* va seguir unes tendències semblants a les observades per a la densitat (Fig. 3.14). De manera general, les zones de no reserva es mantingueren al llarg dels anys amb valors inferiors a les zones de reserva. D'altra banda, la reserva integral i la reserva parcial van anar intercanviant la posició de la zona amb major biomassa.

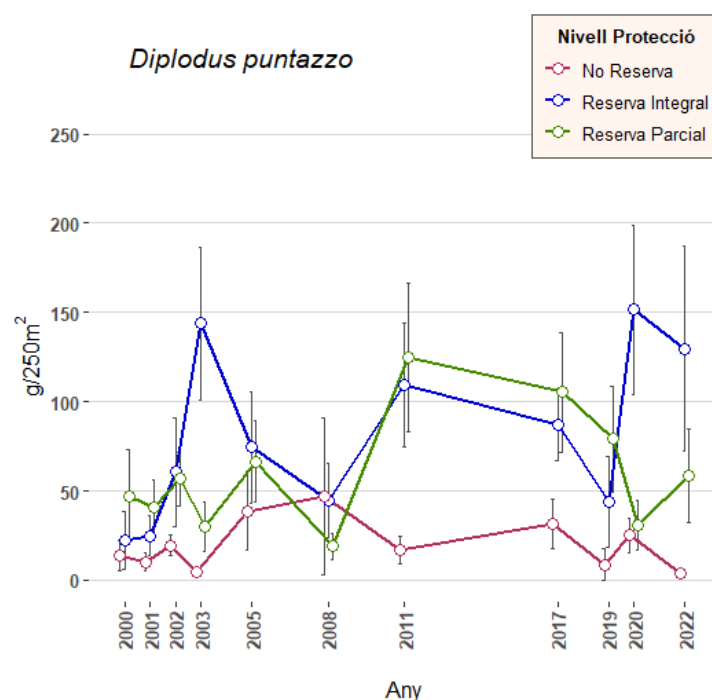


Figura 3.14. Evolució de la biomassa (g/250 m², mitjana + EE) de *Diplodus puntazzo* entre 2000 i 2022 a les zones de reserva integral, reserva parcial i zones control.

Les anàlisis estadístiques comparant les 11 campanyes mostren que la biomassa de morrudes va respondre de manera significativa a l'efecte del temps i del nivell de protecció, però no per a la interacció d'aquests dos factors (Taula 3.33). El test *a posteriori* de Tukey mostrà que els valors de biomassa de l'any 2000 es diferenciaven dels corresponents a 2011 i 2017, i que l'any 2008 es estadísticament diferent del 2017. Això es degut a que els valors de biomassa dels anys 2000 i 2008 són baixos al comparar-los amb els valors elevats de 2011 i 2017. Quant al nivell de protecció, la biomassa de *D. puntazzo* a la zona control és inferior a la de les zones de reserva (tant parcial com integral), que no difereixen entre elles.

Taula 3.33. Anàlisi de la variància de la biomassa de *Diplodus puntazzo* entre les 11 campanyes (TEMPS) i el nivell de protecció (PROT). Les dades foren transformades logarítmicament ($x'=\log(x+1)$). SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

BIOMASSA DIPPUN 2000-2022	SS	GL	MS	F	p
TEMPS	30,2	10	3,024	3,441	0,000213
PROT	29,7	2	14,832	16,877	7,63e-08
TEMPS*PROT	24,9	20	1,247	1,419	0,106251
Residus	493	561	0,879		

El 2022, els valors de biomassa mitjana han estat de 129,6 g/250m² a la reserva integral, 58,9 g/250m² a la reserva parcial i de 3,6 g/250m² a les zones control (Fig. 3.14). La taula 3.34 mostra que hi ha diferències significatives entre els diferents nivells de protecció. L'anàlisi *a posteriori* de Tukey mostrà que estrictament no hi ha diferències entre els nivells de protecció, ja que els p.valors desglossats foren de 0,07 (R vs NR), 0,08 (RP vs NR) i 0,99 (RP vs R).

Taula 3.34. Anàlisi de la variància de la biomassa de *Diplodus puntazzo* entre els diferents nivells de protecció (PROT) per l'any 2022. Les dades foren transformades logarítmicament ($x'=\log(x+1)$). SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

BIOMASSA DIPPUN 2022	SS	GL	MS	F	p
PROT	5,97	2	2,9867	3,248	0,0464
Residus	46,67	51	0,9152		

3.4.4. L'escorball (*Sciaena umbra*)

Densitat

Les densitats mitjanes d'escorball obtingudes al conjunt dels mostrejos han estat notablement baixes i en molts casos no s'enregistrà cap individu (Fig. 3.15). L'any 2019 hi hagué, dins la reserva integral, un ascens rellevant d'escorbells respecte dels anys anteriors (0,83 individus/250 m²), fent que a partir d'aquest any aquesta zona superés els valors de la reserva parcial, que fins aleshores gairebé sempre (a excepció de l'any 2000) havia presentat la major densitat de l'espècie. A partir de 2019 els valors dins la reserva integral van anar a la baixa. Tot i així, la densitat mitjana enregistrada el 2022 (0,5 individus/250 m²) és major que l'obtinguda als inicis de la creació de la reserva (0,11 individus/250 m²). A la reserva parcial, el màxim es va assolir al 2011 i 2020 amb 0,44 individus/250 m², però al 2022 no s'ha observat cap individu dins aquesta zona. Per últim, les zones control són les zones que mostren menors densitats d'escorbells. Cal destacar que l'any 2020 fou l'únic any en què es van censar escorbells dins la zona 1 de l'àrea control. D'altra banda, considerant les dues zones en conjunt, l'any amb major densitat mitjana va ser el 2020 (0,17 individus/250 m²), i molts anys van quedar sense observacions (2000, 2001, 2003, 2005, 2008 i 2019).

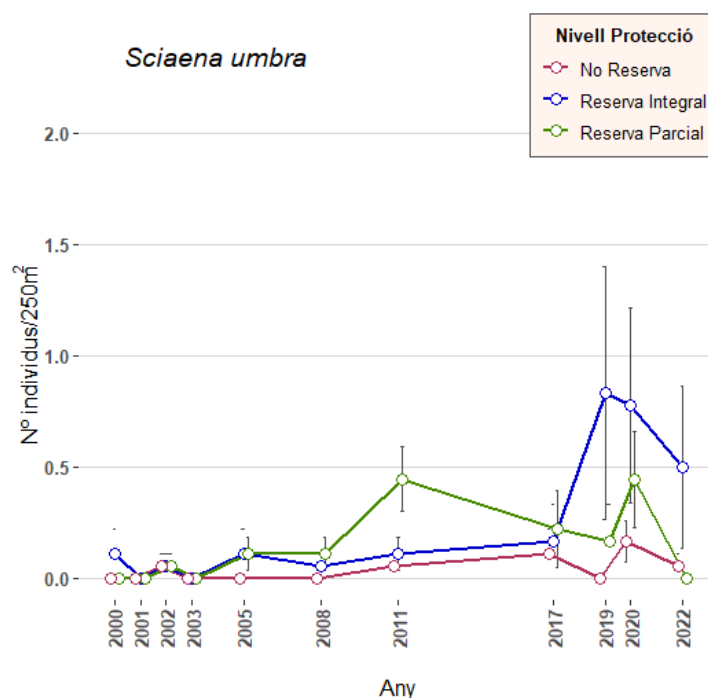


Figura 3.15. Evolució de la densitat (nº individus/250 m², mitjana + EE) de *Sciaena umbra* entre 2000 i 2022 a les zones de reserva integral, reserva parcial i zones control.

