

La Reserva Marina dels Freus d'Eivissa i Formentera



G CONSELLERIA
O MEDI AMBIENT,
I AGRICULTURA
B I PESCA



UNIÓN EUROPEA

FONDO EUROPEO MARÍTIMO
Y DE PESCA (FEMP)


Reserves Marines
de les Illes Balears

Seguiment de les poblacions de peixos de substrat rocós en el període 2000-2020



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

* Tragsatec ** Serveis de Millora Agrària i Pesquera

Foto de portada: Mola mixta d'espècies d'alta importància en la xarxa tròfica: boga (*Boops boops*), gerret (*Spicara smaris*) i tutes (*Chromis chromis*) a s'Espardelló. Totes les fotografies d'aquest document pertanyen a l'autor: **Jose Arribas Redondo**

Citar el present informe com a:

Coll J., G. Morey i O. Navarro (2020). La Reserva Marina dels Freus d'Eivissa i Formentera. Seguiment de les poblacions de peixos de substrat rocós en el període 2000-2020. Informe Tècnic de la Direcció General de Pesca i Medi Marí/Govern de les Illes Balears-Tragsatec. 70 pàgines.

ÍNDIX

Resum Executiu	1
1. INTRODUCCIÓ I ANTECEDENTS	3
2. ÀREES D'ESTUDI I METODOLOGIA	4
3. RESULTATS	15
3.1.Les espècies i la riquesa	15
3.2.L'abundància de peixos demersals	19
3.3.Les distribucions de talles de les espècies més freqüents i abundants	28
3.4.La biomassa de peixos demersals	41
3.5.La biomassa de meso i macrocarnívors amb nivells tròfics elevats	51
3.6.El cas de punta Rasa	54
4. DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS	59
5. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES CITADES AL TEXT	67

Resum Executiu

La Reserva Marina dels Freus d'Eivissa i Formentera (RMFEF) va ser declarada pel Decret 63/1999 de 28 de maig, i ampliada posteriorment pel Decret 41/2015 de 22 de maig, ocupant en l'actualitat una àrea marina de 15.353 ha. Des de l'any 2000, la Direcció General de Pesca i Medi Marí del Govern de les Illes Balears ha vingut realitzant un seguiment de les poblacions de peixos vulnerables a la pesca dins i fora de la reserva marina. L'objectiu concret del seguiment ha estat descriure els canvis que es produeixen al llarg del temps dins zones sotmeses a nivells de protecció diferents: la reserva integral, la reserva parcial i les zones control no protegides.

L'octubre de 2020 s'ha realitzat l'onzena campanya de seguiment mitjançant la metodologia no intrusiva dels censos visuals amb escafandre autònom. El mostreig s'ha centrat en les aigües superficials (< 15 m), i l'han realitzat 4 biòlegs bussejadors experimentats en el reconeixement de les espècies, l'hàbitat i l'estima de talles. Cada zona ha estat mostrejada durant dos dies diferents amb 9 transsectes de 50×5 (250 m^2) cada dia, amb l'excepció de la nova zona de protecció parcial de punta Rasa, a l'oest de l'illa, on tan sols es van realitzar 9 transsectes. En conjunt, l'esforç de mostreig ha suposat 30 hores d'immersió i la prospecció detallada de 2,9 hectàrees de fons rocosos.

En general, el que s'ha observat és una estabilització dels principals indicadors (riquesa, densitat de peixos, biomassa total i biomassa de meso i macrocarnívors), amb valors alts, dins tots els nivells de protecció. L'efecte reserva ha estat molt condicionat per les característiques particulars de cada zona, on la fondària mitjana, la rugositat i el pendent cap a aigües profundes exerceixen un efecte positiu sobre els indicadors. Aquesta forta variació a nivell de zona implica que per determinar un efecte reserva *sensu stricto*, s'ha de reduir el nivell de fiabilitat del 95% al 90%, una probabilitat d'encert en l'afirmació del major valor dels indicadors en la reserva integral i parcial respecte els controls, que és encara força operativa per a la gestió d'aquesta AMP. Comptant amb les particularitats d'hàbitat de cada zona d'estudi, les dues estacions de la reserva integral (Espardelló i Espardell) i la zona de protecció parcial de Es Banc han presentat majors valors de biomassa respecte a les zones control.

La zona de Es Banc ha presentat fins i tot major biomassa que la zona totalment protegida d'Espardell ($13,7 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$ vs $10,7 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$), el que posa de manifest, per una banda, la importància local de l'hàbitat, i per altra, els resultats positius de tota l'àrea de protecció parcial de la RMFEF, on és activa la flota d'arts menors i certs ormeigs de pesca recreativa. Aquesta pauta ve recolzada encara més per la zona d'estudi afegida amb l'ampliació de la reserva el 2015: punta Rasa, que amb tan sols 6 anys de protecció parcial ha augmentat per un factor de x9 la seva biomassa mitjana inicial ($1,1 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$ vs $10,4 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$).

A la reserva integral, els valors dels darrers tres anys d'estudi (2016, 2018 i 2020) són molt semblants, amb una lleugera minva de biomassa total el 2020, deguda a una menor densitat i talla de *D. vulgaris* (minva dels individus més grossos i vells; $TL > 24$ cm). Tot i això, el 2020 tots els indicadors suposen encara un increment destacable respecte del primer any d'estudi (2000), amb un factor de x2,5 per a la riquesa d'espècies, de x2,3 per a la densitat total de peixos, de x6,7 per a la biomassa total, i de fins a x22 vegades la biomassa del conjunt d'espècies amb major nivell tròfic (bàsicament la suma d'escorpènids, grans làbrids, esciaènids (*S. umbra*) i grans serrànids). La composició específica de la biomassa ha canviat també, rebaixant-se la importància relativa dels espàrids del gènere *Diplodus* i augmentant la

d'espècies de major nivell tròfic i més preuades al mercat: la roja *S. scrofa*, l'escorball *S. umbra* i l'anfós *E. marginatus*.

Paral·lelament als beneficis ecològics i pesquers de l'àrea totalment protegida, que és susceptible d'estar exportant ous, larves, juvenils i adults d'espècies pescables, hi ha la gran utilitat que aporta com a referència d'un bon estat de conservació. Per aquest motiu és important determinar els marges o intervals de confiança del que anomenem capacitat de càrrega del sistema, la biomassa verge no pescada que presenta una estabilització al llarg dels anys. Les campanyes de 2016, 2018 i 2020, després del lapsus d'informació d'entre 2010 i 2015, quan es va interrompre el seguiment, ens han permès observar una superació espectacular de la capacitat de càrrega que s'havia descrit en els 8 primers anys de protecció. Tot i això, la manca de dades en el període esmentat ha produït que la corba logística (sinusoidal i amb un límit superior ben definit) descrita abans no es diferenciï ara d'una funció lineal, una recta que implicaria un increment continu dels recursos íctics.

La impossibilitat teòrica d'un patró creixent ininterromput com l'esmentat, el temps de protecció total (21 anys), i l'observació que l'àrea en qüestió és tan sols una àrea d'alevinatge per a espècies importants dins l'ecosistema com són els grans serrànids, ens permet vaticinar que l'actual representa una situació molt estable, amb poca probabilitat d'increments significatius en anys vinents. Així, i sense poder donar valors asimptòtics que no han resultat significatius, hem descrit finalment els valors dels indicadors que poden servir de referència per a altres indrets, i que resulten de calcular la mitjana amb les dades del període 2016-2020 (Taula 35 del text).

Taula 35. Nombre de transsectes (N), valors mitjans, desviació típica, error estàndard i límits de confiança del 95% per a la riquesa (nombre d'espècies), la densitat (nombre de peixos), biomassa d'espècies demersals (kg), i per a la biomassa d'espècies demersals d'alt nivell tròfic (NT> 3,5) (kg) a les zones de reserva integral d'Espardelló i Espardell entre 2016 i 2020. Tots els resultats estan referits a 250 m².

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

1. INTRODUCCIÓ I ANTECEDENTS

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

Des de l'any 2000, la Direcció General de Pesca i Medi Marí del Govern de les Illes Balears inicià un seguiment dels recursos marins per tal de conèixer els efectes de la protecció. De llavors ençà s'han realitzat diferents campanyes de mostreig amb diferents metodologies que han aportat resultats importants. L'estudi de Morales-Nin *et al.*, (2004) es va desenvolupar mitjançant pesques experimentals de tremall, tot establint una bona base de dades sobre espècies i rendiments pesquers, encara que no s'obtingué cap conclusió significativa sobre l'efecte de la protecció. Posteriorment, Moranta *et al.*, (2006) posaren de manifest l'efecte positiu de la zona de veda de pesca recreativa situada entre la zona de màxima protecció de s'Espardell i el nord de Formentera. Aquest estudi se centrà sobre les comunitats de peixos que habiten els alguers de posidònia i que eren una pesquera habitual de la flota d'arts menors, bàsicament amb tremall i gerretera. Dins els hàbitats mixts de posidònia, roca i arena, Box (2011) demostrà que la reserva de s'Espardell comptava amb poblacions de peixos abundants i de major mida, la qual cosa produí majors captures per unitat d'esforç amb l'ormeig més freqüent emprat pel sector recreatiu: el volantí.

El seguiment que ha tingut més constància temporal ha estat el que es fa mitjançant censos visuals amb escafandre autònom sobre els peixos de fons rocosos, un mètode no intrusiu que té un nul impacte sobre els peixos (Harmelin-Vivien *et al.*, 1985). Els censos en aigües superficials (3-15 m) començaren el maig i l'octubre de l'any 2000. Amb vuit campanyes realitzades entre 2000 i 2009 es van descriure aspectes importants dels efectes de la protecció, tant en la reserva integral com en la reserva parcial. Un aspecte important fou també la descripció del que aleshores pensàvem que es tractava de la capacitat de càrrega del sistema, la descripció estadística de la biomassa no pescada o verge dins dues zones de la reserva integral (Coll *et al.*, 2012, 2013). El seguiment es va veure interromput entre 2010 i 2015, un període per al qual no disposam de cap dada.

Posteriorment, al 2016, es va reprendre el seguiment amb les campanyes d'octubre de 2016 i 2018. Coll *et al.*, (2016, 2018) descriviren la situació de la reserva després de 17 i 19

anys de protecció, amb uns resultats que van sorprendre pels elevats valors de biomassa trobats a la majoria d'estacions d'estudi. En el cas de la reserva integral, els valors de biomassa foren molt superiors, entre $\times 2,5$ i $\times 3,0$, segons la zona, respecte a les capacitats de càrrega que havien estat descrites de forma precisa abans, entre 2000 i 2009. Si aquests resultats constituïen un cas excepcional o una situació natural acord amb un major grau de maduresa de la reserva, tan sols podia ser respost amb nous mostreigs. L'actual mostreig de 2020 ha seguit la metodologia i el disseny habitual, per la qual cosa ens permetrà obtenir una imatge més fidedigna del que ha succeït a la reserva marina. En la campanya de 2020 s'ha treballat també amb els canvis obligats per l'ampliació de la RMFEF cap al sud, que integrà el que fou la zona control (NR1) de punta Rasa en una nova zona de reserva parcial, i amb la declaració recent d'una reserva marina veïna: la Reserva Marina de la Punta de Sa Creu (Decret 45/2018 de 14 desembre de 2018).

Aquests canvis substancials en la zonificació de les aigües de Formentera ha trencat amb la sèrie temporal que teníem per a la zona control NR1, que ha hagut de ser estudiada de bell nou a un altre indret, concretament a la costa veïna de l'illa d'Eivissa. La recent campanya d'octubre de 2020 s'ha centrat en els fons superficials o infralitoral superior (3-15 m) de la reserva marina i zones control no protegides.

2. ÀREES D'ESTUDI I METODOLOGIA

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

Els límits i la zonificació de la reserva marina es mostren al mapa de la figura 1. El disseny de mostreig va ser bàsicament el mateix que a altres campanyes, amb l'estudi de dues zones dins cada nivell de protecció: reserva integral, reserva parcial i zones control (Fig. 2). Com s'ha comentat abans, la zona control NR1 ha sofert el segon canvi de lloc en 5 anys, passant primer de punta Rasa a punta de Sa Creu, i ara a la costa est d'Eivissa. La campanya es va realitzar entre el 8 i el 18 d'octubre de 2020 i ha suposat l'onzè any d'estudi per a les aigües superficials, amb vint-i-un anys de protecció acumulada per a la majoria de zones dins la RMFEF.

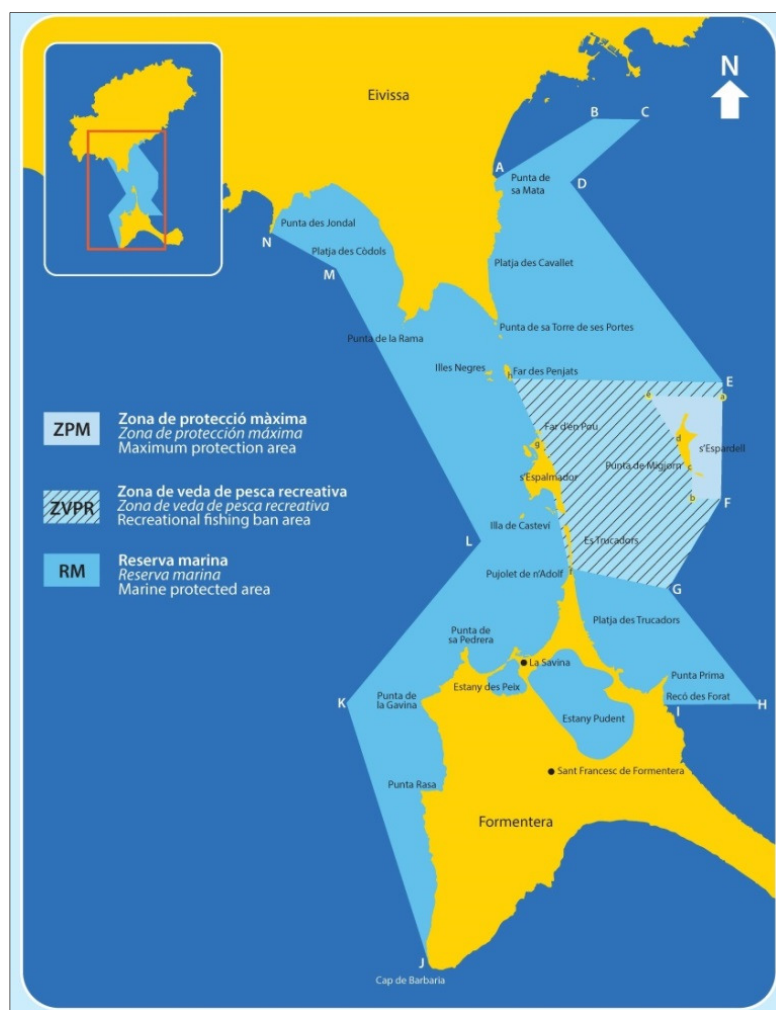


Figura 1. Límits actuals i zonificació de la Reserva Marina dels Freus d'Eivissa i Formentera

Les zones dins la reserva integral han estat R1: Espardelló i R2: Espardell; a la reserva parcial, RP1: Es Banc, RP2: s'Espalmador; i a les zones control: NR1: Sol d'en Serra, NR2: sud de punta Prima. A més a més, es va mostrejar la zona de punta Rasa (RP3), a ponent de la reserva marina, constituint el 3er mostreig des de la seva protecció el 2015, i que havia estat una zona control tradicional en estudis anteriors (Fig. 2). Dins cada zona es van realitzar un mínim de 9 transsectes, que foren repetits en dies diferents ($N = 9 \times 2 \text{ dies} = 18 \text{ transsectes}$).

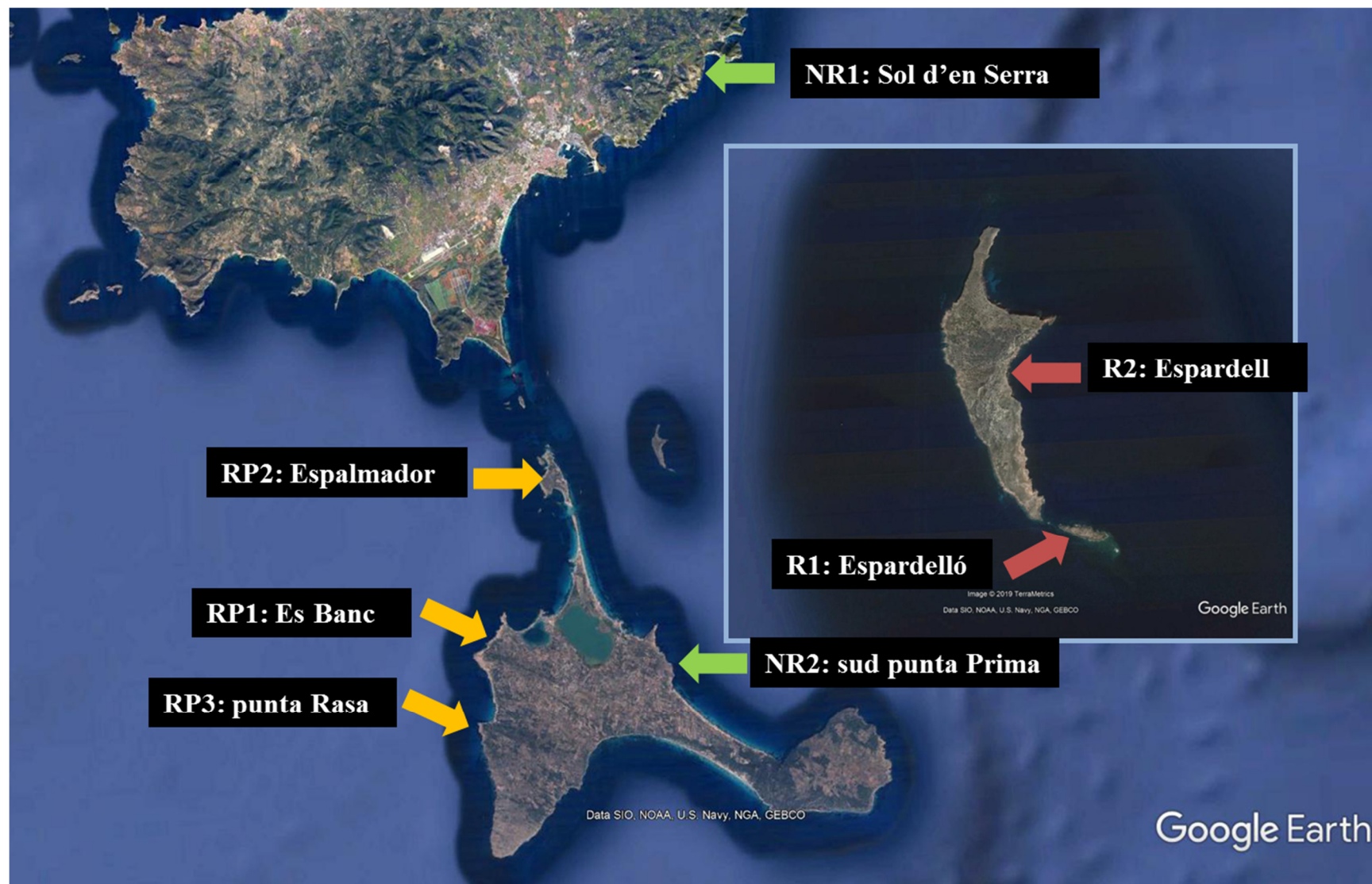


Figura 2. Ubicació de les zones d'estudi a la reserva integral, ampliada a la dreta, R1: Espadelló; R2: Espadell; a la reserva parcial, RP1: Es Banc, RP2: Espalmador, RP3: punta Rasa; i de les zones control fora de la reserva marina, NR1: Sol d'en Serra i NR2: sud punta Prima.