Les anàlisis estadístiques comparant les 11 campanyes mostren que la densitat d'escorbals respongué de manera significativa a l'efecte del temps (Taula 3.35). No es considera que hi hagi diferències pel factor protecció ja que les dades no complien normalitat ni essent transformades logarítmicament. Així, es rebaixà el nivell de significança a 0,01 per tal d'evitar el risc d'afirmar que hi ha diferències quan realment no n'hi ha. En referència al factor temps, el test de Tukey mostrà que la major densitat corresponent al 2020 es diferencia de l'obtinguda els anys 2001 i 2003 (anys en què no es va observar cap escorball enlloc).

DENSITAT SCIUMB 2000-2022	SS	GL	MS	F	p
TEMPS	11,71	10	1,1707	2,390	0,00889
PROT	4,25	2	2,1229	4,333	0,01359
TEMPS*PROT	10,94	20	0,5470	1,116	0,32759
ZONA(PROT)	3,40	3	1,1330	2,313	0,07517
TEMPS*ZONA(PROT)	7,88	30	0,2626	0,536	0,98044
Residus	258,67	528	0,4899		

Taula 3.35. Anàlisi de la variància de la densitat de *Sciaena umbra* entre les 11 campanyes (TEMPS), el nivell de protecció (PROT) i la zona niada dins la protecció. SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

En l'actualitat, la densitat mitjana d'aquesta espècie dins els diferents nivells de protecció és de 0,50 individus/250 m² dins la reserva integral, 0 individus/250 m² a la reserva parcial i 0,06 individus/250 m² a les zones control (Fig. 3.15). La taula 3.36 mostra que al 2022 no hi ha diferències significatives entre els tres nivells de protecció.

Taula 3.36. Anàlisi de la variància de la densitat de *Diplodus puntazzo* entre els diferents nivells de protecció (PROT) per l'any 2022. SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

DENSITAT SCIUMB 2022	SS	GL	MS	F	p
PROT	2,70	2	1,3519	1,664	0,2
Residus	41,44	51	0,8126		

Talles

El baix nombre d'escorballs observats no ha permès realitzar cap anàlisi sobre la freqüència de talles. A la taula 3.37 s'indica la talla mitjana i el rang de talles per a cada nivell de protecció en els anys 2000 i 2022. Al 2000 s'observaren només dos individus, de 26 i 27 cm, probablement immadurs en el cas que fossin femelles, i en el llindar de la maduresa sexual si fossin mascles (29,9 i 24,4 cm respectivament, segons Grau *et al.*, 2009). El 2022 es varen censar 9 individus dins la reserva integral, i la seva talla mitjana fou superior a l'observada l'any 2000 (26,5 cm vs. 32,67 cm). D'aquests 9 individus, un mínim de 7 foren sexualment madurs.

Taula 3.37. Talles (cm) de *Sciaena umbra* enregistrades als censos realitzats a les zones mostrejades els anys 2000 i 2022. S'indica el nombre d'individus (N), la talla mitjana (cm; $\pm$ DE, desviació estàndard) i el rang de talles. RI: Reserva integral; RP: reserva parcial; NR: no reserva.

Zona	Any	N	LT mitjana	DE	Rang
RI	2000	2	26,5	0,7	26-27
	2022	9	32,67	4,69	24-38
RP	2000	0	-	-	-
	2022	0	-	-	-
NR	2000	0	-	-	-
	2022	1	37	-	-

Biomassa

Degut a les baixes densitats observades, les biomasses d'escorball també ho varen ser, a excepció de l'obtinguda a la zona de reserva integral que mostra una explosió de biomassa a partir de l'any 2019 (Figura 3.16). L'any 2019, aquesta zona mostrà el valor màxim de biomassa mitjana enregistrat (572,5 g/250 m²), seguit de 2020 (473,7 g/250 m²). Dins la reserva parcial, la biomassa mitjana mostrà el seu màxim l'any 2020 amb 211,8 g/250 m², mentre que el 2022 no s'hi ha censat cap individu. En referència a les zones control, la biomassa fins l'any 2019 ha sigut gairebé nul·la mostrant valors mitjans des de 0 fins a 18,87 g/250m². No obstant, en els dos últims anys d'estudi hi ha hagut un petit augment en aquestes zones: 89,41 g/250m² al 2020 i 37,35 g/250m² al 2022.

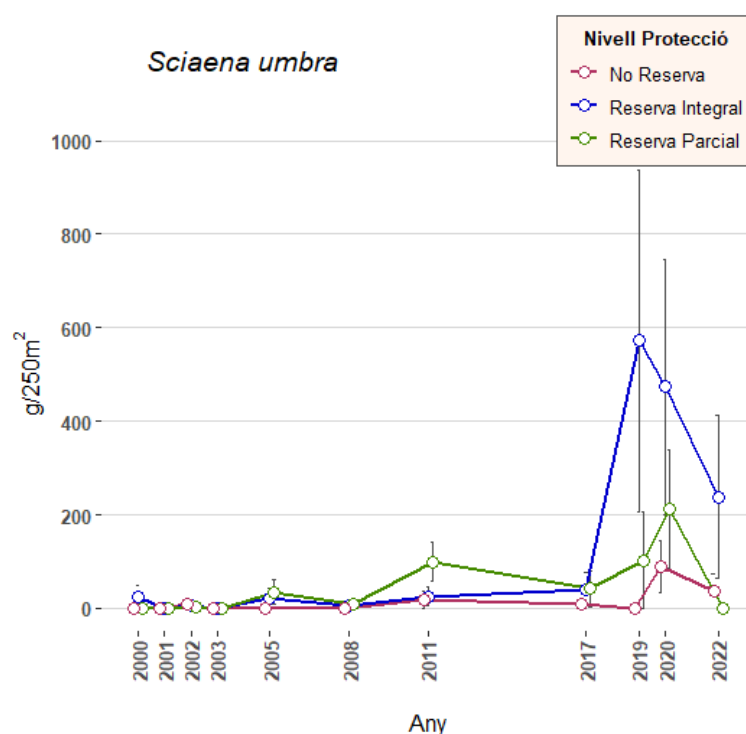


Figura 3.16. Evolució de la biomassa (g/250 m², mitjana + EE) de l'espècie *Sciaena umbra* entre 2000 i 2022 a les zones de reserva integral, reserva parcial i zones control.

De la mateixa manera que per a la densitat, les anàlisis estadístiques al comparar les 11 campanyes mostren que la biomassa d'escorballs respongué de manera significativa a l'efecte del temps (Taula 3.38). Com en el cas de la densitat, es rebaixà el nivell de significança a 0,01 per tal d'evitar el risc d'afirmar que hi ha diferències quan realment no n'hi ha. En referència al factor temps, el test de Tukey mostrà que la biomassa de l'any 2020 va ser superior a l'obtinguda els anys 2000, 2001, 2002, 2003 i 2008.

Taula 3.38. Anàlisi de la variància de la biomassa de *Sciaena umbra* entre les 11 campanyes (TEMPS) i el nivell de protecció (PROT). SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

BIOMASSA SCIUMB 2000-2022	SS	GL	MS	F	p
TEMPS	4.639.568	10	463.957	3,067	0,000834
PROT	1.352.491	2	676.245	4,470	0,011856
TEMPS*PROT	4.085.973	20	204.299	1,350	0,141001
Residus	561	84.868.158	151.280		

El 2022, els valors mitjans de biomassa foren de 238,7 g/250m² a la reserva integral, 0 g/250m² a la reserva parcial i de 37,35 g/250m² a les zones control (Fig. 3.16). La taula 3.39 mostra que el 2022 no hi ha diferències significatives entre els tres nivells de protecció.

Taula 3.39. Anàlisi de la variància de la biomassa de *Sciaena umbra* entre els diferents nivells de protecció (PROT) per l'any 2022. SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

BIOMASSA SCIUMB 2022	SS	GL	MS	F	p
PROT	593.574	2	296.787	1,556	0,221
Residus	9.728.973	51	190.764		

3.4.5. Els grans làbrids (*Labrus merula* i *Labrus viridis*)

Densitat

La densitat mitjana de tords del gènere *Labrus* va ser molt baixa a totes les zones durant tota la sèrie analitzada. Únicament a la reserva integral als anys 2008 i 2011 es va superar el valor d'1 individu/250 m² (Fig. 3.17). No obstant, a partir de 2011 la tendència es va invertir a la baixa, i els valors mitjans de 2022 són semblants als obtinguts el 2000. La diferència és que, a l'any 2000, la zona amb més densitat va ser la zona control (0,56 individus/250 m²) i el 2022 la zona que mostra una major densitat és la reserva parcial (0,39 individus/250 m²), seguida de la reserva integral (0,28 individus/250 m²) i acabant amb les zones control (0,06 individus/250 m²).

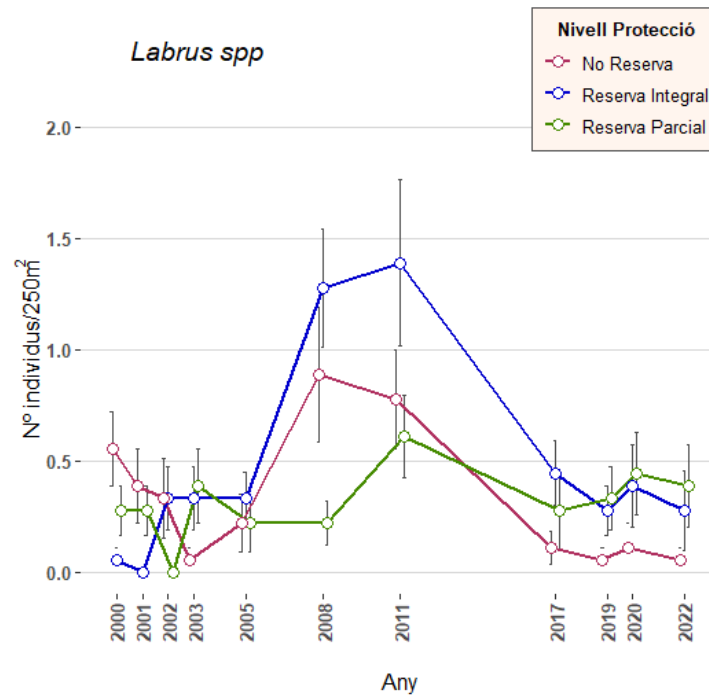


Figura 3.17. Evolució de la densitat (nº individus/250 m², mitjana + EE) de l'espècie *Labrus* spp. entre 2000 i 2022 a les zones de reserva integral, reserva parcial i zones control.

Es destaca que durant tot el període d'estudi s'han observat aproximadament el doble d'individus de *L. merula* (n=147) que de *L. viridis* (n=71) (Taules 3.1, 3.2 i 3.3). Una tendència que es repeteix en considerar cada nivell de protecció per separat: en la zona de reserva integral 68 *L. merula* contra 24 *L. viridis*, en la zona reserva parcial 36 *L. merula* contra 26 *L. viridis* i en les zones control 43 *L. merula* contra 21 *L. viridis*. Al considerar cada any per separat també s'observa que el nombre d'individus de *L. merula* supera al nombre de *L. viridis*.

D'altra banda, l'anàlisi de la variància mostra efectes significatius per als factors temps i per la interacció entre temps i protecció (Taula 3.40). Per poc, el factor protecció no ha estat significatiu. Com era d'esperar, el test *a posteriori* pel factor temps indica que les diferències es centren en els anys 2008 i 2011. Aquests dos anys mostren diferències significatives amb tota la resta, indicant que les densitats de *Labrus* spp. foren més altes.

Taula 3.40. Anàlisi de la variància de la densitat de *Labrus* spp. entre les 11 campanyes (TEMPS), el nivell de protecció (PROT) i la zona niada dins la protecció. SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

DENSITAT LABRUS 2000-2022	SS	GL	MS	F	p
TEMPS	33,18	10	3,318	7,020	2,19e-10
PROT	2,84	2	1,421	3,006	0,050325
TEMPS*PROT	23,75	20	1,188	2,513	0,000327
ZONA(PROT)	2,87	3	0,956	2,023	0,109654
TEMPS*ZONA(PROT)	11,80	30	0,393	0,832	0,723541
Residus	249,56	528	0,473		

Les anàlisis estadístiques per al 2022 mostren el nivell de protecció no té un efecte en els valors de densitat de *Labrus* spp. (Taula 3.41).

Taula 3.41. Anàlisi de la variància de la densitat de *Labrus* spp. entre els diferents nivells de protecció (PROT) per l'any 2022. SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

DENSITAT LABRUS 2022	SS	GL	MS	F	p
PROT	1,037	2	0,5185	1,269	0,29
Residus	20,833	51	0,4085		

Talles

La baixa abundància de grans làbrids observats a totes les zones estudiades no va permetre analitzar les diferències espacials ni temporals en les talles d'aquest gènere. A les taules 3.42 i 3.43 s'indica la talla mitjana i el rang de talles observats a cada nivell de protecció per *L. merula* i *L. viridis* els anys 2000 i 2022. Es pot intuir que la tendència general a les zones protegides consisteix en un augment de talles per a les dues espècies i un augment en el nombre d'individus censats.

Taula 3.42. Talles (cm) de *Labrus merula* enregistrades als censos realitzats a les zones mostrejades els anys 2000 i 2022. S'indica el nombre d'individus (N), la talla mitjana (cm; $\pm$ DE, desviació estàndard) i el rang de talles. RI: Reserva integral; RP: reserva parcial; NR: no reserva.