2.2. La presa de dades

La unitat de mostra ha estat el transsecte de 50x5 m (250 m²) que s'estenia sobre el perfil del fons amb una cinta mètrica mentre el bussejador avançava. Cada transsecte va ser mostrejat per un sol bussejador sobre un conjunt d'espècies que per les seves característiques el feia quasi tancat: espècies de substrat rocós, objectiu de la pesca professional, submarina i recreativa i amb *home ranges* reduïts. Són espècies que en la seva majoria s'agrupen en les categories espacials 3, 5 i 6 d'Harmelin (1987). Aquest grup reduït d'espècies millora considerablement la precisió del cens, tal com Greene i Alevizon (1989) demostraren amb l'anomenat *Discret Group Censusing*; consumeix menys temps i permet un major nombre de rèpliques que quan es té en compte tot el poblament de peixos. En tractar-se d'un mètode de presa de dades no destructiu, la seva aplicació és especialment adient en estudis relacionats amb les àrees marines protegides.



Cada bussejador estava familiaritzat en el reconeixement de les espècies, el cens i l'estima de talla. L'estima de talla s'ha vingut entrenant amb els anys després de seguir protocols amb distribucions de peixos artificials i contrastar l'agrupament per classe de talla que menys diferència dona entre la distribució observada i la real mitjançant un test de Kolmogorov-

Smirnov (Bell *et al.*, 1985). Tots els transsectes es van distribuir a l'atzar sempre sobre substrat rocós entre 3 i 15 m de fondària, i amb una distància entre transsectes contigus superior a 20 m per tal d'evitar casos d'autocorrelació (Ordines *et al.*, 2005).

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

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

Categoria 1: peixos que es mouen en aigües lliures, generalment molt mòbils i de caràcter erràtic. Poden formar moles i són d'activitat generalment diürna. Entre elles hi trobam el déntol (*Dentex dentex*), la cirviola (*Seriola dumerili*) i els espets (*Sphyraena* spp.).



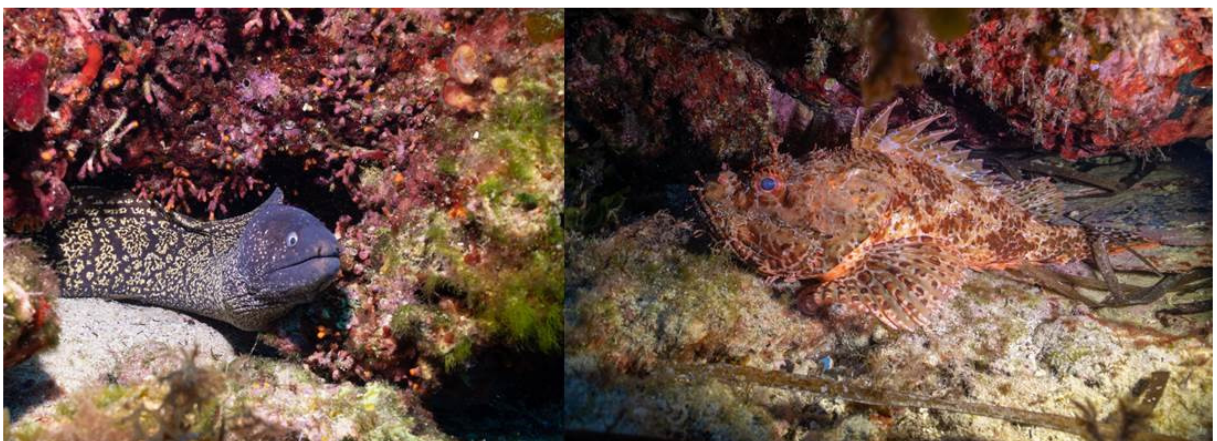
Categoria 3: peixos característicament necto-bentònics, en general mesòfags, que efectuen desplaçaments verticals moderats i horitzontals importants, però amb una marcada fidelitat per zones determinades. Tots pertanyen a la família dels espàrids i presenten una activitat bàsicament diürna. Les morrudes, els sards i les variades (*Diplodus puntazzo*, *D. sargus*, *D. vulgaris*), la càntera (*Spondyllosoma cantharus*) o l'orada (*Sparus aurata*) en són representants típics. Aquesta categoria està integrada per espècies 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; Harmelin *et al.*, 1995).



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



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



A més de les dades referents al poblament de peixos, sobre cada transsecte es va realitzar una caracterització de l'hàbitat en base als trets més rellevants del fons. Així, s'enregistrà

sempre la profunditat mínima i màxima, i es va tipificar la natura física del substrat en base al tipus de cobertura. Aquesta es va diferenciar en: roca homogènia; grans blocs ($\varnothing > 2\text{m}$), blocs mitjans ($1\text{m} < \varnothing < 2\text{m}$) i blocs petits ($\varnothing < 1\text{m}$); la cobertura d'arena o grava, i la de *Posidonia oceanica*. Les cobertures de cada tipus de substrat s'estimaren en base als percentatges ocupats sobre la llargada total del transsecte, assenyalada per la cinta mètrica de 50m que serveix de corda guia. El relleu del fons, o “rugositat” (*sensu* Lukhurst i Lukhurst, 1978), es va estimar *de visu*, establint-se una escala de 4 graus: 1: relació entre la longitud real i la longitud lineal, igual o lleugerament superior a 1, sense escletxes ni anfractuositats aparents, ni importants variacions verticals; 2: relació entre ambdues longituds clarament superior a 1, amb variacions verticals poc importants (menors de 2m) i poques escletxes i anfractuositats; 3: relació entre longitud real i lineal clarament superior a 1,5, amb escletxes i anfractuositats d'una certa entitat, ocupant, al menys un 25% de la longitud total del transsecte i/o variacions verticals de més de 2m; 4: presència de blocs i d'escletxes importants, ocupant més del 50% de la longitud del transsecte i/o pregones variacions verticals amb una relació entre la longitud real i la lineal propera o superant el 2. Finalment, a cada transsecte s'estimà el pendent del substrat en base a una escala establerta de l'1 al 4, essent: 1, un pendent d'entre 0 i 30°; 2 de 30° a 60°; 3 de 60° a 90°; i 4, si el pendent superava els 90°, formant superfícies extraplomades.

2.3. Tractament estadístic de les dades

A partir de les dades d'espècies i talles es va generar una matriu de mostres/espècie/densitat i una altra matriu de mostres/espècie/biomassa. Cada transsecte es va prendre com a unitat de mostra o rèplica, i es va calcular el nombre d'espècies vulnerables, la biomassa total i la densitat i biomassa per a cada espècie. Per al càlcul de la biomassa es va fer ús de les relacions talla:pes descrites per Morey *et al.* (2003). La biomassa i la densitat total es varen calcular tan sols per a les espècies demersals de baix *home range*, obviant les espècies de caire més pelàgic (Categoria 1 d'Harmelin, 1987), o que són divagants entre el litoral i la plataforma, cas del déntol *Dentex dentex*. A més a més, vista l'abundància i la major variació de les espècies amb baix nivell tròfic, sobretot les del gènere *Diplodus*, i la importància de les espècies que es troben més a dalt en la xarxa tròfica (Sandin i Sala, 2012), es va procedir a calcular un nou indicador, tan sols amb aquelles espècies per a les quals s'ha descrit un nivell tròfic superior a 3,5 (Froese i Pauly, 2020) (www.fishbase.org).

La incorporació de punta Rasa a la reserva marina el 2015 va rompre la sèrie temporal de 8 anys que teníem per a aquest lloc, que havíem anomenat com a zona control 1 o NR1. En triar dues noves zones control (punta sa Creu el 2016 i 2018, i el Sol d'en Serra el 2020) que han substituït l'original, no es pot comparar tota la sèrie temporal actual, d'onze anys, tenint en compte aquestes noves zones. La possible confusió dels efectes del temps amb particularitats pròpies de la nova zona ho desaconsellaven. Per aquests motius s'han analitzat de forma gràfica les sèries temporals més llargues disponibles, i s'ha realitzat una anàlisi de la variància amb un disseny simètric entre els tres nivells de protecció per al present any de 2020.

El contrast d'hipòtesi sobre si les mitjanes dels indicadors esmentats abans eren diferents entre la reserva integral, la reserva parcial i les zones no protegides, s'ha abordat de dues maneres. La primera, a) l'ortodoxa i feta servir en tots els informes anteriors, on les zones encaixades dins cada nivell de protecció es consideren rèpliques aleatòries de mitjana escala espacial (cents a milers de metres de distància entre elles) i que tenen aleshores la seva variació, que es confronta amb la variació entre nivells de protecció. La segona, b) es deriva de l'experiència dels 20 anys de seguiment, que donen testimoni, any darrera any, de la dificultat de trobar llocs semblants en l'infraitoral rocós, cadascun condicionat per un autèntic *genius loci* que duu a l'anomenada idiosincràsia del lloc segons Guidetti i Sala (2007), i que, com a conseqüència, posa en entredit la consideració de cada zona com a simple rèplica espacial de cada nivell de protecció. Aquesta aproximació b) implica considerar cada zona com a entitat única, evidentment amb el seu nivell de protecció associat, i les seves covariables d'hàbitat (rugositat, profunditat, etc.), que han estat incorporades en l'anàlisi.

Els factors per a l'enfocament a) són els següents: l'efecte del temps de protecció o no protecció acumulat a cadascun dels tres nivells estudiats durant 21 anys, ha estat considerat com a 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. Així, el valor d'un indicador a cada rèplica o transsecte ($Yhij$) realitzat el 2020 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 el terme d'error degut a la variació entre rèpliques ($ehij$). El model lineal queda així: $Yhij = \mu + Ph + Zi(h) + ehij$.

En el cas del nou enfocament b), el model és el d'una anàlisi de la covariància, que té la base d'una regressió múltiple (Underwood, 1997), doncs s'han considerat dues covariables: Profunditat mitjana (PM o X_1) i rugositat (RUG o X_2), a la què s'hi afegeix l'efecte additiu de

cada zona (Z_i), amb un terme d'error (ϵ_{ij}) respecte de la regressió amb una mateixa pendent (β_i) per a cada covariable a tots els tractaments o zones: $Y_{ij} = \mu + Z_i + \beta_1(X_1 - \bar{X}_1) + \beta_2(X_2 - \bar{X}_2) + \epsilon_{ijk}$.

Prèviament a les anàlisis 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 ($y' = \log(y+1)$). En qualsevol cas, les dades varen ser analitzades malgrat que no s'acomplissin totes aquestes condicions, prenent la precaució d'eleva el nivell de significació fins a 0,01 (en lloc de l'habitual $p < 0,05$) per tal d'evitar el risc de cometre un error de tipus I, és dir, d'afirmar que hi ha diferències quan realment no n'hi ha (Underwood, 1997).

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

En l'anàlisi de la covariància es va realitzar una anàlisi prèvia d'independència entre les covariables mitjançant una correlació de Pearson. Donat el cas que aquesta correlació és la mateixa per a cada variable dependent o indicador analitzat, s'avança ara el seu resultat, observant-se una independència total ($R = 0,07$) entre la ProfM i la RUG (Fig. 3).

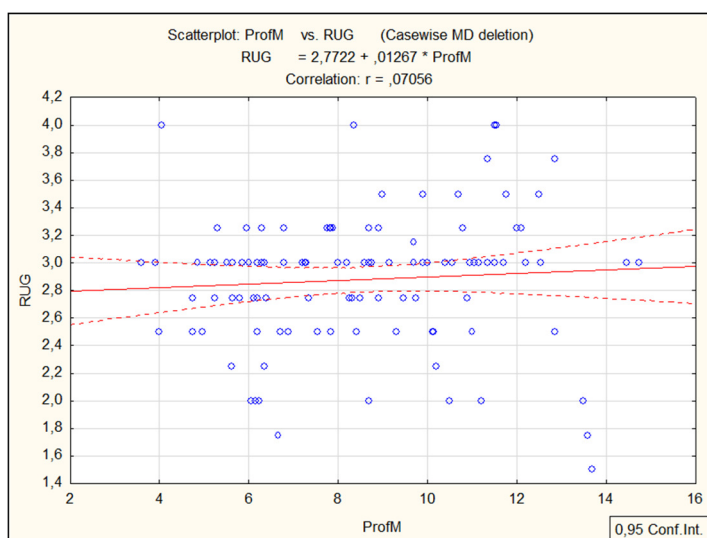


Figura 3. Anàlisi de correlació de Pearson entre els valors de rugositat (RUG) i profunditat mitjana (ProfM) amb les dades de 2020 en els tres nivells de protecció considerats.

Així mateix, s'ha parat especial atenció al que ha succeït dins la reserva integral en els 21 anys acumulats de protecció total. Enllaçant els raonaments amb el treball anterior de Coll *et al.*, (2012), on es van descriure les capacitats de càrrega teòriques del sistema, tant a Espardelló com a Espardell, s'ha repetit el procediment amb 3 anys més de mostreig (2016, 2018, 2020), comparant la resposta de corbes asimptòtiques (*best fit logistic curve* (Kaufman, 1981)) i la resposta lineal. Donat el cas que això és un afegit al protocol habitual del tractament de les dades, s'ha incorporat en l'apartat final de la discussió.

Per a les espècies més freqüents i abundants s'ha analitzat la seva distribució de talles d'una forma gràfica entre els anys 2000, 2003, 2016, 2018 i 2020. Amb les dades de 2020 s'ha procedit a un contrast d'hipòtesis entre les distribucions observades dins la reserva integral, la reserva parcial i els controls, mitjançant el test de Kolmogorov-Smirnov. Totes les anàlisis s'han realitzat mitjançant el software Statistica 10.0.

3. RESULTATS

3.1. Les espècies i la riquesa

En el conjunt de les 11 campanyes realitzades en aigües de la RMFEF s'han censat 29 espècies de peixos vulnerables a la pesca, 20 de les quals han estat enregistrades en la campanya d'octubre de 2020 (Taula 1).

Taula 1. Espècies de peixos censades l'octubre de 2020 entre el llistat general d'espècies observades des de l'any 2000. DLP= espècies pelàgiques costaneres o divagants de litoral i plataforma. N= nombre de transsectes de 250 m². Entre parèntesi, al costat de les espècies emprades en els càlculs de biomassa, s'indica el nivell tròfic segons Froese i Pauly (2021). +: presència, -: absència.

	Reserva Integral		Reserva Parcial		No Reserva	
	Espardelló N= 18	Espardell N= 18	Es Banc N= 18	Espalmador N= 18	S. Serra N= 18	S. P. Prima N= 18
<i>Auxis rochei</i> (DLP)	-	-	-	-	-	-
<i>Euthynnus alletteratus</i> (DLP)	-	-	-	-	-	-
<i>Seriola dumerili</i> (DLP)	+	+	+	+	+	+
<i>Lichia amia</i> (DLP)	-	-	-	-	-	-
<i>Sarda sarda</i> (DLP)	-	-	-	-	-	-
<i>Sphyræna viridensis</i> (DLP)	+	+	+	-	+	+
<i>Caranx crysos</i> (DLP)	-	-	-	-	-	+
<i>Dentex dentex</i> (DLP)	+	+	-	-	-	+
<i>Diplodus cervinus</i> (3,0)	-	-	-	-	-	-
<i>Diplodus puntazzo</i> (3,2)	+	+	+	+	+	+
<i>Diplodus sargus</i> (3,4)	+	+	+	+	+	+
<i>Diplodus vulgaris</i> (3,5)	+	+	+	+	+	+
<i>Spondyllosoma cantharus</i> (3,3)	+	+	+	+	+	+
<i>Conger conger</i> (4,3)	-	-	-	-	-	-
<i>Muraena helena</i> (4,2)	+	+	+	+	+	-
<i>Gymnothorax unicolor</i> (3,4)	-	-	-	-	+	-
<i>Pomadasys incisus</i> (3,8)	-	-	-	-	+	-
<i>Sparus aurata</i> (3,7)	-	-	-	+	+	-
<i>Epinephelus caninus</i> (3,8)	-	-	-	-	-	-
<i>Epinephelus costae</i> (3,9)	+	-	+	+	+	+
<i>Epinephelus marginatus</i> (4,4)	+	+	+	+	+	+
<i>Mycteroperca rubra</i> (4,1)	-	-	+	+	-	-
<i>Labrus merula</i> (3,6)	+	+	+	+	+	+
<i>Labrus viridis</i> (3,9)	+	+	+	+	+	+
<i>Sciaena umbra</i> (3,8)	+	+	+	+	+	+
<i>Scorpaena porcus</i> (3,9)	-	-	+	-	+	+
<i>Scorpaena scrofa</i> (4,3)	+	+	+	+	+	+
<i>Scorpaena notata</i> (3,7)	-	-	-	-	-	-
<i>Phycis phycis</i> (4,3)	-	-	-	-	-	-
	14	13	15	14	17	15

El major nombre d'espècies s'ha observat a les zones control (19), seguit de la reserva parcial (16) i de la reserva integral (14), essent els espàrids, els serrànids i els escorpènids les famílies més ben representades en nombre d'espècies (Taula 1). Quan entra en joc la freqüència d'aparició de les espècies dins els transsectes, en la campanya de 2020 s'observa una riquesa mitjana nominalment superior dins la reserva integral ($6,2 \pm 0,4$ esp./250 m²) respecte a la reserva parcial ($6,1 \pm 0,4$ esp./250 m²) i a les zones control ($5,1 \pm 0,3$ esp./250 m²) (Fig. 4). Aquestes diferències no resulten estrictament significatives en l'anàlisi niada; ni quan es tenen en compte les zones, ni quan la variació produïda per aquestes s'integra amb el terme d'error (*pooling*) (Taula 2). Tot i això, la probabilitat d'estar cometent un error en afirmar les diferències entre nivells de protecció, és molt baixa un cop integrada la variació de l'efecte zona i l'error (< 10% Taula 2).