Zona	Any	N	LT mitjana	DE	Rang
RI	2000	0	0	-	-
	2022	3	30	2	28-32
RP	2000	4	12,5	2,38	11-16
	2022	3	22	10,39	16-34
NR	2000	2	18	4,24	15-21
	2022	1	26	-	-

Taula 3.43. Talles (cm) de *Labrus viridis* enregistrades als censos realitzats a les zones mostrejades els anys 2000 i 2022. S'indica el numero d'individus (N), la talla mitjana (cm; $\pm$ DE, desviació estàndard) i el rang de talles. RI: Reserva integral; RP: reserva parcial; NR: no reserva.

Zona	Any	N	LT mitjana	DE	Rang
RI	2000	1	17	-	-
	2022	2	24	2,82	22-26
RP	2000	1	18	-	-
	2022	4	27,75	12,12	15-36
NR	2000	8	17,88	4,29	13-25
	2022	0	-	-	-

Biomassa

La biomassa mitjana de les espècies del gènere *Labrus* va augmentar de manera exponencial dins la reserva integral fins l'any 2008, moment en que assolí el valor màxim de 474,3 g/250 m² (Fig. 3.18). A partir d'aleshores, els valors van anar descendint fins als actuals, els quals no disten molt dels obtinguts en els anys inicials de la reserva. Pel que fa a la reserva parcial, els valors mitjans van anar fluctuant al voltant dels 100 g/250 m². Per últim, els valors de biomassa mitjana a les zones control es mantingueren relativament baixos, a excepció dels anys 2008 i 2011, quan s'assoliren valors màxims de 94 g/250 m² i de 126 g/250 m², respectivament.

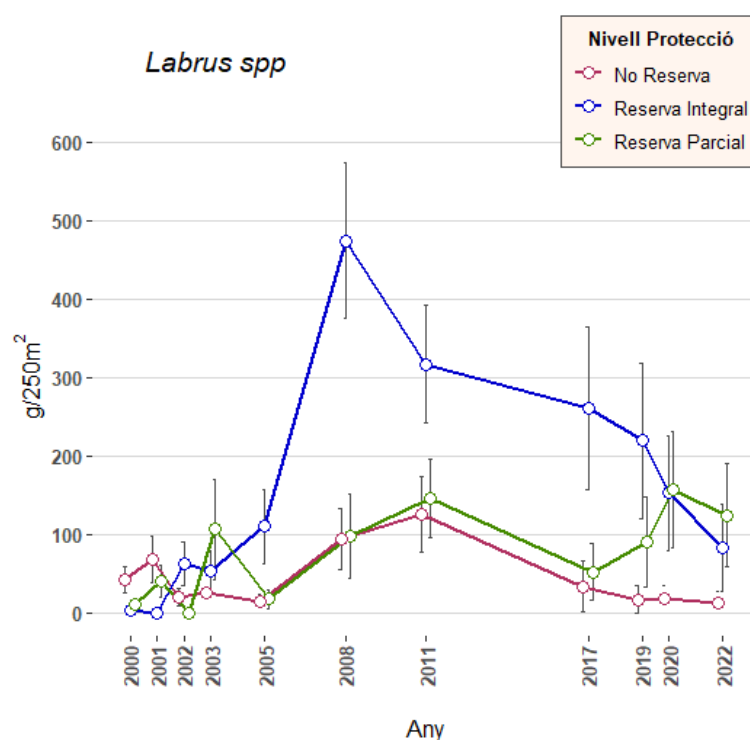


Figura 3.18. Evolució de la biomassa (g/250 m², mitjana + EE) de l'espècie *Labrus* spp. entre 2000 i 2022 a les zones de reserva integral, reserva parcial i zones control.

Quant a l'anàlisi de la variància per a tot el període d'estudi, es detectaren diferències significatives pel factors temps, protecció i per la seva interacció (Taula 3.44). No es considera que hi hagi diferències pel factor zona ja que les dades no complien normalitat ni al ser transformades logarítmicament. Si ens centrem en la comparativa al llarg del temps, la biomassa fou significativament major els anys 2008 i 2011 respecte a la de les altres campanyes. Concretament, el test de Tukey mostra que hi ha diferències entre l'any 2008 i els anys 2000, 2001, 2002, 2003 i 2005 i entre l'any 2011 i els anys 2000, 2001 i 2002. L'anàlisi pel nivell de protecció indica que la biomassa a la reserva integral es significativament superior a la de la reserva parcial i de les zones control.

Taula 3.44. Anàlisi de la variància de la biomassa de *Labrus* spp. entre les 11 campanyes (TEMPS), el nivell de protecció (PROT) i la zona niada dins la protecció. SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

BIOMASSA LABRUS 2000-2022	SS	GL	MS	F	p
TEMPS	2.410.759	10	241.076	5,505	8,25e-08
PROT	13.73.258	2	686.629	15,680	2,43e-07
TEMPS*PROT	2.284.884	20	114.244	2,609	0,000182
ZONA(PROT)	420.452	3	140.151	3,200	0,023077
TEMPS*ZONA(PROT)	925.998	30	30.867	0,705	0,878977
Residus	23.121.779	528	43.791		

El 2022, els valors de biomassa mitjana de *Labrus* spp. foren de 83,6 g/250m² a la reserva integral, 124,8 g/250m² a la reserva parcial i de 13,6 g/250m² a les zones control (Fig. 3.18). La taula 3.45 mostra que les anàlisis estadístiques no han detectat diferències significatives entre aquests valors de biomassa.

Taula 3.45. Anàlisi de la variància de la biomassa de *Labrus* spp. entre els diferents nivells de protecció (PROT) per l'any 2022. SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

BIOMASSA LABRUS 2022	SS	GL	MS	F	p
PROT	113.642	2	56.821	1,271	0,289
Residus	2.279.438	51	44.695		

3.4.6. L'anfós (*Epinephelus marginatus*)

Densitat

La densitat mitjana d'anfossos fou molt baixa a tots els nivells de protecció; així ho demostren els valors que al llarg dels anys van de 0 a un màxim de 0,33 individus/250m² (dada de 2020 dins la reserva parcial) (Fig. 3.19). Durant el període estudiat, no s'observa cap tendència clara en cap dels nivells de protecció, essent molt semblants els valors obtinguts en cada un d'ells. Considerant el nombre total d'individus observats, el 2022 s'ha produït una minva (4 individus) respecte el 2000 (10 individus) . Els anys amb més anfossos dins dels transectes foren el 2019 i el 2020, amb 11 observacions cada un. A l'anàlisi de la variància es pot apreciar que els canvis en els valors de densitat no són significatius per a cap dels factors estudiats (Taula 3.46).