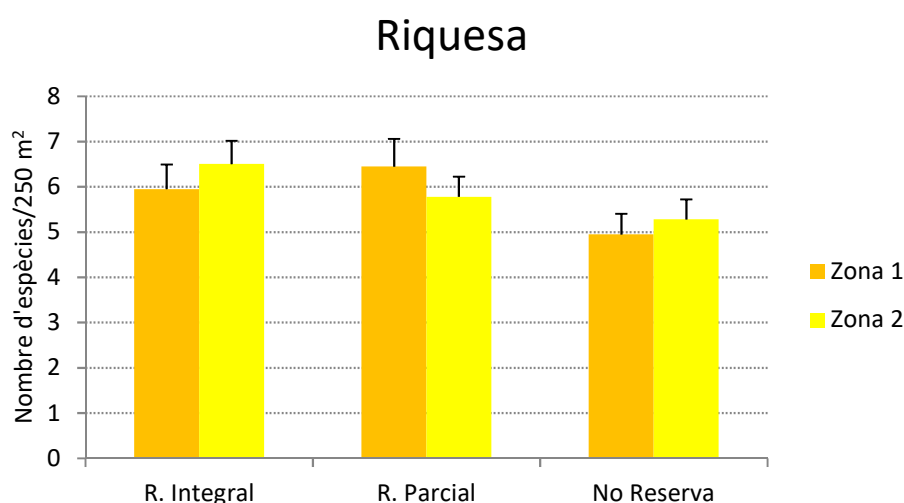


Figura 4. Riquesa mitjana (Nombre d'espècies/250 m² ±EE) a cadascuna de les dues zones establertes en el seguiment de la reserva integral, reserva parcial i zones control el 2020. Reserva integral (Zona 1= Espardelló. Zona 2= Espardell). Reserva Parcial (Zona 1= Es Banc. Zona 2= s'Espalmador). Zones control no protegides (Zona 1= Sol d'en Serra. Zona 2: sud de punta Prima).

Taula 2. Anàlisi de la variància sobre la riquesa d'espècies vulnerables i els factors Protecció i Zona (dins protecció). SQ= suma de quadrats, GLL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test F, p: significança estadística (**vermell= significatiu per a $p < 0,05$**).

	SQ	GLL	MQ	F	p
Intercept	3651,704	1	3651,704	1408,514	0,000042
PROT	26,963	2	13,481	5,200	0,105931
ZONA(PROT)	7,778	3	2,593	0,561	0,642107
Error	471,556	102	4,623		
Pooling zona+error					
Intercept	3651,704	1	3651,704	799,9212	0,000000
PROT	26,963	2	13,481	2,9532	0,056523
Error	479,333	105	4,565		

En comparar les zones d'estudi com a entitats singulars, tant la profunditat mitjana com la rugositat tenen un efecte molt significatiu sobre la riquesa. Sense el seu efecte, les diferències entre zones són molt significatives de forma general (Taula 3), però no es concreten en els tests aparellats *a posteriori* (Taula 4).

Taula 3. Anàlisi de la covariància sobre la riquesa d'espècies vulnerables i el factor Lloc (=zona o estació de mostreig), amb les covariables ProfM (profunditat mitjana) i RUG (rugositat). SQ= suma de quadrats, GLL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test F, p: significança estadística (**vermell= significatiu per a $p<0,05$**).

	SQ	GLL	MQ	F	p
Intercept	0,2167	1	0,21674	0,05388	0,816926
Lloc	77,4036	5	15,48072	3,84812	0,003133
ProfM	50,0905	1	50,09050	12,45126	0,000633
RUG	25,9274	1	25,92735	6,44490	0,012669
Error	402,2925	100	4,02293		

Taula 4. Valor de p dels tests *a posteriori* de Tukey sobre la variació de la riquesa mitjana entre parells d'estacions. (**vermell= significatiu per a $p<0,05$**).

Lloc	Espardelló	Espardell	Es Banc	Espalmador	S. p. Prima	S. Serra
Espardelló		0,961	0,975	1,000	0,918	0,668
Espardell	0,961		1,000	0,888	0,453	0,193
Es Banc	0,975	1,000		0,918	0,506	0,228
Espalmador	1,000	0,888	0,918		0,975	0,813
Sud punta Prima	0,918	0,453	0,506	0,975		0,996
Sol d'en Serra	0,668	0,193	0,228	0,813	0,996	

A la figura 5 pot observar-se que els resultats actuals a les reserves integral i parcial són conseqüència d'un procés temporal d'increment en el nombre d'espècies vulnerables. A la reserva integral no hi havia més de 2-3 espècies/250m² just un any després de la declaració de la reserva, superant-se les 6 espècies/250 m² ja d'ençà el 2016. A la reserva parcial s'ha observat un procés semblant, on la zona d'Es Banc supera les 6 espècies mentre que l'altra, s'Espalmador, se situa entre 5 i 6 espècies/250m². Contràriament al que era esperable, les zones control també han mostrat un increment del nombre mitjà d'espècies, que s'ha pogut constatar tan sols al sud de punta Prima. La zona del Sol d'en Serra, a Eivissa, que ha substituït els controls de punta Rasa i punta de sa Creu, presenta ara un valor molt semblant al del sud de punta Prima (Fig. 4).

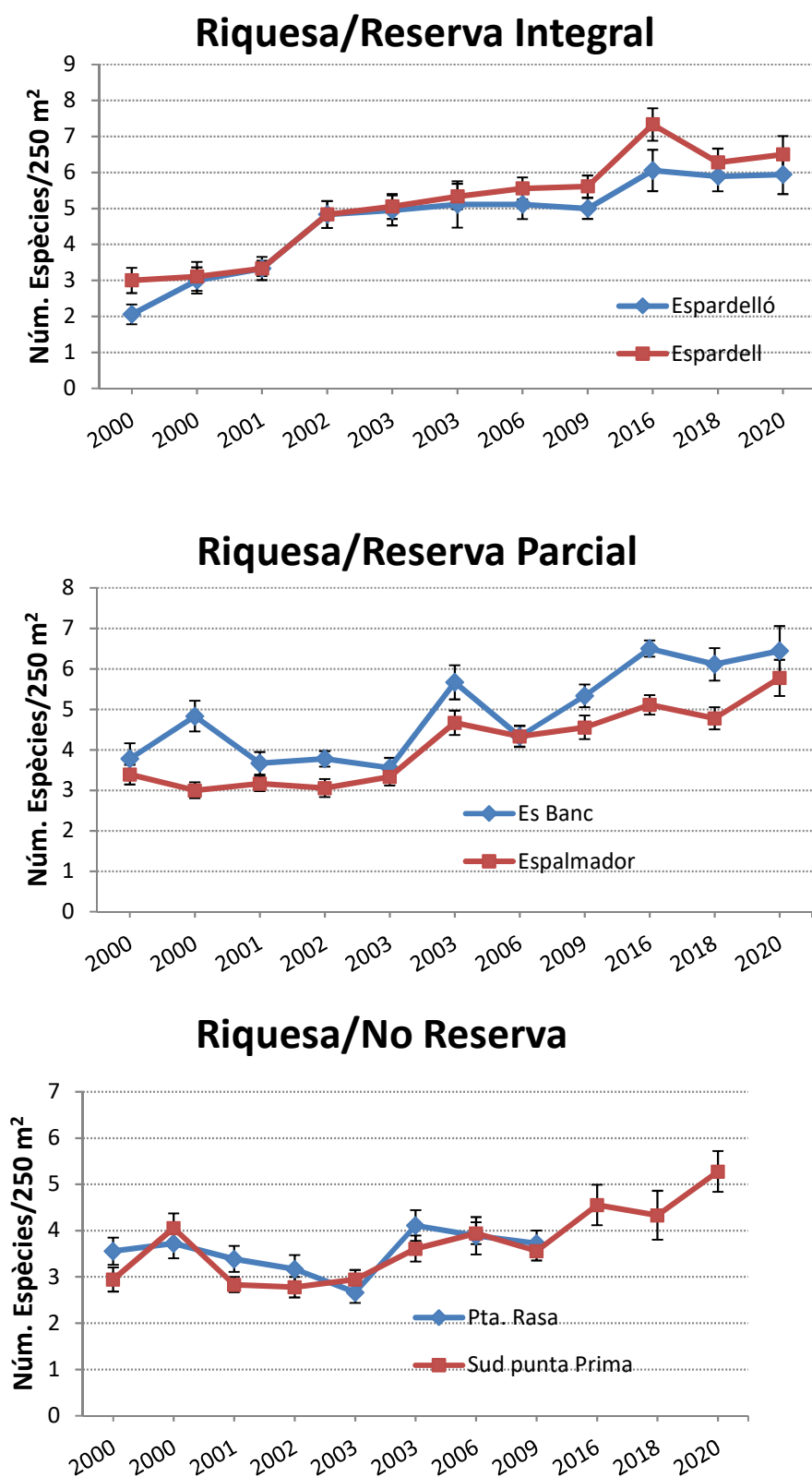


Figura 5. Evolució temporal de la riquesa mitjana (Nombre d'espècies/250 m²) a les 11 campanyes efectuades entre 2000 i 2020 dins les zones 1 i 2 de la reserva integral, reserva parcial i àrea control.

3.2. L'abundància de peixos demersals

L'efecte del nivell de protecció sobre la densitat de peixos està en el límit de la significança estadística ($p=0,054$. Taula 5). La reserva integral i parcial presenten una densitat mitjana molt semblant, al voltant dels 50 ind./250 m² en front de tan sols 30 ind./250 m² a les zones control (Fig. 6). Si s'observa l'evolució temporal d'aquest indicador, incrementant-se entre un 50% i un 100% entre 2000 i 2020 (Fig. 7) és plausible considerar com a significatiu el nivell de $p=0,054$. Aquesta evolució mostra que hi ha un procés ecològic tangible al darrere dels majors valors mitjans observats a les zones protegides, i el 5,4% de probabilitat que realment els diferents nivells de protecció presentin la mateixa densitat mitjana de peixos es pot considerar baix.

Taula 5. Anàlisi de la variància sobre la densitat d'espècies vulnerables i els factors Protecció i Zona (dins protecció). SQ= suma de quadrats, GLL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test F, p: significança estadística (**vermell= significatiu per a $p<0,05$**).

	SQ	GLL	MQ	F	p
Intercept	205059,6	1	205059,6	73,92890	0,003307
PROT	11186,7	2	5593,4	2,01654	0,278588
ZONA(PROT)	8321,2	3	2773,7	1,51007	0,216425
Error	187356,4	102	1836,8		
Pooling zona+error					
Intercept	205059,6	1	205059,6	110,0343	0,000000
PROT	11186,7	2	5593,4	3,0014	0,054002
Error	195677,7	105	1863,6		

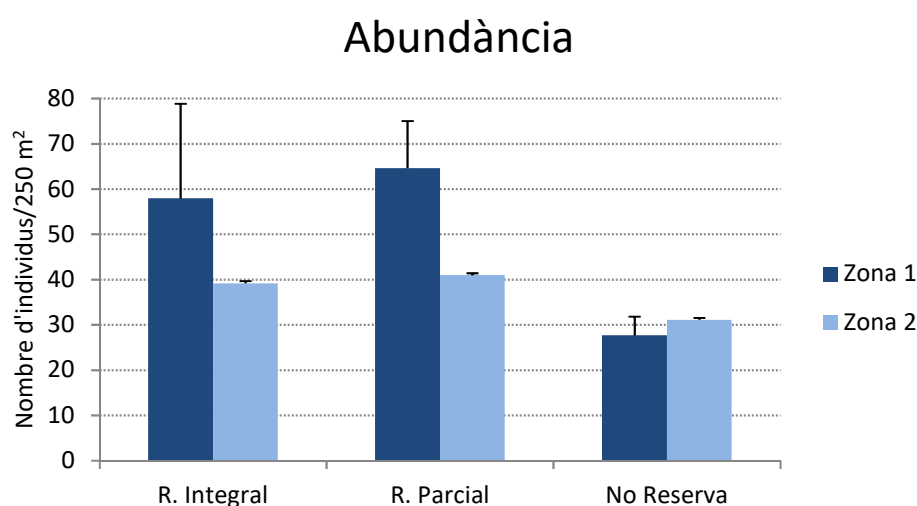


Figura 6. Densitat mitjana (Nombre de peixos/250 m²±EE) a cadascuna de les dues zones establertes en el seguiment de la reserva integral, reserva parcial i zones control el 2020. Reserva integral (Zona 1= Espardelló. Zona 2= Espardell). Reserva Parcial (Zona 1= Es Banc. Zona 2= s'Espalmador). Zones control no protegides (Zona 1= Sol d'en Serra. Zona 2: sud de punta Prima).

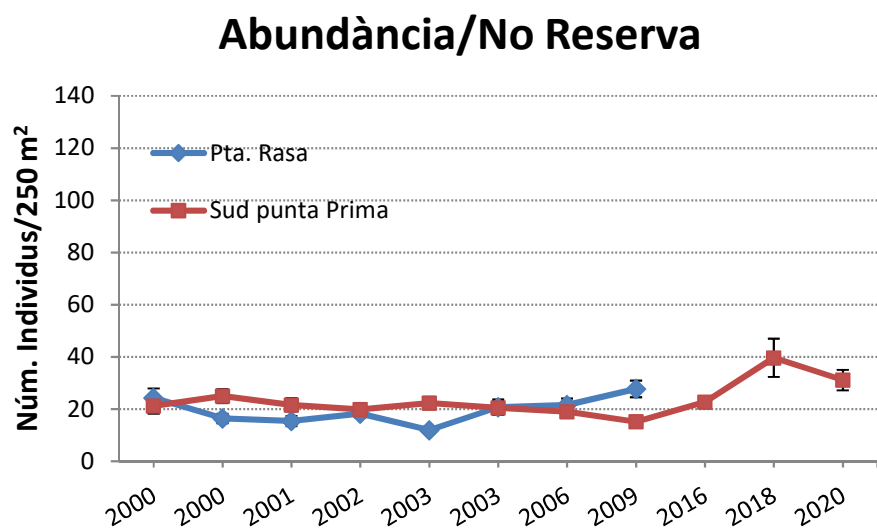
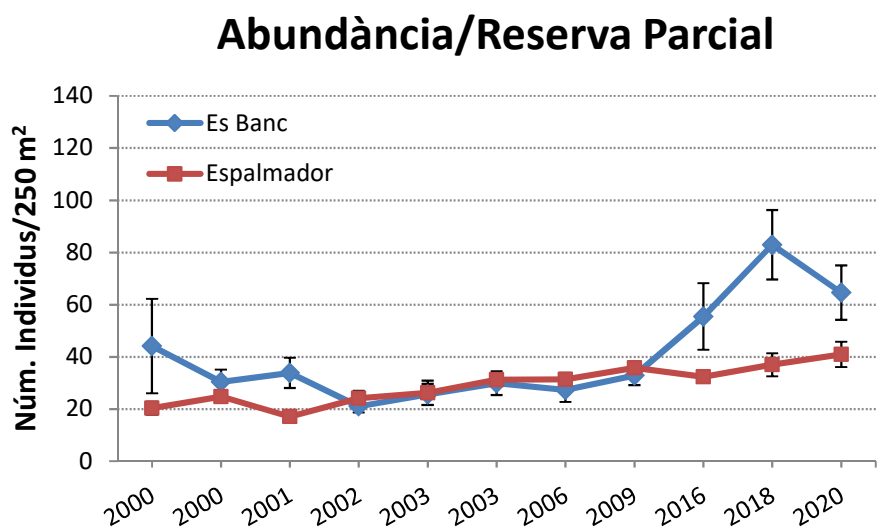
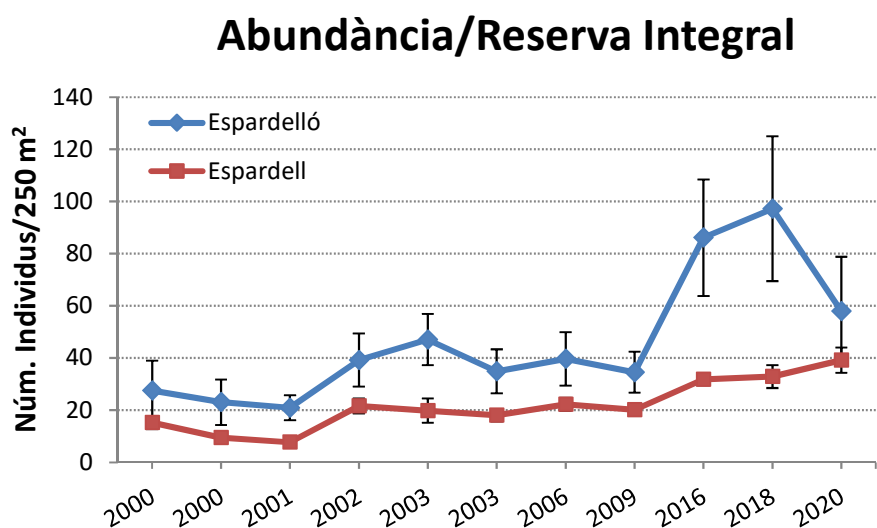


Figura 7. Evolució temporal de la densitat mitjana (Nombre de peixos/250 m²±EE) a les 11 campanyes efectuades entre 2000 i 2020 dins les zones 1 i 2 de la reserva integral, reserva parcial i àrea control.