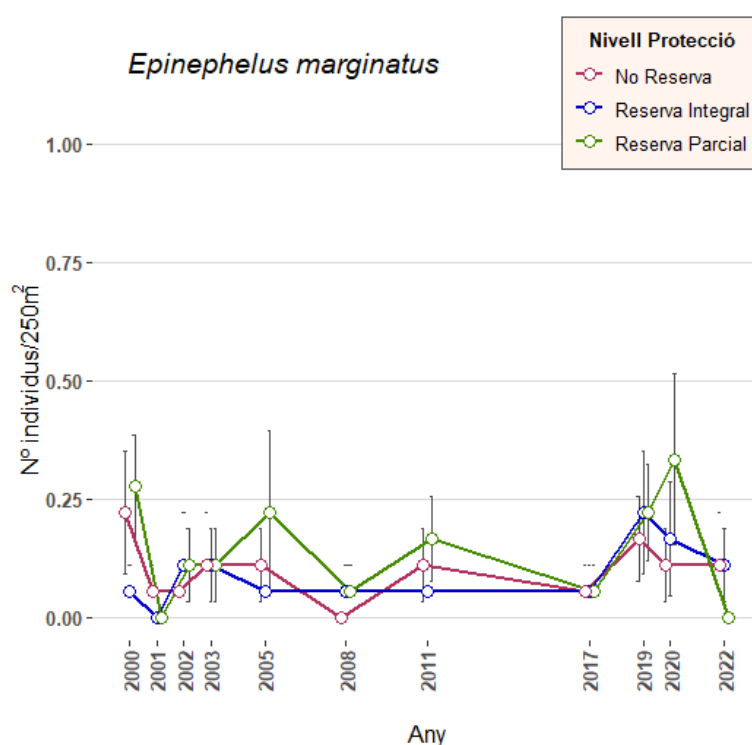


Figura 3.19. Evolució de la densitat (nº individus/250 m², mitjana + EE) d'*Epinephelus marginatus* entre 2000 i 2022 a les zones de reserva integral, reserva parcial i zones control.

Taula 3.46. Anàlisi de la variància de la densitat d'*Epinephelus marginatus* entre les 11 campanyes (TEMPS) i el nivell de protecció (PROT). SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

DENSITAT EPIMAR 2000-2022	SS	GL	MS	F	p
TEMPS	2,26	10	0,22593	1,607	0,100
PROT	0,28	2	0,14141	1,007	0,366
TEMPS*PROT	1,35	20	0,06734	0,480	0,974
Residus	78,78	561	0,14042		

La densitat mitjana d'anfossos obtinguda el 2022 ha estat de 0,11 individus/250 m² tant a la reserva integral com als controls, i de 0 individus/250 m² dins la reserva parcial (Fig. 3.19). Les anàlisis estadístiques mostren que no existeixen diferències entre els tres nivells de protecció (Taula 3.47).

Taula 3.47. Anàlisi de la variància de la densitat d'*Epinephelus marginatus* entre els diferents nivells de protecció (PROT) per l'any 2022. SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

DENSITAT EPIMAR 2022	SS	GL	MS	F	p
PROT	0,148	2	0,07407	0,68	0,511
Residus	5,556	51	0,10893		

Talles

El baix nombre d'anfossos observats no ha permès realitzar cap anàlisi sobre la freqüència de talles. A la taula 3.48 s'indiquen les talles mitjanes i els rangs de talla obtinguts, corresponents als anys 2000 i 2022. L'interval de talles dels exemplars censats es troba entre 16 i 50 cm. Considerant tot el període d'estudi i totes les zones, només es censaren 3 anfossos de 50 cm, per tant, els únics sexualment madurs (Lm=49,2 segons Reñones *et al.*, 2010).

Taula 3.48. Talles (cm) d'*Epinephelus marginatus* enregistrades als censos realitzats a les zones mostrejades els anys 2000 i 2022. S'indica el nombre d'individus (N), la talla mitjana (cm; ± DE, desviació estàndard) i el rang de talles. RI: Reserva integral; RP: reserva parcial; NR: no reserva.

Zona	Any	N	LT mitjana	DE	Rang
RI	2000	1	15	-	-
	2022	2	42	11,31	34-50
RP	2000	5	25,6	8,6	16-36
	2022	0	-	-	-
NR	2000	4	25	10,9	16-40
	2022	2	38,5	9,19	32-45

Biomassa

En consonància amb la densitat, els valors mitjans de biomassa també foren molt baixos, malgrat mostraren un lleuger augment en els tres nivells de protecció al llarg del anys (Fig. 3.20). Els valors de referència de l'any 2000 foren de 2,7 g/250 m² a la reserva integral, 95,9 g/250 m² a la reserva parcial i de 80,9 g/250 m² a les zones control.

Cal destacar la davallada en la biomassa a zero al 2022 dins la reserva parcial, al no haver-se observat cap anfós. D'altra banda, el màxim de biomassa s'enregistrà en aquesta mateixa zona dos anys abans, amb un valor mitjà de 310,1 g/250 m².

De manera general, dins la reserva parcial s'assoliren valors més alts que a la reserva integral. D'altra banda, a la zona control gairebé sempre obtingueren valors de biomassa més baixos que a dins la reserva.

L'anàlisi de la variància no detectà diferències significatives per a cap factor (Taula 3.49). Es considera que el factor temps no és influent ja que s'ha rebaixat el nivell de significança a 0,01. Si el nivell de significança es mantingués a 0,05, s'evidenciaria que la biomassa de 2020 fou significativament més alta que la de 2001 i de 2003.

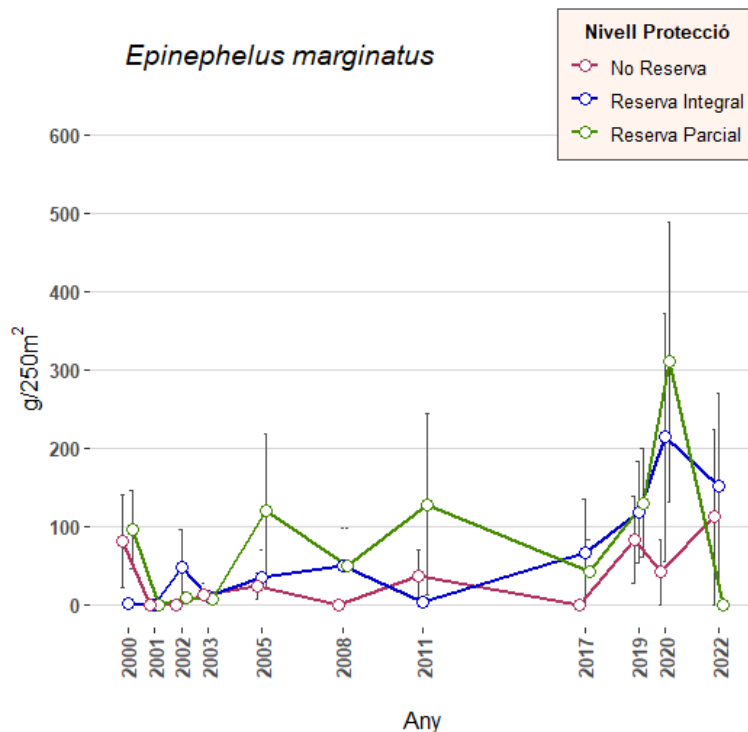


Figura 3.20. Evolució de la biomassa (g/250 m², mitjana + EE) d'*Epinephelus marginatus* entre 2000 i 2022 a les zones de reserva integral, reserva parcial i zones control.