A les taules 6-11 es pot apreciar com un bon conjunt d'espècies han augmentat la seva densitat entre les dues primeres campanyes (maig i octubre de 2000) i les dues darreres (octubre de 2018 i 2020) dins les zones protegides; espècies entre les què cal citar: *D. vulgaris*, *D. sargus*, *S. cantharus*, *L. merula*, *L. viridis*, *S. umbra*, *M. helena*, *S. scrofa* i *E. marginatus*; i que contribueixen de forma important en l'indicador tractat aquí.

Tal com ha succeït amb la riquesa, l'abundància de peixos també ha augmentat al control per al qual s'ha pogut completar tota la sèrie temporal (sud de punta Prima) (Fig. 7), amb espècies que al menys nominalment mostren una densitat superior: *D. vulgaris*, *S. cantharus*, *L. merula*, *L. viridis* i *S. umbra* (Taula 11).

Taula 6. Densitat mitjana (Núm. Individus/250 m²) i error estàndard per a les espècies vulnerables censades en el primer (2000) i en els dos darrers anys de seguiment (2018 i 2020) dins el lloc d'estudi d'Espardelló (Reserva Integral).

Espardelló								
	Maig 2000		Octubre 2000		Octubre 2018		Octubre 2020	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Auxis rochei</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Euthynnus alletteratus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	2,5	2,5	0,2	0,2	1,1	0,7
<i>Lichia amia</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sarda sarda</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sphyaena viridensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	5,6
<i>Caranx crysos</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Dentex dentex</i>	0,3	0,3	0,0	0,0	0,5	0,3	0,3	0,2
<i>Diplodus cervinus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,8	0,2	1,1	0,2	0,8	0,2	0,8	0,2
<i>Diplodus sargus</i>	1,1	0,7	1,3	0,6	3,5	0,8	3,8	0,8
<i>Diplodus vulgaris</i>	25,2	11,5	19,5	8,3	77,8	28,2	37,9	19,2
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0,0	0,0	0,2	0,1	3,3	1,1	5,8	3,1
<i>Pomadasys incisus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sparus aurata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus costae</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,1	0,1	0,4	0,1	3,6	0,4	1,7	0,3
<i>Epinephelus caninus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Labrus merula</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	2,5	0,3	2,2	0,3
<i>Labrus viridis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,3	0,1
<i>Sciaena umbra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	2,0	3,8	1,2
<i>Conger conger</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Gymnothorax unicolor</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>Muraena helena</i>	0,0	0,0	0,2	0,1	0,3	0,1	0,5	0,2
<i>Scorpaena porcus</i>	0,2	0,2	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,3	1,0	0,2
<i>Scorpaena notata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Phycis phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Taula 7. Densitat mitjana (Núm. Individus/250 m²) i error estàndard per a les espècies vulnerables censades en el primer (2000) i en els dos darrers anys de seguiment (2018 i 2020) dins el lloc d'estudi d'Espardell (Reserva Integral).

Espardell								
	Maig 2000		Octubre 2000		Octubre 2018		Octubre 2020	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Auxis rochei</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Euthynnus alletteratus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	1,5	1,4	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Lichia amia</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sarda sarda</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sphyraena viridensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Caranx crysos</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Dentex dentex</i>	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2
<i>Diplodus cervinus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,5	0,2	0,9	0,2	1,2	0,3	1,0	0,3
<i>Diplodus sargus</i>	0,6	0,2	0,8	0,2	3,1	0,7	2,2	0,4
<i>Diplodus vulgaris</i>	12,6	2,5	5,9	1,2	17,4	3,9	25,4	4,3
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	0,2	0,2	0,1	0,1	2,3	0,9	1,8	0,5
<i>Pomadasys incisus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sparus aurata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus costae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,6	0,2	1,0	0,3	2,1	0,4	2,2	0,4
<i>Epinephelus caninus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Labrus merula</i>	0,1	0,1	0,3	0,1	3,3	0,5	2,2	0,4
<i>Labrus viridis</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,9	0,2	0,8	0,3
<i>Sciaena umbra</i>	0,0	0,0	0,3	0,2	2,4	0,7	2,7	0,6
<i>Conger conger</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Gymnothorax unicolor</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Muraena helena</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,3	0,1
<i>Scorpaena porcus</i>	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,3	0,2	0,0	0,0	0,2	0,1	0,6	0,1
<i>Scorpaena notata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Phycis phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Taula 8. Densitat mitjana (Núm. Individus/250 m²) i error estàndard per a les espècies vulnerables censades en el primer (2000) i en els dos darrers anys de seguiment (2018 i 2020) dins el lloc d'estudi de Es Banc (Reserva Parcial).

Es Banc								
	Maig 2000		Octubre 2000		Octubre 2018		Octubre 2020	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Auxis rochei</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Euthynnus alletteratus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	0,1	0,1	0,7	0,5	1,4	0,7	11,5	8,6
<i>Lichia amia</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sarda sarda</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sphyraena viridensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Caranx crysos</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Dentex dentex</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus cervinus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,8	0,2	0,8	0,2	0,9	0,3	1,1	0,3
<i>Diplodus sargus</i>	5,5	1,7	8,3	1,4	12,1	1,9	12,1	1,8
<i>Diplodus vulgaris</i>	34,3	17,5	15,7	4,4	60,8	13,2	40,3	9,5
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	2,6	1,0	2,6	1,0	2,2	1,3	2,0	0,7
<i>Pomadasys incisus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sparus aurata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus costae</i>	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	0,1
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,2	0,1	1,0	0,3	2,0	0,4	2,1	0,4
<i>Epinephelus caninus</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1
<i>Labrus merula</i>	0,3	0,2	0,6	0,2	1,0	0,2	1,2	0,3
<i>Labrus viridis</i>	0,2	0,1	0,4	0,2	0,2	0,1	0,5	0,2
<i>Sciaena umbra</i>	0,0	0,0	0,6	0,3	3,1	1,1	4,6	1,2
<i>Conger conger</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Gymnothorax unicolor</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Muraena helena</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1
<i>Scorpaena porcus</i>	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2
<i>Scorpaena notata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Phycis phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Taula 9. Densitat mitjana (Núm. Individus/250 m²) i error estàndard per a les espècies vulnerables censades en el primer (2000) i en els dos darrers anys de seguiment (2018 i 2020) dins el lloc d'estudi d'Espalmador (Reserva Parcial).

s'Espalmador								
	Maig 2000		Octubre 2000		Octubre 2018		Octubre 2020	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Auxis rochei</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Euthynnus alletteratus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	2,9	2,8
<i>Lichia amia</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sarda sarda</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sphyræna viridensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0
<i>Caranx crysos</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Dentex dentex</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus cervinus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,9	0,2	0,6	0,2	0,5	0,2	1,4	0,5
<i>Diplodus sargus</i>	9,2	1,4	14,1	2,3	9,7	1,8	10,9	1,6
<i>Diplodus vulgaris</i>	8,8	1,4	9,4	1,7	21,6	4,1	22,5	3,6
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	0,7	0,7	0,0	0,0	1,6	0,5	0,9	0,5
<i>Pomadasys incisus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sparus aurata</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Epinephelus costae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,1	0,1	0,2	0,1	1,9	0,3	1,6	0,3
<i>Epinephelus caninus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1
<i>Labrus merula</i>	0,3	0,1	0,3	0,1	1,2	0,3	1,1	0,3
<i>Labrus viridis</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	0,2
<i>Sciaena umbra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	1,6	0,6
<i>Conger conger</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Gymnothorax unicolor</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Muraena helena</i>	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
<i>Scorpaena porcus</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Scorpaena notata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Phycis phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Taula 10. Densitat mitjana (Núm. Individus/250 m²) i error estàndard per a les espècies vulnerables censades en el primer (2000) i en els dos darrers anys de seguiment (2018 i 2020) dins els llocs d'estudi de punta Rasa, punta de Sa Creu i Es Sol d'En Serra (No Reserva).

	Punta Rasa				Punta Sa Creu		Sol d'En Serra	
	Maig 2000		Octubre 2000		Octubre 2018		Octubre 2020	
	Mitjana	EE	Mitjan	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
	a							
<i>Auxis rochei</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Euthynnus alletteratus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	1,8	0,3	0,3
<i>Lichia amia</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sarda sarda</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sphyraena viridensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	19,3	11,5	0,1	0,1
<i>Caranx crysos</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Dentex dentex</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus cervinus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,6	0,2	0,4	0,2	2,0	0,4	0,8	0,2
<i>Diplodus sargus</i>	5,1	1,1	6,2	1,2	8,8	1,8	3,9	0,7
<i>Diplodus vulgaris</i>	15,1	3,2	7,7	0,8	37,4	6,4	18,9	3,8
<i>S. cantharus</i>	2,6	1,1	0,6	0,3	2,4	1,1	0,2	0,1
<i>Pomadasys incisus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1
<i>Sparus aurata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Epinephelus costae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,2	0,2	0,1
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,1	0,1	0,3	0,1	2,0	0,4	0,3	0,1
<i>Epinephelus caninus</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>Labrus merula</i>	0,2	0,1	0,5	0,1	0,6	0,2	0,6	0,2
<i>Labrus viridis</i>	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	0,1
<i>Sciaena umbra</i>	0,1	0,1	0,3	0,1	3,2	0,9	2,1	0,7
<i>Conger conger</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Gymnothorax unicolor</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Muraena helena</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Scorpaena porcus</i>	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Scorpaena notata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Phycic phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Taula 11. Densitat mitjana (Núm. Individus/250 m²) i error estàndard per a les espècies vulnerables censades en el primer (2000) i en els dos darrers anys de seguiment (2018 i 2020) dins els lloc d'estudi del sud de punta Prima (No Reserva).

Sud punta Prima								
	Maig 2000		Octubre 2000		Octubre 2018		Octubre 2020	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Auxis rochei</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Euthynnus alletteratus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	0,2	0,1	0,1	0,1	2,0	1,7	0,3	0,2
<i>Lichia amia</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sarda sarda</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sphyraena viridensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	12,2
<i>Caranx crysos</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Dentex dentex</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
<i>Diplodus cervinus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,4	0,2	1,1	0,3	1,0	0,3	1,4	0,3
<i>Diplodus sargus</i>	6,0	1,0	8,6	1,3	6,3	1,1	6,0	0,8
<i>Diplodus vulgaris</i>	14,2	2,4	13,7	1,7	30,1	7,2	19,3	3,5
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,9	0,4
<i>Pomadasys incisus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sparus aurata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus costae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,2	0,1	0,6	0,2	0,4	0,2	0,3	0,1
<i>Epinephelus caninus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Labrus merula</i>	0,0	0,0	0,3	0,1	0,3	0,2	1,6	0,2
<i>Labrus viridis</i>	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,4	0,2
<i>Sciaena umbra</i>	0,1	0,1	0,3	0,2	1,1	0,7	0,7	0,4
<i>Conger conger</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Gymnothorax unicolor</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Muraena helena</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena porcus</i>	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,3	0,2
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Scorpaena notata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Phycic phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

L'anàlisi individualitzat de les zones d'estudi amb les seves covariables d'hàbitat indica que la variació de la rugositat i de la fondària dins l'àrea d'estudi ha influït poc en l'abundància de peixos ($p > 0,4$ en cada cas) i que el factor principal (zona) no és estrictament significatiu ($p = 0,05$) però mostra una probabilitat baixa de cometre un error ($p = 0,09$ o del 9%) si afirmem que hi ha diferències de densitat entre zones (Taula 7).

Taula 7. Anàlisi de la covariància sobre la densitat d'espècies vulnerables i el factor Lloc (=zona o estació de mostreig), amb les covariables ProfM (profunditat mitjana) i RUG (rugositat). SQ= suma de quadrats, GLL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test F, p: significança estadística (**vermell= significatiu per a $p < 0,05$**).

	SQ	GLL	MQ	F	p
Intercept	1155,2	1	1155,180	0,624922	0,431095
Lloc	17756,1	5	3551,226	1,921119	0,097408
ProfM	956,2	1	956,235	0,517298	0,473674
RUG	1289,8	1	1289,759	0,697725	0,405540
Error	184852,0	100	1848,520		



3.3. Les distribucions de talles de les espècies més freqüents i abundants

La variada *Diplodus vulgaris*

A la figura 8 es pot observar com al llarg dels anys s'ha produït un veritable canvi en la distribució de talles d'aquesta espècie dins la reserva integral, incrementant-se la freqüència de talles grosses amb l'excepció del darrer any, quan s'observà una menor freqüència de les talles més grosses (>24 cm) respecte al 2018.

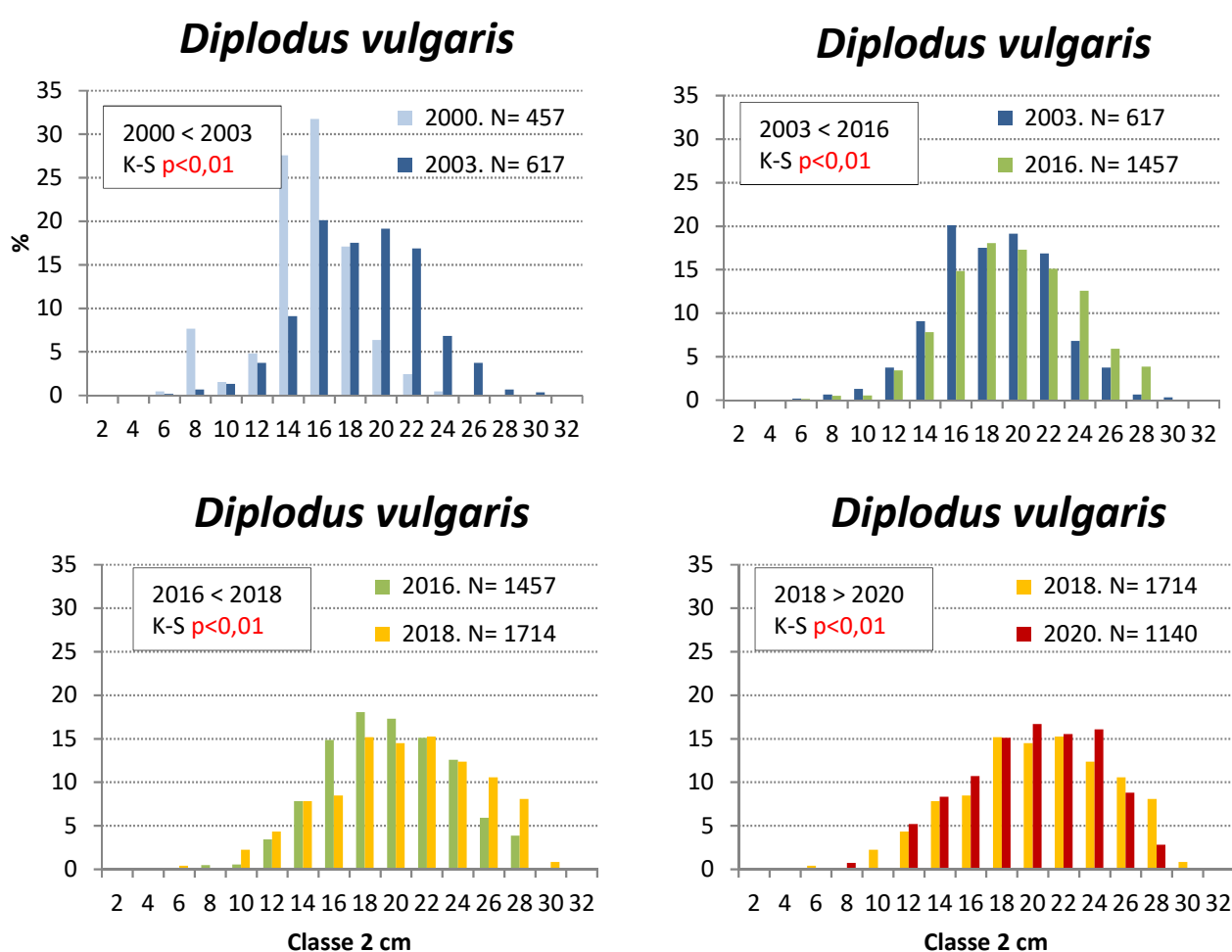


Figura 8. Distribució de freqüències (%) de talla (classe de 2 cm) per a l'espècie *Diplodus vulgaris* dins la reserva integral en les campanyes del mes d'octubre de 2000, 2003, 2016, 2018 i 2020. Resultats d'un test de Kolmogorov-Smirnov entre parells d'anys (vermell= significatiu per a $p < 0,05$).

La talla mitjana respon igualment, amb un increment, des dels 15,3 cm a l'octubre de 2000 fins als ≈ 20 cm dels darrers 5 anys de seguiment (2016-2020) (Taula 8). Aquests canvis els detecta l'anàlisi de freqüències K-S, que dona diferències significatives entre tots els anys comparats (Fig. 8). Tot i haver talles més grosses en els anys consecutius de la comparativa, el signe del canvi en la darrera campanya és, com ja s'ha comentat, de minva respecte el 2018, amb mitjanes lleugerament però significativament diferents (Fig. 8).

Taula 8. Estadística descriptiva (N= nombre d'individus, talla mitjana, talles mínima i màxima, i desviació estàndard) per a les talles de *D. vulgaris* dins la reserva integral al llarg de cinc anys.