Taula 3.49. Anàlisi de la variància de la biomassa d'*Epinephelus marginatus* entre les 11 campanyes (TEMPS) i el nivell de protecció (PROT). SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

BIOMASSA EPIMAR 2000-2022	SS	GL	MS	F	p
TEMPS	1.556.148	10	155.615	1,996	0,0317
PROT	207.965	2	103.982	1,334	0,2644
TEMPS*PROT	1.133.034	20	56.652	0,727	0,8002
Residus	43.744.934	561	77.977		

Respecte al 2022, la biomassa mitjana d'anfossos obtinguda fou de 150,7 g/250 m² dins la reserva integral, 0 g/250 m² dins de la reserva parcial i 112,3 g/250 m² dins les zones control. Les anàlisis estadístiques mostren que el nivell de protecció no té un efecte sobre aquests valors (Taula 3.50).

Taula 3.50. Anàlisi de la variància de la biomassa d'*Epinephelus marginatus* entre els diferents nivells de protecció (PROT) per l'any 2022. SS: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MS: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significança. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

BIOMASSA EPIMAR 2022	SS	GL	MS	F	p
PROT	220.818	2	110.409	0,687	0,508
Residus	8.194.241	51	160.671		

3.5. La biomassa de 2022 en relació a la capacitat de càrrega

La capacitat de càrrega (K) de zones de reserva integral en tres reserves marines de les Illes Balears (Nord de Menorca, Badia de Palma i Freus d'Eivissa i Formentera) va ser determinada per Coll (2013). Aquesta K fou referida pel mateix conjunt d'espècies tractades en aquest estudi: espècies demersals vulnerables a la pesca. En el cas de la reserva de la Badia de Palma, la K fou establerta en $2.656,4 \pm 411,9$ g/250 m², valor que segons el model s'assoliria al cap de 14,5 anys de protecció. No obstant, el valor de K fou gairebé assolit al cap de 5 anys, al 2005, quan la biomassa dins la reserva integral va presentar un valor de $2.464,2 \pm 391,5$ g/250 m² (Taula 3.51). Tot i que el valor de biomassa obtingut el 2022 va ser superior a la K teòrica definida per Coll (2013), les anàlisis estadístiques no mostren diferències significatives entre la K teòrica (valor similar a l'obtingut al 2005) i la biomassa d'enguany (Taula 3.52).

Aquests valors de biomassa obtinguts per la reserva integral s'han extret de la mitjana de les dues zones (R1 i R2), ja que els valors de biomassa de cada una d'elles no són estadísticament diferents.

Taula 3.51. Valors de biomassa total enregistrada els anys 2000, 2005 i 2022 a la zona de reserva integral, i valor de la capacitat de càrrega (K) establerta per Coll (2013). Els valors s'expressen en g/250m² ± error estàndard.

Any	Biomassa
2000	1.029,6 ± 216,7
2005	2.464,2 ± 391,5
2022	3.214,1 ± 496,6
K	2.656,4 ± 411,9

Taula 3.52. Anàlisi de la variància de la biomassa total entre els anys 2005 i 2022.

BIOMASSA 2005 vs 2022	SS	GL	MS	F	p
ANY	9.490.067	1	9.490.067	3,254	0,0901
Residus	46.658.481	16	2.916.155		

4. CONCLUSIONS I COMENTARIS

La Reserva Marina de la Badia de Palma és, en el context de les reserves marines de Balears, la que presenta una menor qualitat d'hàbitat per a albergar peixos propis de substrat rocós (Morey *et al.*, 2017). És, així mateix, junt amb la reserva integral de Migjorn, la que difereix de forma més accentuada amb la descripció literal d'una reserva marina ideal: *un aflorament rocós enmig del mar, totalment exposat a corrents i vents de qualsevol direcció, i un pendent accentuat però amb fons de blocs amb gran rugositat*.

Coll *et al.* (2013) van descriure com la combinació de la fondària mitjana dels transsectes, la interacció o producte de la rugositat, l'exposició a vents i corrents, i la caiguda o pendís cap a aigües profundes, determinaven capacitats de càrrega (en biomassa) superiors. Uns factors bàsicament iguals als que Edgar *et al.* (2014) consideraren com a òptims per a una reserva marina.

Primerament, l'escassetat de fons rocosos dins la Reserva Marina de la Badia de Palma ha obligat a que en tot el període d'estudi els censos s'hagin dut a terme en una franja molt estreta, adjacent a la línia de costa, i a poca fondària (profunditat mitjana de 4,72 m i profunditat màxima de 13,3 m). La profunditat, com a important factor estructurador de les comunitats marines, determina en el cas de la reserva de Palma la dominància de talles petites dins cada espècie, de manera que les talles grans tenen poca representació degut als canvis ontogenètics en l'hàbitat (moviment dels individus cap a aigües més profundes a mida que creixen), tot i que l'efecte de la pesca també pot influir en aquest aspecte dins la reserva parcial (Morey *et al.*, 2017). Cal destacar que gairebé tots els anfosos censats des de l'any 2000 han estat individus immadurs de menys de 50 cm.

En segon lloc, la presència de blocs rocosos es pot considerar baixa, ja que la mitjana de tots dels transsectes realitzats des del 2000 no supera el 47% de cobertura dels transsectes. En conseqüència, la rugositat també és baixa, amb un valor mitjà de 2,26 sobre un màxim de 4. Aquest valor indica una baixa disponibilitat de refugis per a espècies com els grans serrànids o l'escorball (Morey *et al.*, 2017). Finalment, la reserva de Palma representa el cas amb menor pendent a meso-escala (Coll, 2013). Aquest fet determina assolir la K de forma més parsimoniosa, a partir del reclutament i del creixement, sense la contribució de peixos provinents d'aigües més profundes (Morey *et al.*, 2017). Les distribucions de talles de les espècies més freqüents així ho corroboren.

No es pot passar per alt el paper de la pesca recreativa, especialment la submarina, sobre la fracció de la comunitat íctica objecte d'estudi (les anomenades espècies vulnerables) dins la zona de reserva parcial. Actualment, de les 10 reserves marines existents a Balears, només a 2 es permet la pesca recreativa submarina: a la Reserva Marina del Migjorn de Mallorca i a la Reserva Marina de la Badia de Palma. Així, dins d'aquesta reserva és notable l'escassetat d'espècies indicadores de l'efecte reserva i objectiu de la pesca submarina, com són l'anfós o l'escorball. A més, també era d'esperar que la majoria d'individus censats d'aquestes espècies no arribessin a la talla mínima de captura (50 cm per a l'anfós i 30 cm per a l'escorball). En tot el període d'estudi només el 6,5% d'anfossos foren madurs. Així mateix, la contribució de les espècies a la biomassa total també ha mostrat un patró característic d'àrees explotades i/o amb falta d'hàbitat adequat per a espècies com l'anfós o l'escorball, amb un domini dels espàrids (> 80%) a tots els nivells de protecció. A més, des dels inicis de la creació de la reserva, aquestes espècies han augmentat la seva biomassa relativa d'un 78,45% a un 85,32% a la reserva parcial. Fet que contrasta amb el que succeeix en la majoria de reserves marines de les Illes Balears, on a mesura que passen els anys va minvant percentualment la representació dels *Diplodus* spp. per guanyar importància espècies com grans serrànids, esciènids, escorpènids i, en resum, espècies de major nivell tròfic i més preuades pel sector pesquer (Morey *et al.*, 2018, 2020; Coll *et al.*, 2018, Coll *et al.*, 2021). D'altra banda, cal destacar positivament que dins la reserva integral, on no s'hi permet cap tipus d'activitat extractiva, sí que ha disminuït l'abundància relativa d'espàrids (d'un 90,3% a un 82,97%) des dels inicis de la creació de la reserva, i a més, la biomassa relativa d'escorballs i anfossos s'ha mantingut elevada aquest any 2022.