	N	Mitjana	mínima	Màxima	Desv. Est.
2000	457	15,3	6,0	24,0	3,2
2003	617	18,7	6,0	30,0	3,8
2016	1457	19,6	6,0	28,0	4,1
2018	1714	20,4	6,0	30,0	4,8
2020	1140	19,9	6,0	28,0	4,2

Malgrat la minva esmentada, la comparació entre nivells de protecció al 2020 ens indica diferències significatives degudes a una distribució amb talles majors dins la reserva integral (Mitjana $\pm$ Desv.Est= 19,9 $\pm$ 4,2 cm) respecte a la reserva parcial (17,9 $\pm$ 4,1 cm) i els controls (18,1 $\pm$ 4,3 cm) (Fig. 9). La reserva parcial no ha diferit de forma significativa de les zones control (Fig. 9).

Diplodus vulgaris 2020

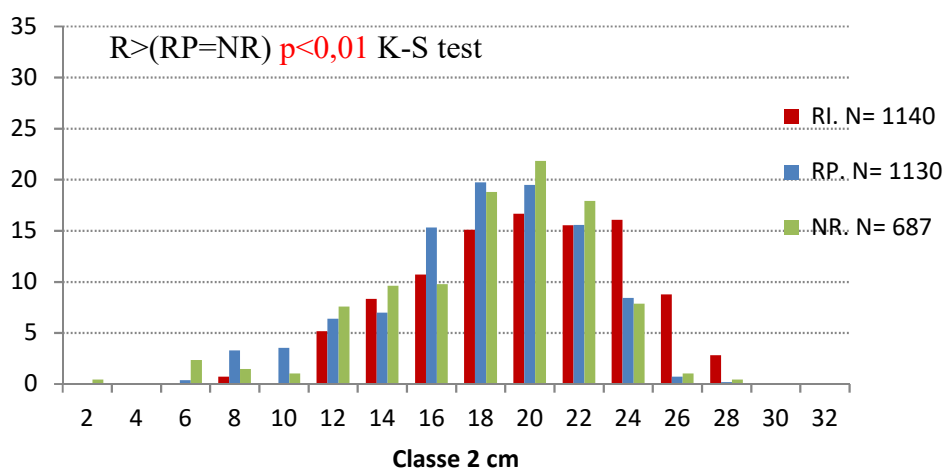


Figura 9. Distribució de freqüències (%) de talla (classe de 2 cm) per a l'espècie *Diplodus vulgaris* en la campanya d'octubre de 2020 a la reserva integral, reserva parcial i zones control. Resultats d'un test de Kolmogorov-Smirnov entre cada nivell de protecció (**vermell= significatiu per a $p<0,05$**).

El sard *Diplodus sargus*

Aquesta espècie també ha mostrat canvis d'increment significatiu en tots els anys, menys en la comparació de 2016 i 2018, que malgrat trobar-se una mitjana major el 2018, la diferència no fou significativa (Fig. 10 i Taula 9). Les talles mitjanes i modals més grosses s'han observat els dos darrers anys d'estudi. El 2018 la mitjana $\pm$ desv.est. fou de 25,8 $\pm$ 4,2 cm, amb una moda de 26 cm, en front de la mitjana $\pm$ desv.est. de 27,7 $\pm$ 3,4 i moda de 28 cm el 2020. Fou en aquest darrer any quan també s'observà la major talla màxima (40 cm) (Taula 9).

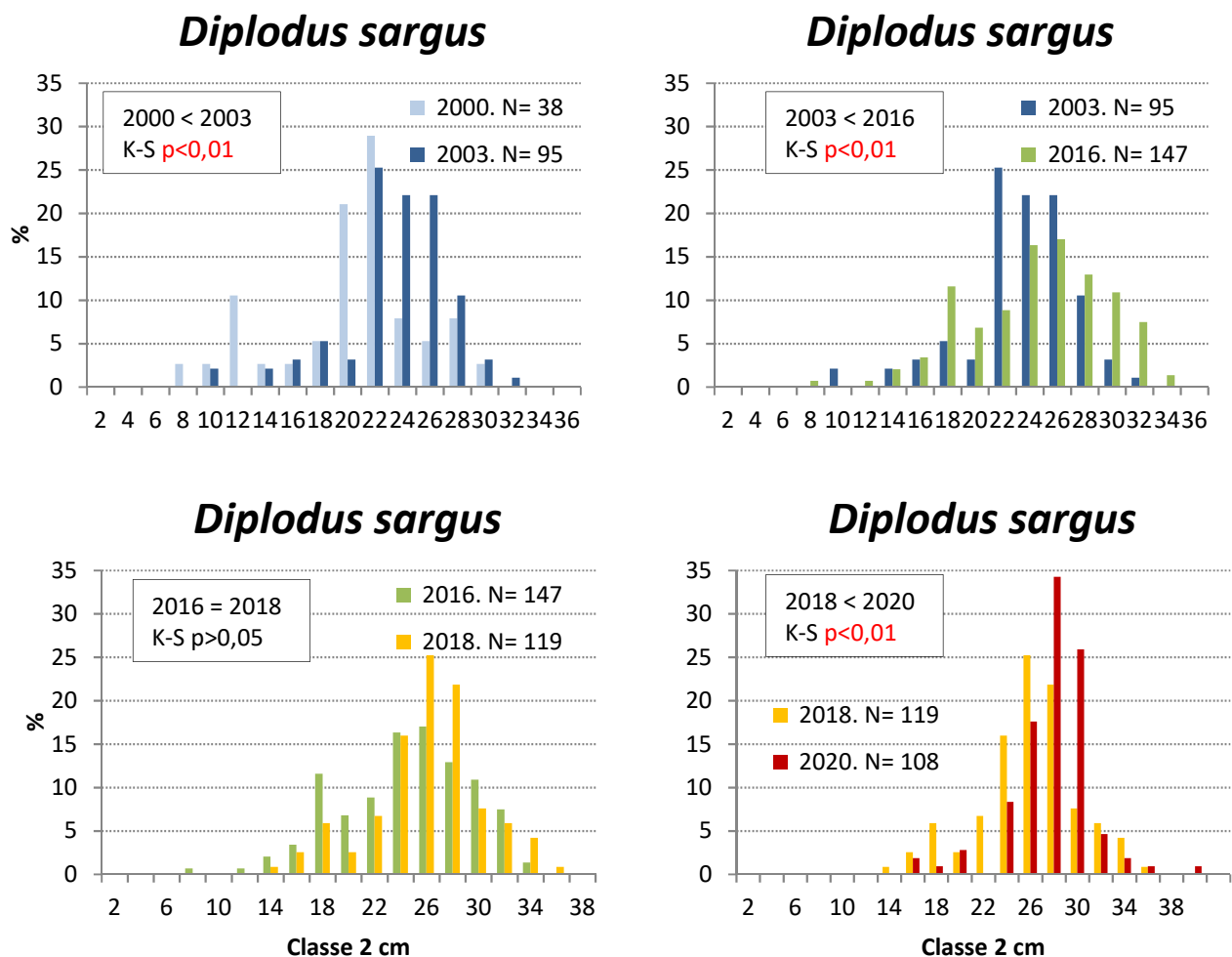


Figura 10. Distribució de freqüències (%) de talla (classe de 2 cm) per a l'espècie *Diplodus sargus* dins la reserva integral en les campanyes del mes d'octubre de 2000, 2003, 2016, 2018 i 2020. Resultats d'un test de Kolmogorov-Smirnov entre parells d'anys (vermell= significatiu per a $p<0,05$).

Taula 9. Estadística descriptiva (N= nombre d'individus, talla mitjana, talles mínima i màxima, i desviació estàndard) per a les talles de *D. sargus* dins la reserva integral al llarg de cinc anys.

	N	Mitjana	mínima	Màxima	Desv. Est.
2000	38	20,3	8,0	30,0	5,2
2003	95	23,4	10,0	32,0	4,0
2016	147	24,4	8,0	34,0	5,0
2018	119	25,8	14,0	35,0	4,2
2020	108	27,7	16,0	40,0	3,4

Aquest increment continuat de sards grossos dins la reserva integral fa que el 2020 tinguem una distribució de talles significativament diferent, amb una major freqüència de classes grosses i major talla mitjana dins la reserva integral ($27,7 \pm 3,4$ cm) respecte a la reserva parcial ($20,3 \pm 6,3$) i als controls ($18,7 \pm 6,3$), i modes respectives de 28, 24 i 24 cm (Fig. 10). Aquestes diferències es donen amb una quantitat de sards molt menor a la reserva integral, tal com es pot observar als valors de N de la figura 11.

Diplodus sargus 2020

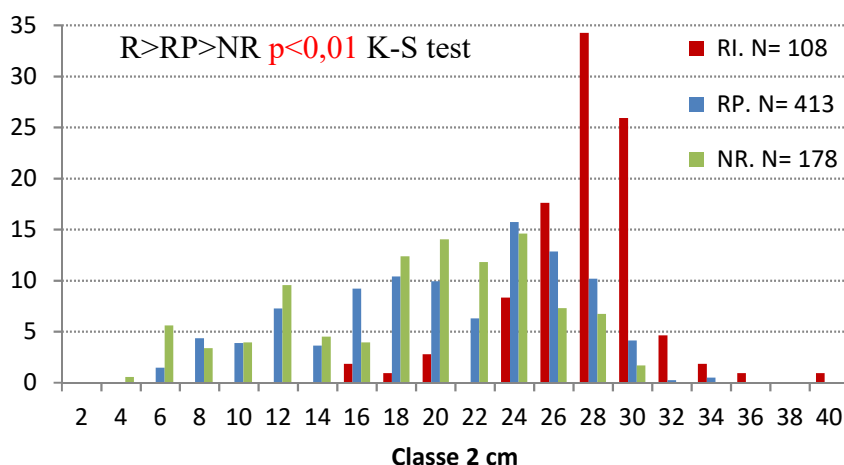


Figura 11. Distribució de freqüències (%) de talla (classe de 2 cm) per a l'espècie *Diplodus sargus* en la campanya d'octubre de 2020 a la reserva integral, reserva parcial i zones control. Resultats d'un test de Kolmogorov-Smirnov entre cada nivell de protecció (**vermell= significatiu per a $p < 0,05$**).

La morruda *Diplodus puntazzo*

El baix nombre d'individus d'aquesta espècie dins la zona de màxima protecció fa que, tot i esbrinar-se diferències gràfiques, la probabilitat d'afirmar que les distribucions dels successius anys són diferents quan realment no ho són, és massa elevada ($p > 0,1$) (Fig. 12). Es pot afirmar per tant que el temps de màxima protecció no ha produït grans canvis, com es pot

comprovar si ens fixam en la comparativa entre anys, fins el 2018 (Taula 10). Els pics de juvenils com els que es donen el mateix 2018 també juguen un paper important a l'hora de compensar qualsevol increment de talles més grosses. Tan sols en el darrer any (2020) s'ha observat una distribució de talles amb mitjana $\pm$ desv.est i moda superiors (26,8 $\pm$ 3,2 cm i 28 cm) respecte del 2018 (24,2 $\pm$ 5,3 cm i 24 cm). Aquesta situació provoca que, al 2020, la distribució de talles de la reserva integral sigui superior a la de l'àrea parcialment protegida (22,3 $\pm$ 5,6 cm) i a la dels controls (18,9 $\pm$ 6,2 cm) (Fig. 13).

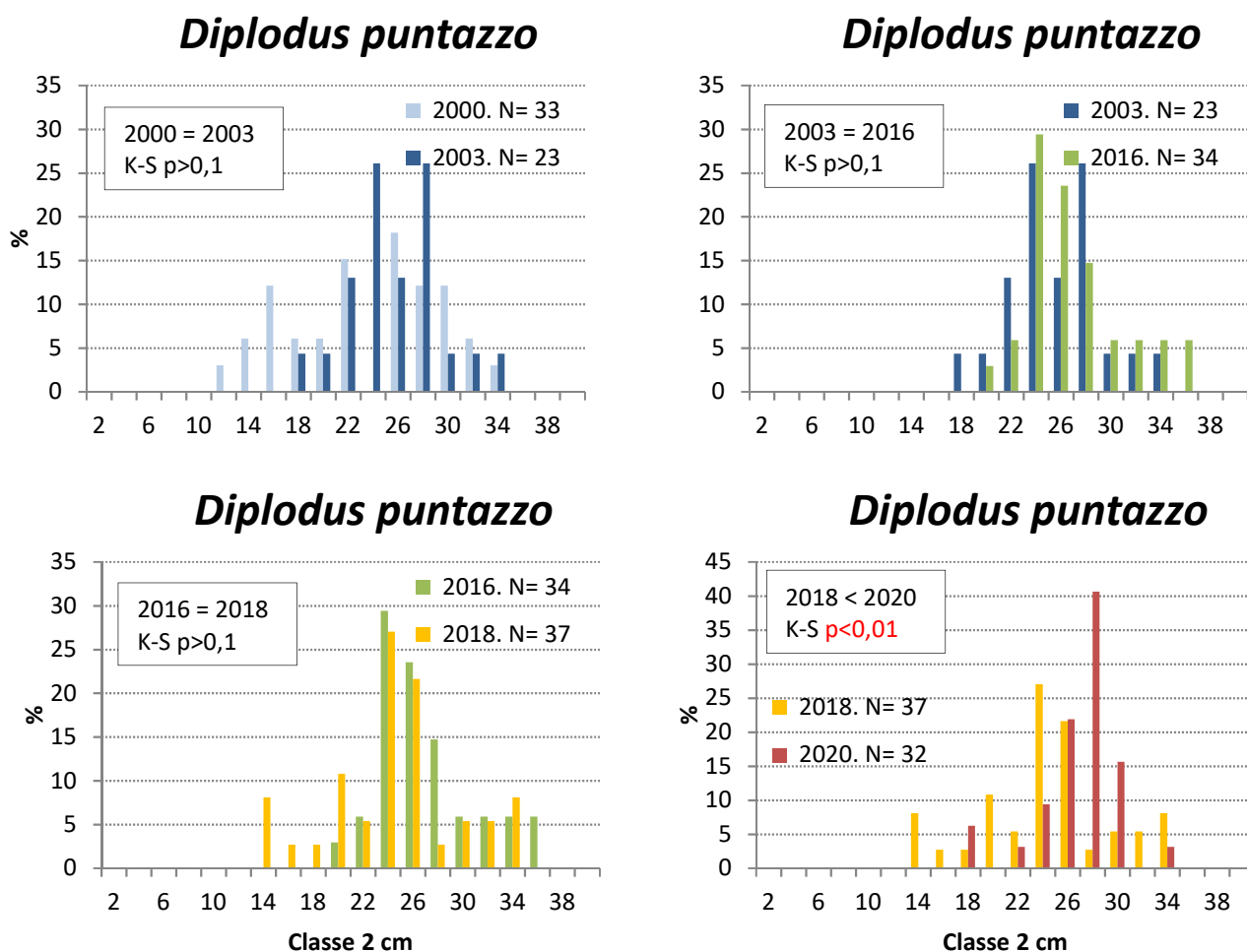


Figura 12. Distribució de freqüències (%) de talla (classe de 2 cm) per a l'espècie *Diplodus puntazzo* dins la reserva integral en les campanyes del mes d'octubre de 2000, 2003, 2016, 2018 i 2020. Resultats d'un test de Kolmogorov-Smirnov entre parells d'anys (**vermell= significatiu per a $p<0,05$**).

Taula 10. Estadística descriptiva (N= nombre d'individus, talla mitjana, talles mínima i màxima, i desviació estàndard) per a les talles de *D. puntazzo* dins la reserva integral al llarg de cinc anys.

	N	Mitjana	mínima	Màxima	Desv. Est.
2000	33	23,5	12,0	34,0	6,1
2003	23	25,7	18,0	34,0	3,7
2016	34	26,9	20,0	36,0	4,0
2018	37	24,2	13,0	34,0	5,3
2020	32	26,8	18,0	34,0	3,2

Diplodus puntazzo 2020

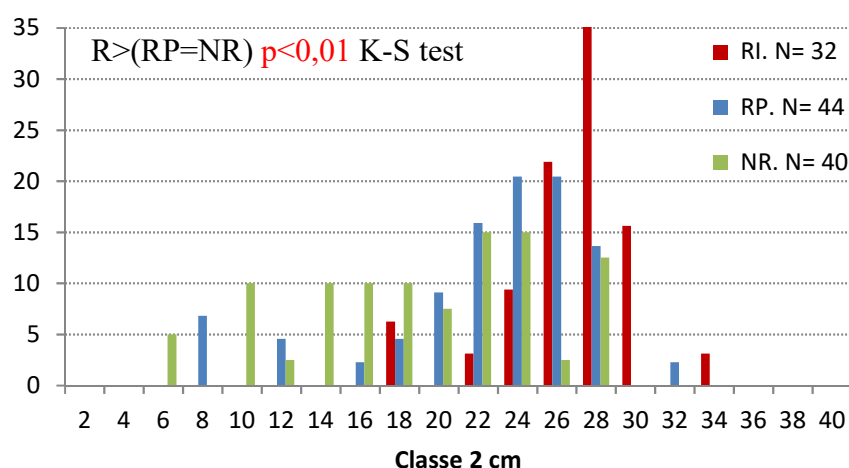


Figura 13. Distribució de freqüències (%) de talla (classe de 2 cm) per a l'espècie *Diplodus puntazzo* en la campanya d'octubre de 2020 a la reserva integral, reserva parcial i zones control. Resultats d'un test de Kolmogorov-Smirnov entre cada nivell de protecció (vermell= significatiu per a $p<0,05$).

El tord massot *Labrus merula*

El baix nombre d'individus en els primers anys d'estudi ens ha conduït a integrar la informació d'octubre de 2000 amb la d'octubre de 2003 per comparar-les amb el mateix mes d'anys posteriors. El 2016 s'observa una mitjana nominalment superior ($28,9\pm 10,8$ cm) a la dels primers anys ($26,0\pm 7,3$ cm) tot i que cap comparació ha resultat significativa (Fig. 14 i Taula 11). La major talla mitjana s'ha observat el 2020 ($29,8\pm 5,6$ cm), resultant en una

distribució significativament diferent, amb talles més grosses respecte a la reserva parcial ($26,7 \pm 4,7$ cm) i les zones control ($25,5 \pm 4,6$ cm) (Fig. 15).