Parant atenció a l'indicador de riquesa d'espècies, els valors obtinguts al llarg dels anys dins les zones reserva varien entre 2,11 i 4,11 espècies/250 m². Concretament el valor mitjà obtingut el 2022 ha estat de 2,89 espècies/250 m² tant dins la reserva integral com dins la zona amb protecció parcial. Aquests valors es consideren baixos en el context de les àrees marines protegides de les Illes Balears. Per exemple, la riquesa mitjana enregistrada en les aigües superficials d'altres reserves marines de Mallorca entre 2020 i 2021 va ser de, com a mínim, 4,2 espècies/250 m² (Coll *et al.*, 2020_a, Morey *et al.*, 2020, 2021_a i 2021_b).

En referència a la densitat, aquest és un indicador molt influenciat pels pics de reclutament (Guidetti i Sala, 2007) i sol ésser un indicador bastant variable. Tot i així, els valors mitjans són bastant estables al llarg del anys, a excepció del 2000, on les estadístiques mostren que hi hagué una densitat significativament major. Durant el període d'estudi, els valors es mantingueren entre 17,6 i 41 individus/250 m² dins la zona de reserva parcial i entre 17 i 48,5 individus/250 m² dins la zona de reserva integral.

Finalment, l'indicador de biomassa és el més aplicat i el que millor descriu l'estat de conservació d'una zona. Els valors obtinguts respecte de l'any 2000 han estat significativament superiors, ja que la biomassa s'ha incrementat per un factor x3 a la reserva integral (1.026,8 vs 3.178 g/250 m²), x2 a la reserva parcial (888,5 vs 1.847,6 g/250 m²) i x1,6 a les zones control (766,8 vs 1.213,7 g/250 m²). Aquest últim resultat podria indicar que la creació de la reserva també beneficia a les zones control, provocant que actualment no hi hagi diferències significatives entre les biomasses dels tres nivells de protecció.

D'altra banda, una major abundància i talla mitjana de les espècies objectiu de la pesca en llocs protegits envers els no protegits també es considera un indicatiu de l'anomenat efecte reserva (Mosquera *et al.*, 2000; Hackradt *et al.*, 2014). D'aquesta manera, s'ha observat un efecte reserva en les talles de variades i sards, ja que les talles enregistrades el 2022 han estat significativament majors respecte les de l'any 2000. A la vegada, aquest 2022, dins les zones reserva s'han observat sards i variades significativament més grans que a les zones control. Per últim, cal destacar l'augment de biomassa d'escorballs (*Sciaena umbra*) al 2019, així com el fet d'haver-se mantingut relativament elevada fins l'any 2022 dins la reserva integral. En contrast, la biomassa d'aquesta espècie dins la reserva parcial ha estat nul·la el 2022 i novament podria ser degut a la pràctica de pesca submarina dins aquesta zona. Pel que fa a la mortalitat per pesca, s'ha demostrat en altres reserves marines que una intensa pesca al voltant de la zona de màxima protecció pot fer minvar les poblacions íctiques al seu interior (Coll *et al.*, 2017). Això també podria explicar el fet d'haver censat pocs i petits individus d'espècies indicadores de l'efecte reserva dins de la reserva integral.

Sobre la capacitat de càrrega d'aquesta reserva marina, la biomassa total de peixos observada el 2022 dins la zona integral (3,21 kg/250 m²) és nominal i lleugerament superior a la K teòrica (2,66 kg/250 m²) definida per Coll (2013). Tot i així, aquest valor no es troba entre els valors de biomassa considerats elevats en el marc geogràfic de les Illes Balears. De manera general, es considera que un valor de 5 kg/250 m² és el nivell de referència que determina el bon estat de les comunitats íctiques dins d'una reserva marina Balear (Morey, 2020, 2021_b; Coll, 2020_b).

Pel que fa a la capacitat de càrrega dins la reserva marina de Palma, s'esperava que s'assolís al cap de 14,5 anys de protecció, però en realitat es va assolir només 5 anys després de la seva declaració (Grané-Feliu *et al.*, 2019_a). Segons els treballs publicats fins ara la capacitat de càrrega pot assolir-se més ràpidament en llocs amb un potencial menor, on predominen espècies de creixement ràpid i nivell tròfic mitjà (com per exemple *Diplodus* spp.) respecte a llocs amb gran potencial, on s'hi troben espècies de major talla, més longeves i de creixement més lent (Valls *et al.*, 2012; Coll *et al.*, 2013; García-Rubies *et al.*, 2013).

En resum, la Reserva Marina de la Badia de Palma ofereix uns resultats positius, però discrets i limitats per la poca qualitat d'hàbitat i per la presència de pesca submarina. Les espècies típiques de fons rocosos, objecte d'aquest seguiment, troben poc refugi en aquesta reserva, per la qual cosa no hi poden ser abundants i, a més, són altament vulnerables a la pesca. A més, l'escassetat de fons adients per fer el seguiment mitjançant censos visuals no permet una avaluació exhaustiva dels efectes de la protecció sobre els recursos pesquers, que no es troben limitats al grup d'espècies considerats en aquest informe, sinó que a més inclouen espècies pròpies dels alguers de posidònia i dels fons d'arena.

Per aquests motius, independentment dels eventuais canvis normatius, fa anys que s'informa que una vegada s'estabilitzin els recursos de la franja rocosa més soma, es podria replantejar el pla de seguiment d'aquesta reserva marina, enfocant-lo en l'estudi dels rendiments pesquers sobre els hàbitats majoritaris (alguers de posidònia, arenes i detrític).

Per últim, una possible prohibició de la pesca submarina com a mesura de gestió tindria sens dubte uns efectes positius a la franja estudiada de la reserva parcial, tot i que degut a les reduïdes dimensions dels fons adients, aquests efectes tindrien una major repercussió sobre activitats de lleure (observació en *snorkel*, submarinisme, educació ambiental) i conservació, que no sobre l'activitat pesquera professional, que en aquesta reserva marina està dirigida a unes espècies poc sensibles a la pesca submarina (*métiers* de sípia, peix de sopa i jonquillo).

5. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- Coll, J. 2013. Avaluació dels esculls artificials i de les reserves marines com a eines de gestió dels recursos íctics litorals a les Illes Balears. Tesis Doctoral. 225 pp. Departament de Biologia. Universitat de les Illes Balears.
- Coll, J., García-Rubies, A., Morey, G., Reñones, O., Álvarez-Berastegui, D., Navarro, O. i Grau, A. M. 2013. Using no-take marine reserves as a tool for evaluating rocky-reef fish resources in the western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science*, 70(3): 578-590.
- Coll, J., Morey, G., Verger, F. i Navarro, O. 2017. La Reserva Marina del Nord de Menorca. Seguiment de les poblacions de peixos de substrat rocós en el període 2000-2017. Direcció General de Pesca i Medi Marí-Govern de les Illes Balears –Tragsatec. 26 pp.
- Coll, J., Morey, G., Navarro, O. i Mucientes, G. 2018. La Reserva Marina dels Freus d'Eivissa i Formentera. Seguiment de les poblacions de peixos de substrat rocós en el període 2000-2018. Informe Tècnic de la Direcció General de Pesca i Medi Marí-Govern de les Illes Balears-Tragsatec. 58 pp.
- Coll, J., G. Morey, O. Navarro, F. Verger y M. Pozo. 2020a. La Reserva Marina del Freu de Sa Dragonera. Seguimiento de los peces de fondos rocosos vulnerables a la pesca. Direcció General de Pesca i Medi Marí-Govern de les Illes Balears - Tragsatec. 68 pp.
- Coll, J. (2020b). 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. 109 pàgines.
- Coll, J., Morey, G. i Navarro, O. 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 pp.
- Edgar, G. J., Stuart-Smith, R. D., Willis, T. J., *et al.* 2014. Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature*, 506: 246-220. doi: 10.1038/nature13022.
- Froese, R. i Pauly, D. 2022. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org
- García-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.

- García-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.
- Grané-Feliu, X., J. Coll, i O. Navarro. 2019_a. La Reserva Marina de la Badia de Palma. Seguiment de les espècies íctiques vulnerables sobre substrat rocós. Novembre de 2019. Direcció General de Pesca i Medi Mari/Govern de les Illes Balears – Tragsatec. 68 pp.
- Grané-Feliu, X., Bennett, S., Hereu, B., Aspillaga, E. i Santana-Garcon, J. 2019_b. Comparison of diver operated stereo-video and visual census to assess targeted fish species in Mediterranean marine protected areas. *Journal of Experimental Biology and Ecology*, 520, 151205. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2019.151205>
- Grau, A.M., Linde, M. i Grau, A.M. 2009. Reproductive biology of the vulnerable species *Sciaena umbra* Linnaeus, 1758 (Pisces: Sciaenidae). *Scientia Marina*, 73(1): 67-81.
- Greene, L.E. i Alevizon, W.S. 1989. Comparative accuracies of visual assessment methods for coral reef fishes. *Bulletin of Marine Science*, 44 : 899-912.
- Guidetti, P. i Sala, E. 2007. Community-wide effects of marine reserves in the Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 335: 43-56.
- Hackradt, C. W., García-Charton, J.A., Harmelin-Vivien, M., Pérez-Ruzafa, Á., Le Diréach, L., Bayle-Sempere, J., *et al.* 2014. Response of rocky reef top predators (Serranidae: Epinephelinae) in and around marine protected areas in the Western Mediterranean Sea. *PlosOne*, 9(6): e98206.
- Harmelin, J-G. 1987. Structure et variabilité de l'ichtyofaune d'une zone rocheuse protégée en Méditerranée (Parc national de port Cros, France). *P.S.Z.N.I: Marine Ecology*, 8: 263-284.
- Luckhurst, B.E. i Luckhurst, K. 1978. Analysis of the influence of substrate variables on coral reef fish communities. *Marine Biology*, 49: 317-323.
- Morey, G., Moranta, J., Massutí, E., Grau, A., Linde, M., Riera, F. i Morales-Nin, B. 2003. Weight-length relationship of littoral to lower slope fishes from the Western Mediterranean. *Fisheries Research*, 62: 89-96.
- Morey, G., Coll, J. i Navarro, O. 2017. La Reserva Marina de la Badia de Palma. Seguiment de les espècies íctiques vulnerables sobre substrat rocós. Abril de 2017. Direcció General de Pesca i Medi Marí/Govern de les Illes Balears – Tragsatec. 59 pp.

- Morey, G., Coll, J., Navarro, O. i Verger, F. 2018. Les reserves marines de l'illa del Toro i les illes Malgrats. Seguiment de les espècies íctiques vulnerables sobre substrat rocós. Direcció General de Pesca i Medi Marí - Govern de les Illes Balears – Tragsatec. 76 pp.
- Morey, G., Coll, J., Navarro, O., Verger, F. i Pozo, M. 2020. Les reserves marines de l'illa del Toro i les illes Malgrats. Seguiment de les espècies íctiques vulnerables sobre substrat rocós. Direcció General de Pesca i Medi Marí - Govern de les Illes Balears – Tragsatec. 134 pp.
- Morey G., Coll J. i Navarro O. 2021_a. La reserva marina del Migjorn de Mallorca. Seguiment de les espècies de peixos vulnerables sobre substrat rocós. Direcció General de Pesca i Medi Marí-Govern de les Illes Balears - Tragsatec. 36 pp.
- Morey G., Coll J., Arpa M. i Navarro O. 2021_b. La reserva marina del Llevant de Mallorca. Seguimiento de las especies ícticas vulnerables sobre sustrato rocoso. Direcció General de Pesca i Medi Marí-Govern de les Illes Balears - Tragsatec. 31 pp.
- Mosquera, I., Cote, I. M., Jennings, S. i Reynolds, J.D. 2000. Conservation benefits of marine reserves for fish populations. *Animal Conservation*, 4: 321-332.
- Murphy, H.M. i Jenkins, G.P. 2010. Observational methods used in marine spatial planning: a review. *Marine and Freshwater Research*, 61, 236–252.
- Ordines, F., Moranta, J., Palmer, M., Lerycke, A., Suau, A., Morales-Nin, B., i Grau, A. M. 2005. Variations in a shallow rocky reef fish community at different spatial scales in the western Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 304, 221-233.
- Reñones, O., Grau, A., Mas, X., Riera, F. i Saborido-Rey, F. 2010. Reproductive pattern of an exploited dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe 1834) (Pisces: Serranidae) population in the western Mediterranean. *Scientia Marina* 74(3): 523-537.
- Sala, E., Ballesteros, E., Dendrinos, P., Di Franco, A., Ferretti, F., Foley, D., Fraschetti, S., *et al.* 2012. The structure of Mediterranean rocky reef ecosystems across environmental and human gradients, and conservation implications. *PlosOne*, 7(2): e32742. doi: 10.1371/journal.pone.0032742.
- Sokal, R.R. i Rohlf, F.J. 1979. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. W.H. Freeman, San Francisco.
- Underwood, A.J. 1997. Experiments in ecology. Their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge. University Press.

Valls, A., Gascuel, D., Guénette, S. i Francour, P. 2012. Modeling trophic interactions to assess the effects of a marine protected area: case study in the NW Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 456: 201-214.

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