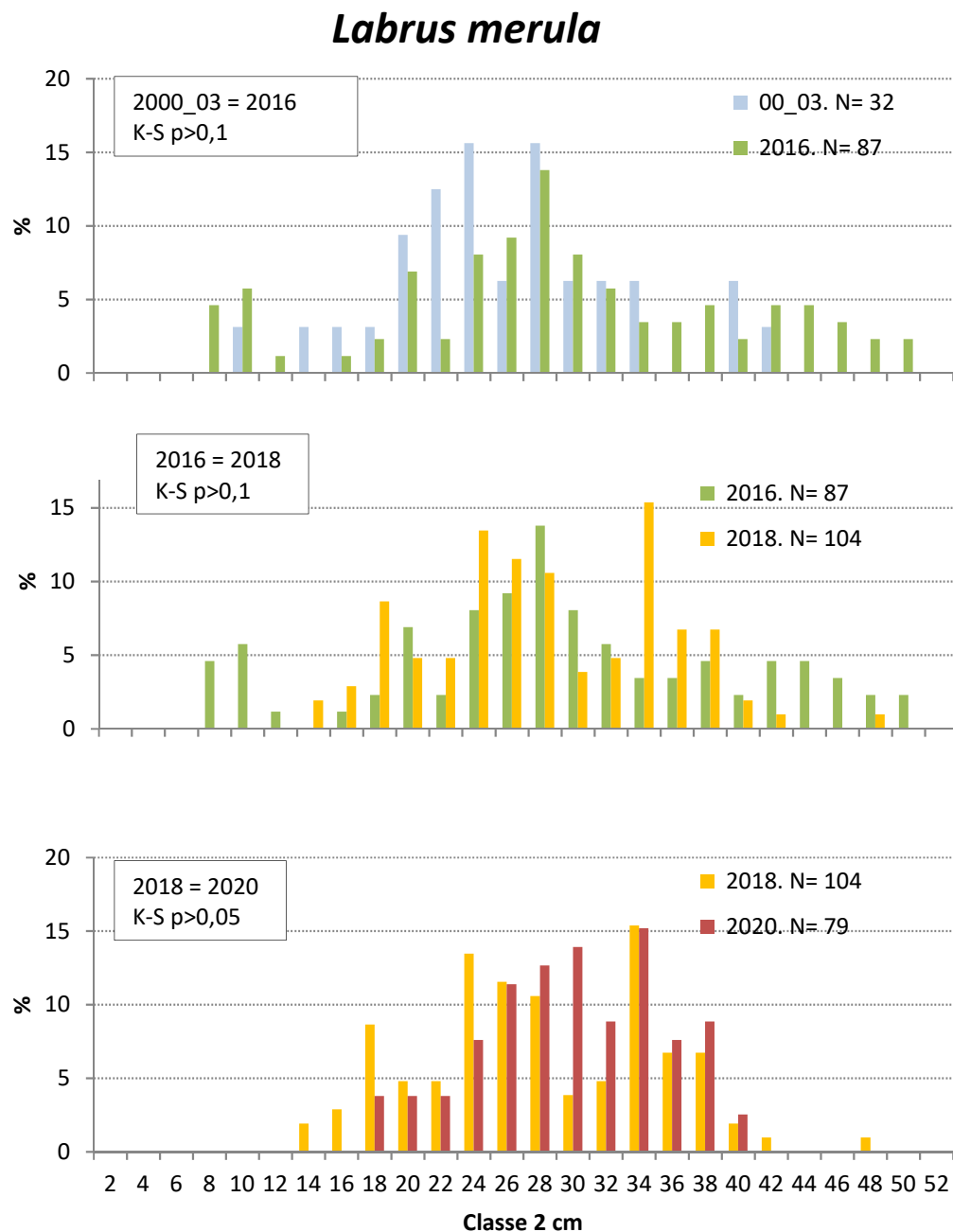


Figura 14. Distribució de freqüències (%) de talla (classe de 2 cm) per a l'espècie *Labrus merula* dins la reserva integral en les campanyes del mes d'octubre de 2000/2003, 2016, 2018 i 2020. Resultats d'un test de Kolmogorov-Smirnov entre parells d'anys (**vermell= significatiu per a $p < 0,05$**).

Taula 11. Estadística descriptiva (N= nombre d'individus, talla mitjana, talles mínima i màxima, i desviació estàndard) per a les talles de *L. merula* dins la reserva integral al llarg de cinc anys.

	N	Mitjana	mínima	Màxima	Desv. Est.
2000_2003	32	26,0	10,0	42,0	7,3
2016	87	28,9	8,0	50,0	10,8
2018	104	28,0	14,0	48,0	7,0
2020	79	29,8	18,0	40,0	5,6

Labrus merula 2020

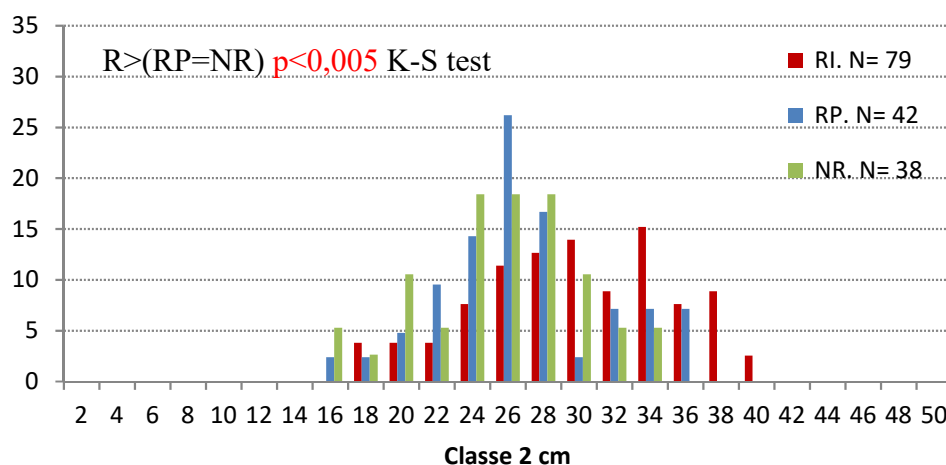


Figura 15. Distribució de freqüències (%) de talla (classe de 2 cm) per a l'espècie *Labrus merula* en la campanya d'octubre de 2020 a la reserva integral, reserva parcial i zones control. Resultats d'un test de Kolmogorov-Smirnov entre cada nivell de protecció (vermell= significatiu per a $p<0,05$).

L'escorball *Sciaena umbra*

D'igual forma que en el cas del tord massot, hem agrupat les dades de 2000 i 2003 per tal de comparar amb anys posteriors (Taula 12 i Fig. 16). Els canvis més accentuats dins la reserva integral els observam entre 2016 i 2018, amb un increment significatiu de la talla mitjana ($34,2\pm 7,6$ vs $38,0\pm 5,3$ cm), tot i que hi ha una minva de nou al 2020, quan les peces de major mida (>40 cm) van pràcticament desaparèixer del cens. La mitjana en aquest darrer any de 2020 és inferior ($33,8\pm 6,4$ cm) a l'esmentada de 2018, però significativament superior a les mitjanes de la reserva parcial ($29,3\pm 9,0$ cm) i de les zones control ($26,9\pm 5,6$ cm) (Fig. 17). Cal ressaltar, així mateix, que la major quantitat i proporció d'individus joves (< 20 cm) s'ha observat a les zones parcialment protegides de Es Banc i de s'Espalmador.

Sciaena umbra

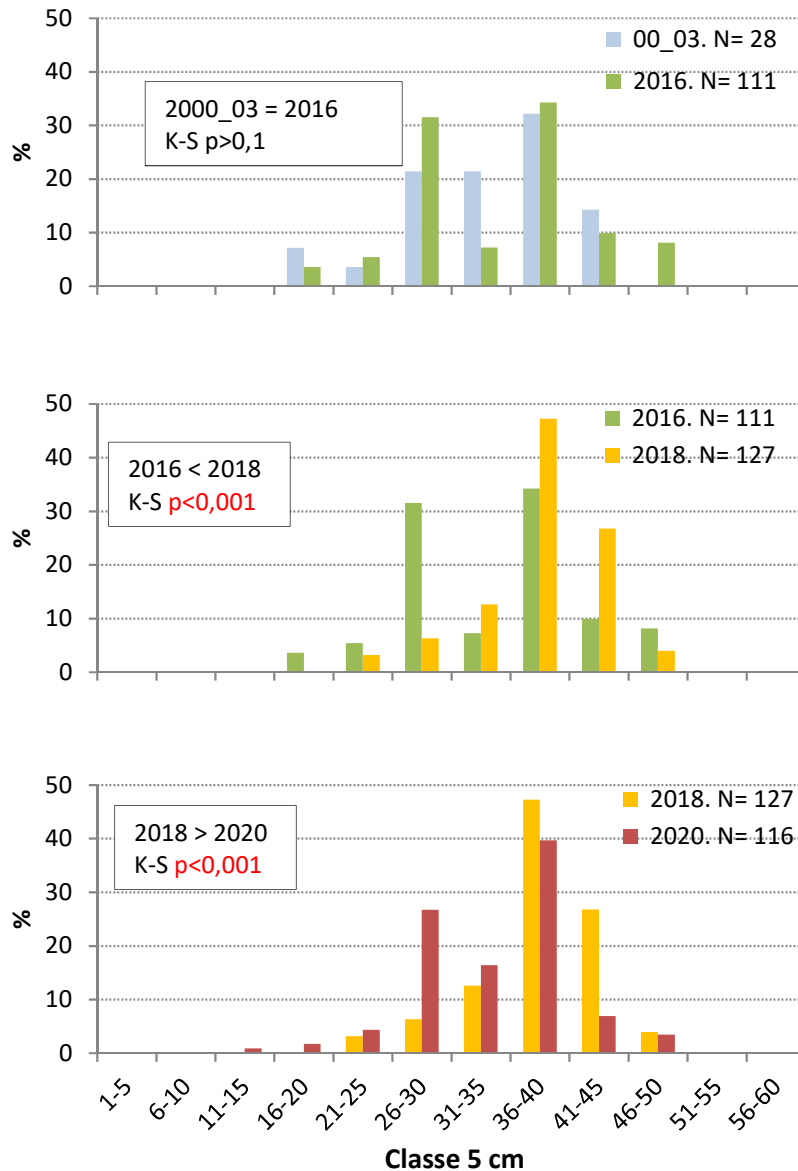


Figura 16. Distribució de freqüències (%) de talla (classe de 2 cm) per a l'espècie *Sciaena umbra* dins la reserva integral en les campanyes del mes d'octubre de 2000/2003, 2016, 2018 i 2020. Resultats d'un test de Kolmogorov-Smirnov entre parells d'anys (**vermell= significatiu per a $p < 0,05$**).

Taula 12. Estadística descriptiva (N= nombre d'individus, talla mitjana, talles mínima i màxima, i desviació estàndard) per a les talles de *S. umbra* dins la reserva integral al llarg de cinc anys.

	N	Mitjana	mínima	Màxima	Desv. Est.
2000_2003	28	34,3	20,0	45,0	6,7
2016	111	34,2	16,0	48,0	7,6
2018	127	38,0	22,0	50,0	5,3
2020	116	33,8	14,0	50,0	6,4

Sciaena umbra 2020

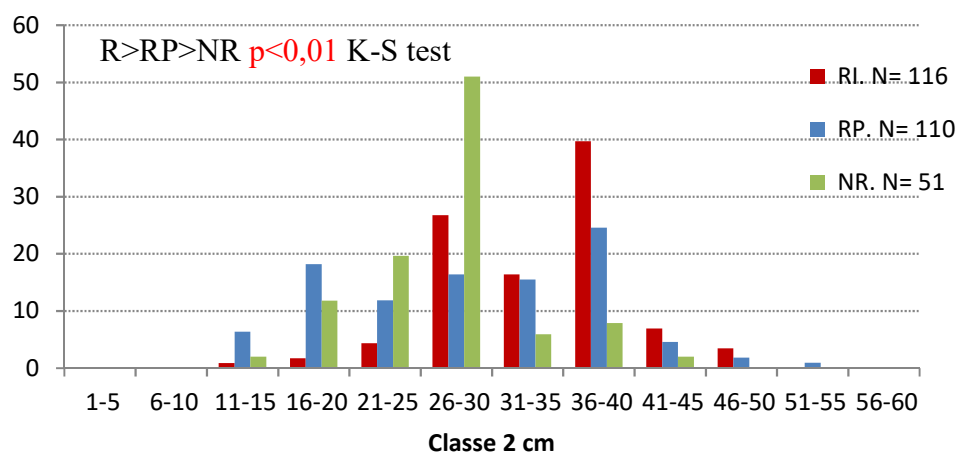


Figura 17. Distribució de freqüències (%) de talla (classe de 2 cm) per a l'espècie *Sciaena umbra* en la campanya d'octubre de 2020 a la reserva integral, reserva parcial i zones control. Resultats d'un test de Kolmogorov-Smirnov entre cada nivell de protecció (**vermell= significatiu per a $p<0,05$**).



L'anfós *Epinephelus marginatus*

Les diferències més importants en les distribucions de talles d'anfós dins la reserva integral es donen el 2018 i el 2020, quan s'observa un increment significatiu de les classes de talla >30-35 cm (Fig. 18).

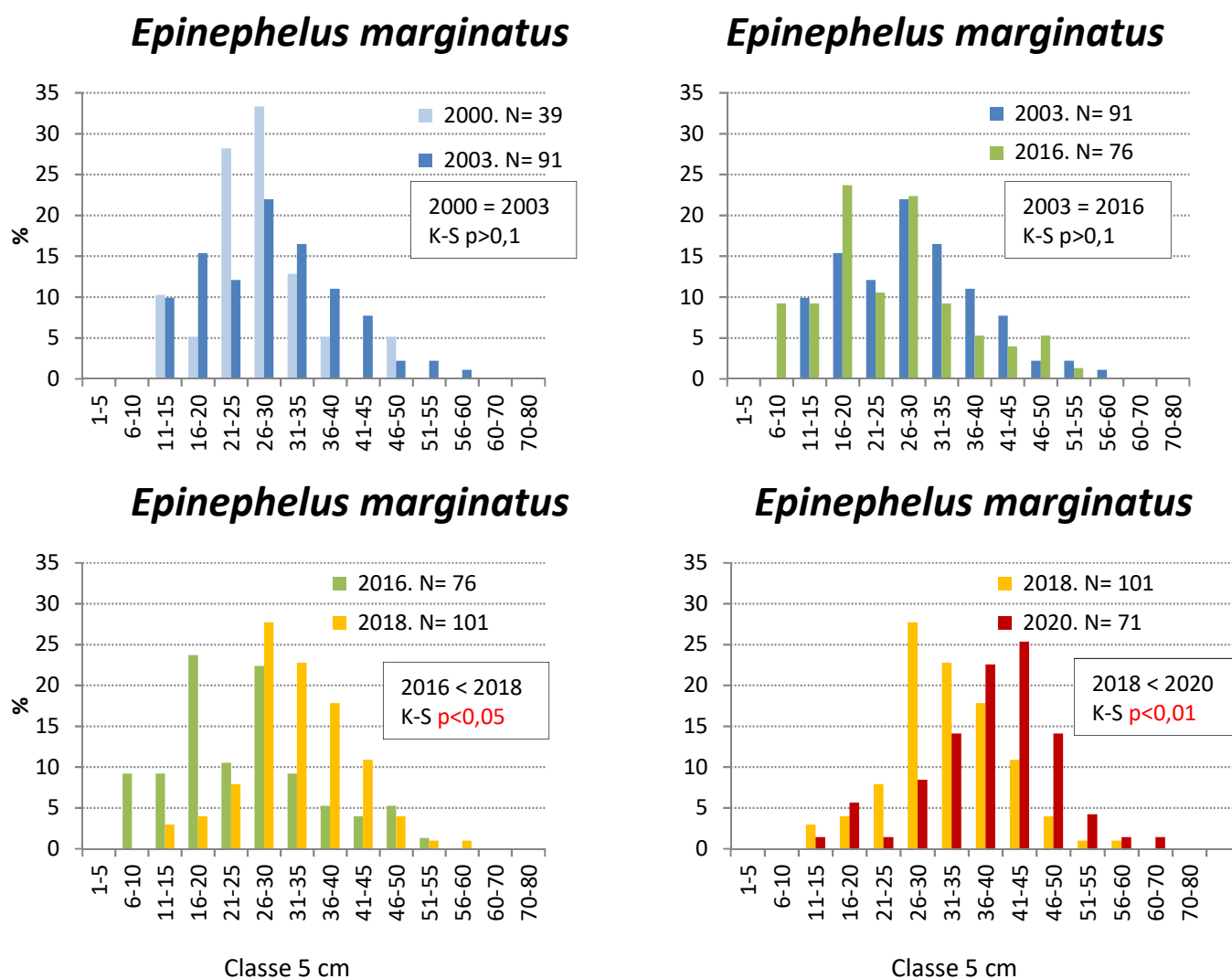


Figura 18. Distribució de freqüències (%) de talla (classe de 5 cm) per a l'espècie *E. marginatus* dins la reserva integral en les campanyes del mes d'octubre de 2000/2003, 2016, 2018 i 2020. Resultats d'un test de Kolmogorov-Smirnov entre parells d'anys (**vermell**= significatiu per a $p < 0,05$).

En general, tots els anys analitzats ens duen a afirmar que la població d'anfossos de la reserva integral és una població de juvenils, amb la major part dels individus mostrant talles inferiors a la de primera maduresa sexual (53 cm; Reñones *et al.*, 2010). El millor exemple d'això, la màxima expressió com a *nursery*, es donà els anys 2000, 2003 i 2016, amb talles mitjaneres compreses entre 24 i 29 cm (Taula 13) i talles modals només de fins a 30 cm (Fig.

18). Destaca en aquest sentit el fort reclutament d'individus d'entre 0+ i 1+ d'edat (6-20 cm) (Reñones *et al.*, 2007) el 2016, una cohort que probablement és la causant de les majors freqüències d'individus de 30-50 cm posteriorment, en el 2018 i 2020. La talla mitjana i modal en el darrer any d'estudi ha estat la major observada: $38,8 \pm 9,7$ cm i 41-45 cm respectivament, així com la talla màxima: 65 cm. La distribució de talles de la reserva integral no ha diferit de forma significativa de la de la reserva parcial, que ha mostrat una talla mitjana de $39,1 \pm 7,8$ cm i modal de 36-40 cm (Fig. 19).

Taula 13. Estadística descriptiva (N= nombre d'individus, talla mitjana, talles mínima i màxima, i desviació estàndard) per a les talles de *E. marginatus* dins la reserva integral al llarg de cinc anys.

	N	Mitjana	mínima	Màxima	Desv. Est.
2000	39	26,5	13,0	46,0	7,5
2003	91	28,9	12,0	60,0	10,6
2016	76	24,7	8,0	54,0	10,9
2018	101	32,5	13,0	60,0	8,5
2020	71	38,8	12,0	65,0	9,7

El nombre d'individus a les zones control va ser molt baix (N= 11) el 2020, tots per davall de la talla de primera maduresa (53 cm) i no s'han representat gràficament. Val a dir que s'observà *in situ* un cas de furtivisme a la zona control de El Sol d'en Serra, amb individus arponejats i amagats entre les roques, inferiors a la talla legal de captura (45 cm).

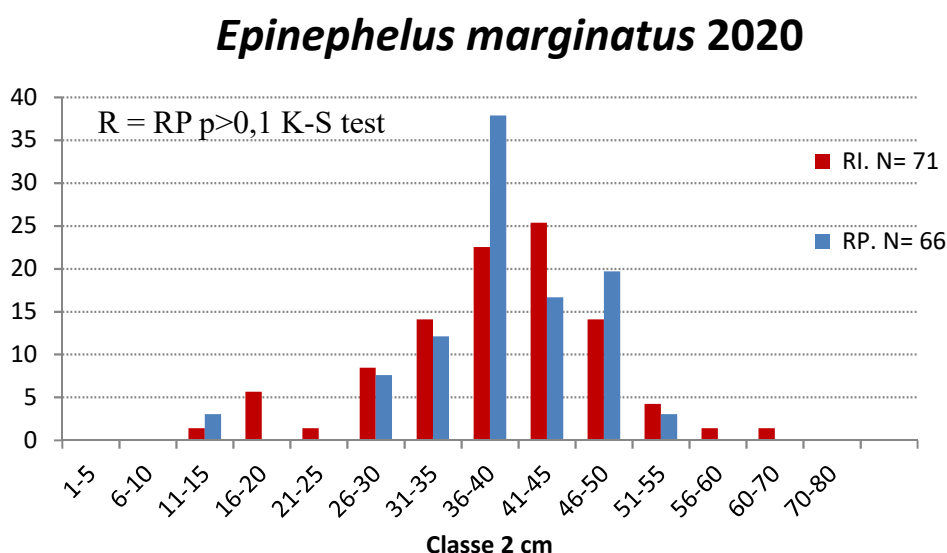


Figura 19. Distribució de freqüències (%) de talla (classe de 5 cm) per a l'espècie *E. marginatus* en la campanya d'octubre de 2020 a la reserva integral i a la reserva parcial. Resultats d'un test de Kolmogorov-Smirnov entre cada nivell de protecció (vermell= significatiu per a $p < 0,05$).

L'anfós llis *Epinephelus costae*

La talla màxima enregistrada per a aquest espècie arreu del món és de 140 cm (Froese i Pauly, 2020) mentre que les talles més grosses habituals estan compreses entre 70 i 100 cm segons Louisy (2006). A la figura 20 es pot observar com cap dels 75 individus observats en les 11 campanyes ha superat els 60 cm. Això, per una banda, reforça la idea que els hàbitats estudiats són més bé de *nursery* per als grans serrànids, que migrarien cap a hàbitats rocosos més profunds a mesura que es fan més grossos. Per altra, es veu que el reclutament produït entre 2016 i 2020 fa que la talla mitjana del segon període estudiat sigui significativament inferior (30,8 cm) a la del primer període (37,5 cm) (Taula 14). Deixant el pic de reclutament de juvenils (< 20 cm) de banda, sí que es veu que en els darrers anys, la talla compresa entre 40-50 cm, que es correspondria amb individus del voltant de la talla legal de captura, arriba al 30% de la població, un percentatge que, sense els juvenils, es convertiria en la moda, i que representa una evolució positiva, de creixement de la mida dels peixos, en el segon període d'estudi.

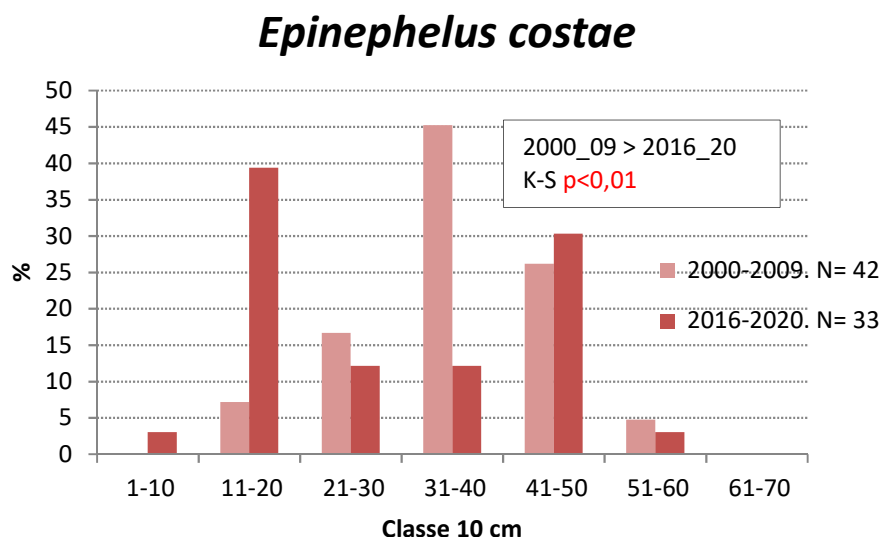


Figura 20. Distribució de freqüències (%) de talla (classe de 10 cm) per a l'espècie *E.costae* acumulades a la reserva integral i a la reserva parcial en les campanyes del període 2000-2009 i el de 2016-2020. Resultats d'un test de Kolmogorov-Smirnov entre els dos períodes. (vermell= significatiu per a $p < 0,05$).

Taula 14. Estadística descriptiva (N= nombre d'individus, talla mitjana, talles mínima i màxima, i desviació estàndard) per a les talles de *E. costae* dins de la reserva integral i parcial, en els períodes 2000-2009 i 2016-2020.

	N	Mitjana	mínima	Màxima	Desv. Est.
2000-2009	42	37,5	18,0	60,0	9,2
2016-2020	33	30,8	10,0	58,0	14,2

3.4. La biomassa de peixos demersals

A la figura 21 es pot observar prou bé un gradient clar, decreixent, de biomassa, d'esquerra a dreta, entre la reserva integral i els controls.

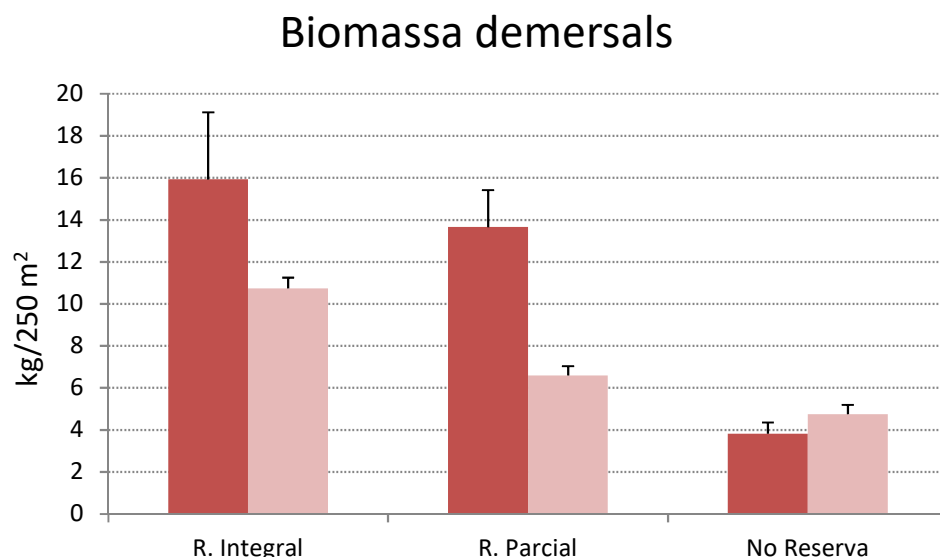


Figura 21. Biomassa mitjana (kg/250 m²±EE) d'espècies vulnerables a cadascuna de les dues zones establertes en el seguiment de la reserva integral, reserva parcial i zones control el 2020. Reserva integral (Zona 1= Espardelló. Zona 2= Espardell). Reserva Parcial (Zona 1= Es Banc. Zona 2= s'Espalmador). Zones control no protegides (Zona 1= Sol d'en Serra. Zona 2: sud de punta Prima).

A la reserva integral observam valors per damunt dels 10 kg/250 m², dels 6 kg/250 m² a la reserva parcial, i tan sols dels 4 kg/250 m² a les zones control. Però les diferències dins la pròpia reserva integral entre una i altra zona (=5 kg) i dins la pròpia reserva parcial (= 8 kg) són fins i tot superiors a les diferències entre les zones control i alguna de les zones protegides. És per aquest motiu que l'anàlisi de la variància que tradicionalment s'ha vingut emprant en aquests informes mostra una significança de l'efecte zona ($p < 0,01$) i no estrictament de l'efecte protecció ($p = 0,09$) (Taula 15).

Taula 15. Anàlisi de la variància sobre la biomassa d'espècies vulnerables ($\log_{10}(x+1)$) i els factors Protecció i Zona (dins protecció). SQ= suma de quadrats, GLL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test F, p: significança estadística (vermell= significatiu per a $p < 0,05$).

	SQ	GLL	MQ	F	p
Intercept	88,78964	1	88,78964	323,9421	0,000374
PROT	3,08659	2	1,54329	5,6306	0,096483
ZONA(PROT)	0,82227	3	0,27409	5,0519	0,002647
Error	5,53405	102	0,05426		

Quan analitzam les diferències entre zones com entitats singulars amb les seves covariables, es pot apreciar que la fondària mitjana dels transsectes influeix de forma significativa en la biomassa (Taula 16). A la mateixa taula es pot apreciar que quan la variació (suma de quadrats) de la rugositat i de la fondària mitjana s'extreuen del terme d'error, la diferència entre zones és molt significativa ($p < 0,001$). En els tests aparellats entre estacions *a posteriori*, un cop sabem que hi ha diferències, aquestes es concreten entre les tres estacions amb major biomassa: Espardelló, Espardell i Es Banc respecte de la resta (Taula 17).

Taula 16. Anàlisi de la covariància sobre la biomassa $\log_{10}(x+1)$ d'espècies vulnerables i el factor Lloc (=zona o estació de mostreig), amb les covariables ProfM (profunditat mitjana) i RUG (rugositat). SQ= suma de quadrats, GLL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test F, p: significança estadística (**vermell= significatiu per a $p < 0,05$**).

	SQ	GLL	MQ	F	p
Intercept	0,262985	1	0,262985	5,13948	0,025540
Lloc	4,041286	5	0,808257	15,79566	0,000000
ProfM	0,313004	1	0,313004	6,11700	0,015074
RUG	0,143745	1	0,143745	2,80918	0,096850
Error	5,116957	100	0,051170		

Taula 17. Tests *a posteriori* de Tukey sobre la variació de la biomassa mitjana entre parells d'estacions. (**vermell= significatiu per a $p < 0,05$**).

Lloc	Espardelló	Espardell	Es Banc	Espalmador	S. p. Prima	S. d. Serra
Espardelló		0,902	1,000	0,004	0,000	0,000
Espardell	0,902		0,903	0,082	0,001	0,000
Es Banc	1,000	0,903		0,004	0,000	0,000
Espalmador	0,004	0,082	0,004		0,616	0,125
Sud punta Prima	0,000	0,001	0,000	0,616		0,931
Sol d'en Serra	0,000	0,000	0,000	0,125	0,931	

Aquestes diferències són òbviament la consecució d'un "efecte reserva" que s'ha vingut produint al llarg del temps (Fig. 22). A les taules 18-23 es pot observar la variació detallada de les espècies. Els valors de biomassa semblen estabilitzats a la reserva integral des de 4 anys enrere, sobre els 10 kg/250 m² a Espardell, que mostra uns valors molt estables; i entre els 16 i els 22 kg/250 m² a Espardelló. En aquesta zona, la darrera campanya coincideix amb el valor de 2016 (16 kg/250 m²), observant-se a la taula 18 que l'espècie que ha minvat més respecte el màxim de 2018 (22,2 kg/250 m²) és *D. vulgaris*. Aquesta minva de *D. vulgaris*, atribuïble també a la minva de les talles majors el 2020, fa que variï el dibuix de contribució percentual de biomassa respecte als darrers anys (Fig. 23).

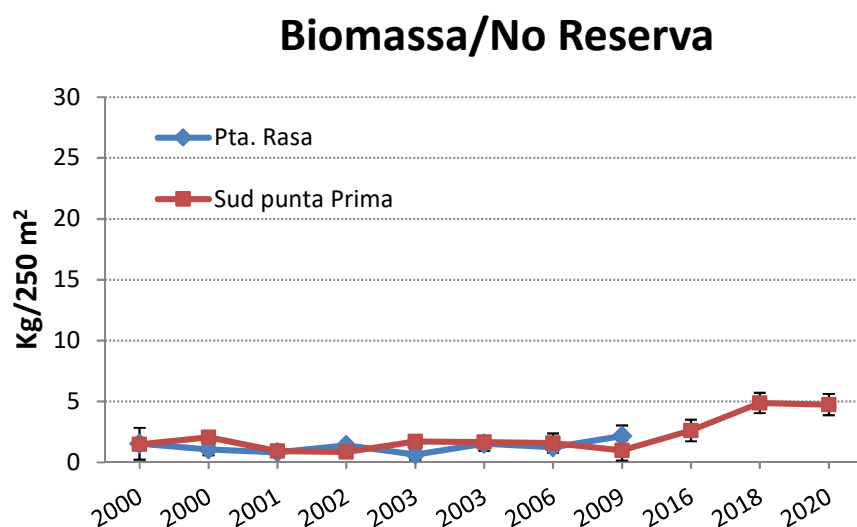
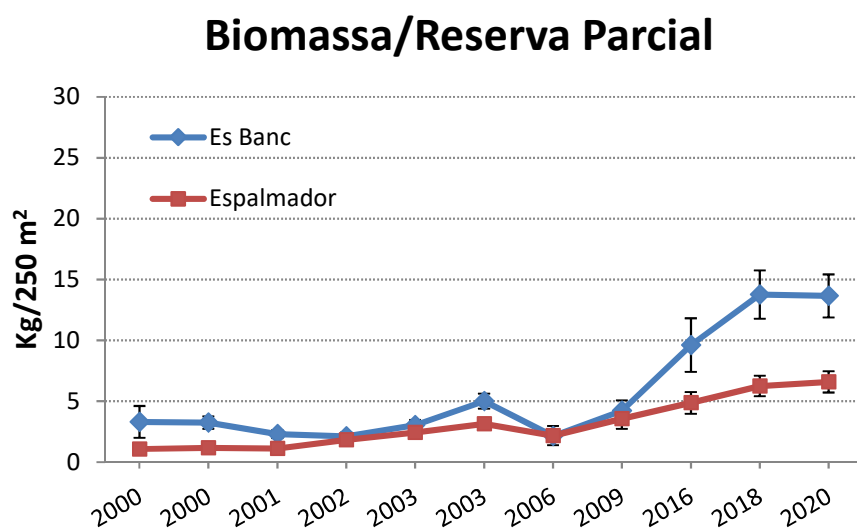
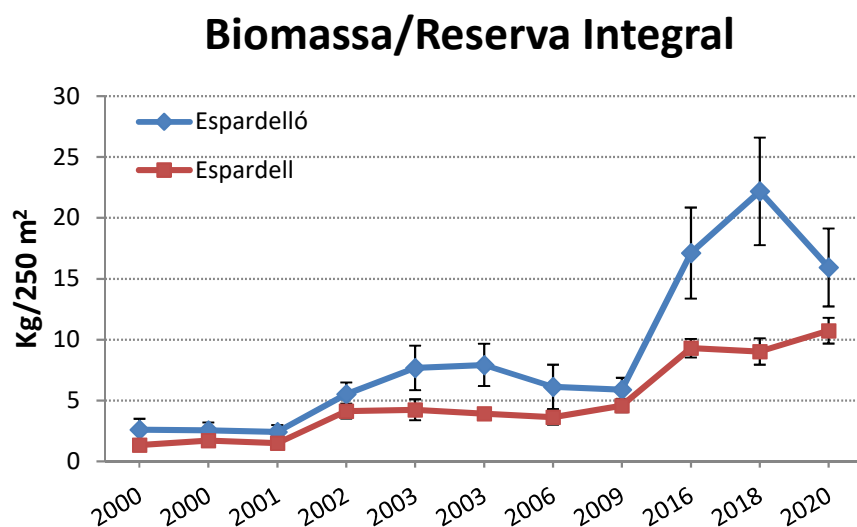


Figura 22. Evolució temporal de la biomassa mitjana ($\text{kg}/250 \text{ m}^2 \pm \text{EE}$) d'espècies vulnerables a les 11 campanyes efectuades entre 2000 i 2020 dins les zones 1 i 2 de la reserva integral, reserva parcial i àrea control.

Dins la reserva parcial els valors mitjans semblen també prou estables en els darrers dos anys, al voltant dels 14 kg/250 m² a la zona de Es banc, i en 6 kg/250 m² a s'Espalmador. La zona control del sud de punta Prima mostra un increment per a aquest indicador, tal com ho feu per a la riquesa i la densitat de peixos, des de menys de 2 kg durant la major part de la sèrie fins als 5 kg/250 m² actuals. Els valors actuals a la nova zona control de Es Sol d'en Serra són també més elevats que els d'anys anteriors observats per a la primera zona control estudiada a punta Rasa (4 kg vs 1,5 kg/250 m² respectivament) (Fig. 21).

Taula 18. Biomassa mitjana (kg/250 m²) i error estàndard per a les espècies vulnerables censades en el primer (2000) i en els dos darrers anys de seguiment (2018 i 2020) dins el lloc d'estudi d'Espardelló (Reserva Integral).

Espardelló								
	Maig 2000		Octubre 2000		Octubre 2018		Octubre 2020	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Auxis rochei</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Euthynnus alletteratus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	2,5	2,5	0,2	0,2	1,1	0,7
<i>Lichia amia</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sarda sarda</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sphyraena viridensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	5,6
<i>Caranx crysos</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Dentex dentex</i>	0,3	0,3	0,0	0,0	0,5	0,3	0,3	0,2
<i>Diplodus cervinus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,4	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
<i>Diplodus sargus</i>	0,3	0,2	0,3	0,2	1,2	0,4	1,5	0,4
<i>Diplodus vulgaris</i>	1,7	0,9	1,2	0,5	12,0	4,7	5,3	2,8
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,4	2,1	1,0
<i>Conger conger</i>	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Muraena helena</i>	0,0	0,0	0,5	0,3	0,2	0,1	0,6	0,2
<i>Gymnothorax unicolor</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>Pomadasys incisus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sparus aurata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus caninus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus costae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,0	0,0	0,2	0,1	2,1	0,2	2,1	0,5
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Labrus merula</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,1	1,0	0,2
<i>Labrus viridis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3	0,1
<i>Sciaena umbra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	1,7	2,0	0,7
<i>Scorpaena porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,2	0,7	0,2
<i>Scorpaena notata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Phycis phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Taula 19. Biomassa mitjana (kg/250 m²) i error estàndard per a les espècies vulnerables censades en el primer (2000) i en els dos darrers anys de seguiment (2018 i 2020) dins el lloc d'estudi d'Espardell (Reserva Integral).

Espardell								
	Maig 2000		Octubre 2000		Octubre 2018		Octubre 2020	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Auxis rochei</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Euthynnus alletteratus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	1,5	1,4	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Lichia amia</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sarda sarda</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sphyraena viridensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Caranx crysos</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Dentex dentex</i>	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2
<i>Diplodus cervinus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,1	0,1	0,1	0,0	0,3	0,1	0,3	0,1
<i>Diplodus sargus</i>	0,2	0,1	0,3	0,1	1,0	0,2	0,8	0,2
<i>Diplodus vulgaris</i>	0,7	0,1	0,3	0,1	2,2	0,4	3,2	0,6
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,2	0,5	0,2
<i>Conger conger</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Muraena helena</i>	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,3	0,2
<i>Gymnothorax unicolor</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Pomadasys incisus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sparus aurata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus caninus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus costae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,2	0,1	0,6	0,2	1,7	0,4	2,4	0,5
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Labrus merula</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,2	0,9	0,2
<i>Labrus viridis</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,3	0,1	0,2	0,1
<i>Sciaena umbra</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	1,9	0,6	1,6	0,4
<i>Scorpaena porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,5	0,2
<i>Scorpaena notata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Phycis phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Taula 20. Biomassa mitjana (kg/250 m²) i error estàndard per a les espècies vulnerables censades en el primer (2000) i en els dos darrers anys de seguiment (2018 i 2020) dins el lloc d'estudi d'Es Banc (Reserva Parcial).

Es Banc								
	Maig 2000		Octubre 2000		Octubre 2018		Octubre 2020	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Auxis rochei</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Euthynnus alletteratus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	0,1	0,1	0,7	0,5	1,4	0,7	11,5	8,6
<i>Lichia amia</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sarda sarda</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sphyraena viridensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Caranx crysos</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Dentex dentex</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus cervinus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1
<i>Diplodus sargus</i>	1,0	0,4	1,0	0,2	2,5	0,4	2,7	0,5
<i>Diplodus vulgaris</i>	1,8	1,1	0,7	0,2	6,9	1,9	4,2	1,3
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0,1	0,0	0,1	0,1	0,7	0,4	0,5	0,2
<i>Conger conger</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Muraena helena</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Gymnothorax unicolor</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Pomadasys incisus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sparus aurata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus caninus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus costae</i>	0,1	0,1	0,1	0,0	0,3	0,3	0,3	0,1
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,2	0,1	0,7	0,3	1,2	0,3	2,7	0,6
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Labrus merula</i>	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1	0,3	0,1
<i>Labrus viridis</i>	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,2	0,1
<i>Sciaena umbra</i>	0,0	0,0	0,1	0,0	1,7	0,6	2,2	0,8
<i>Scorpaena porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1
<i>Scorpaena notata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Phycis phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Taula 21. Biomassa mitjana (kg/250 m²) i error estàndard per a les espècies vulnerables censades en el primer (2000) i en els dos darrers anys de seguiment (2018 i 2020) dins el lloc d'estudi de Espalmador (Reserva Parcial).

Espalmador								
	Maig 2000		Octubre 2000		Octubre 2018		Octubre 2020	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Auxis rochei</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Euthynnus alletteratus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	2,9	2,8
<i>Lichia amia</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sarda sarda</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sphyraena viridensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0
<i>Caranx crysos</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Dentex dentex</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus cervinus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,1
<i>Diplodus sargus</i>	0,5	0,1	0,8	0,1	1,7	0,4	1,6	0,2
<i>Diplodus vulgaris</i>	0,2	0,0	0,3	0,1	2,1	0,5	2,1	0,4
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,2	0,2	0,1
<i>Conger conger</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Muraena helena</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0
<i>Gymnothorax unicolor</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Pomadasys incisus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sparus aurata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus caninus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus costae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,0	0,0	0,1	0,0	1,3	0,5	1,3	0,3
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Labrus merula</i>	0,1	0,1	0,1	0,0	0,4	0,1	0,3	0,1
<i>Labrus viridis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
<i>Sciaena umbra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,2
<i>Scorpaena porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena notata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Phycic phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Taula 22. Biomassa mitjana (kg/250 m²) i error estàndard per a les espècies vulnerables censades en el primer (2000) i en els dos darrers anys de seguiment (2018 i 2020) dins els llocs d'estudi de punta Rasa, punta de Sa Creu i Es Sol d'En Serra (No Reserva).

	Punta Rasa		Punta Rasa		Punta Sa Creu		Sol d'en Serra	
	Maig 2000		Octubre 2000		Octubre 2018		Octubre 2020	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Auxis rochei</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Euthynnus alletteratus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	1,8	0,3	0,3
<i>Lichia amia</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sarda sarda</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sphyraena viridensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	19,3	11,5	0,1	0,1
<i>Caranx crysos</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Dentex dentex</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus cervinus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,1	0,0	0,1	0,0	0,4	0,1	0,1	0,0
<i>Diplodus sargus</i>	0,5	0,2	0,4	0,1	1,3	0,3	0,7	0,2
<i>Diplodus vulgaris</i>	0,5	0,2	0,2	0,0	4,1	0,8	1,8	0,3
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,3	0,0	0,0
<i>Conger conger</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Muraena helena</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>Gymnothorax unicolor</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Pomadasys incisus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sparus aurata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus caninus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus costae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2	0,0	0,0
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,2	0,2	0,1	0,0	1,4	0,3	0,3	0,2
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>Labrus merula</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1
<i>Labrus viridis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0
<i>Sciaena umbra</i>	0,1	0,0	0,0	0,0	1,9	0,7	0,5	0,2
<i>Scorpaena porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena notata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Phycis phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Taula 23. Biomassa mitjana (kg/250 m²) i error estàndard per a les espècies vulnerables censades en el primer (2000) i en els dos darrers anys de seguiment (2018 i 2020) dins el lloc d'estudi del sud de punta Prima (No Reserva).

Sud punta Prima								
	Maig 2000		Octubre 2000		Octubre 2018		Octubre 2020	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Auxis rochei</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Euthynnus alletteratus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Seriola dumerili</i>	0,2	0,1	0,1	0,1	2,0	1,7	0,3	0,2
<i>Lichia amia</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sarda sarda</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sphyraena viridensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	12,2
<i>Caranx crysos</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>Dentex dentex</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
<i>Diplodus cervinus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1
<i>Diplodus sargus</i>	0,6	0,2	0,9	0,3	0,8	0,2	0,8	0,1
<i>Diplodus vulgaris</i>	0,3	0,1	0,6	0,1	3,4	1,0	2,2	0,6
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1
<i>Conger conger</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Muraena helena</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Gymnothorax unicolor</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Pomadasys incisus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sparus aurata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus caninus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus costae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,4	0,2
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Labrus merula</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,4	0,1
<i>Labrus viridis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1
<i>Sciaena umbra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2	0,3	0,2
<i>Scorpaena porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena notata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Phycis phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

La contribució percentual de biomassa dins la reserva integral ha evolucionat des d'una sobrerrepresentació d'espàrids (*D. vulgaris*, *D. sargus* i *D. puntazzo*), amb més del 75% de la biomassa en el primer any d'estudi, cap a una mostra molt més diversificada el 2016, 2018 i 2020, on altres famílies de peixos assoleixen al menys el 50%. A Espardelló s'ha obtingut la menor representació de *D. vulgaris* de tota la sèrie (33,3%) el 2020, el que ha provocat obtenir la menor biomassa acumulada dels darrers 4 anys: 287 kg; 114 kg menys que els resultats de 2018 (Fig. 23). A Espardell, on aquesta espècie no apareix mai de forma massiva com ho fa a Espardelló, s'ha obtingut la major biomassa acumulada de tota la sèrie (193 kg), i

s'observa una bona representació de grans serrànids, i de *S. umbra*, *L. merula* i *S. scrofa* (Fig. 24).

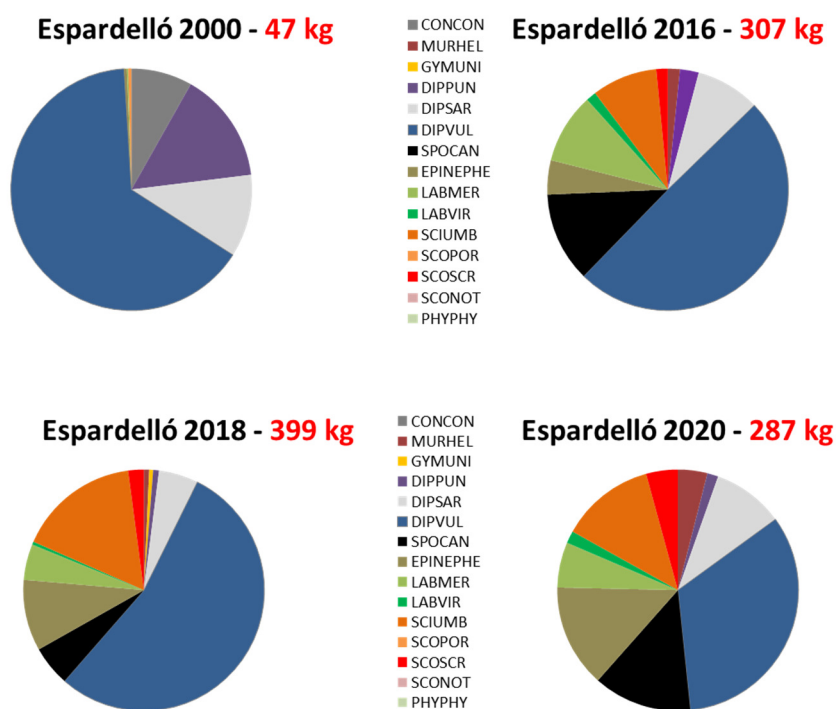


Figura 23. Distribució percentual de la biomassa d'espècies vulnerables dins la zona de màxima protecció de s'Espardelló a les campanyes d'octubre de 2000, 2016, 2018 i 2020.

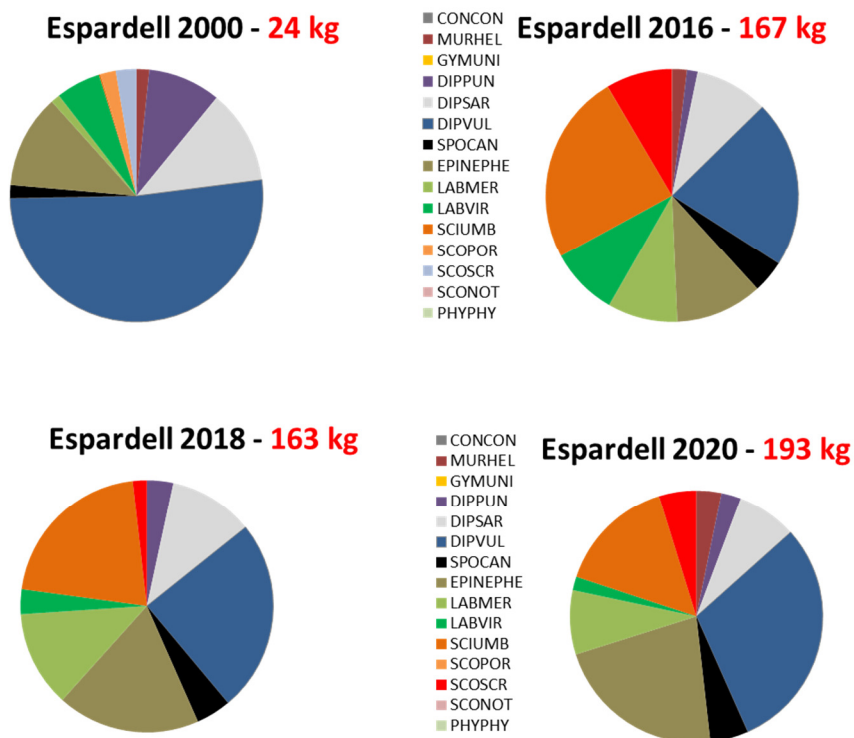


Figura 24. Distribució percentual de la biomassa d'espècies vulnerables dins la zona de màxima protecció d'Espardell a les campanyes d'octubre de 2000, 2016, 2018 i 2020.

3.5. La biomassa de meso i macrocarnívors amb nivells tròfics elevats (NT> 3,5)

Amb aquest indicador es repeteix la lògica de les variacions observades abans, amb una major importància de l'efecte local a nivell de zona, que no del nivell de protecció (Fig. 25 i Taula 24). A la figura 25 es pot observar com les diferències a la reserva parcial, entre la zona de Es Banc i la de S'Espalmador, són superiors (≈ 4 kg) a les que hi ha entre les zones control i la mitjana de la pròpia reserva parcial (≈ 3 kg). Això compromet sens dubte l'efecte de la protecció a l'ANOVA, que mostra una p baixa però no significativa ($p=0,09$).

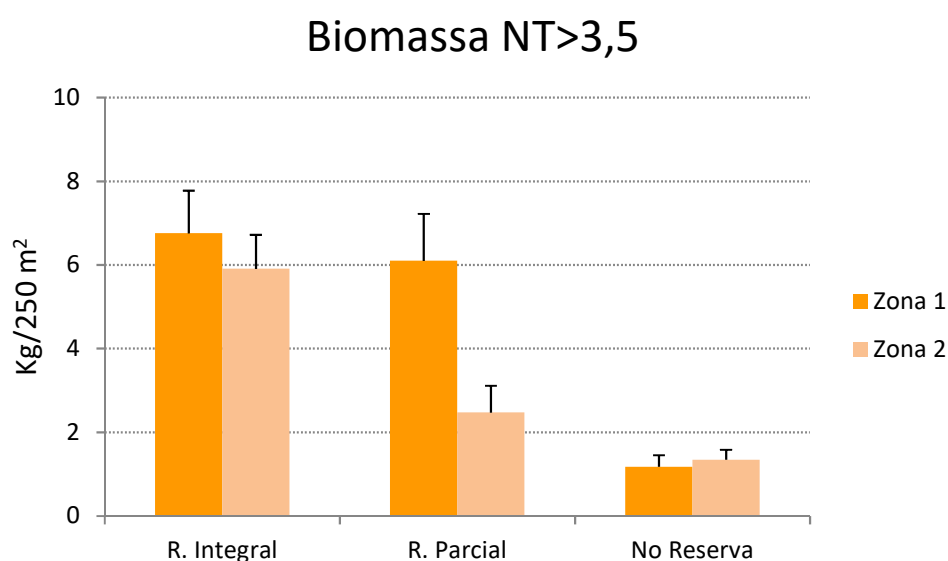


Figura 25. Biomassa mitjana (kg/250 m²±EE) de meso i macrocarnívors (NT> 3,5) a cadascuna de les dues zones establertes en el seguiment de la reserva integral, reserva parcial i zones control el 2020. Reserva integral (Zona 1= Espardelló. Zona 2= Espardell). Reserva Parcial (Zona 1= Es Banc. Zona 2= s'Espalmador). Zones control no protegides (Zona 1= Sol d'en Serra. Zona 2: sud de punta Prima).

Taula 24. Anàlisi de la variància sobre la biomassa d'espècies meso i macrocarnívors (NT> 3,5) i els factors Protecció i Zona (dins protecció). SQ= suma de quadrats, GLL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test F, p: significança estadística (vermell= significatiu per a $p<0,05$).

	SQ	GLL	MQ	F	p
Intercept	1692,006	1	1692,006	40,61072	0,007822
PROT	468,723	2	234,361	5,62503	0,096596
ZONA(PROT)	124,992	3	41,664	3,96286	0,010211
Error	1072,389	102	10,514		

Les zones que han presentat major biomassa per a les espècies de major nivell tròfic són les dues de la reserva integral, amb ≈ 6 kg/250 m², i la de Es Banc, dins la reserva parcial, també amb el valor esmentat (Fig. 25). A les zones control trobam valors molt semblants a les dues zones, amb una mitjana de tan sols 1,3 kg/250 m².

En analitzar l'efecte individualitzat de cada zona/estació, veiem que la fondària mitjana dels transsectes té un efecte sobre la biomassa, superior al de la rugositat. En extreure la variació produïda per aquestes covariables, les diferències entre zones són molt significatives ($p < 0,001$; Taula 25) i es concreten entre les zones de major biomassa: Espardelló, Espardell i Es Banc en front de la resta en els tests *a posteriori* (Taula 26).

Taula 25. Anàlisi de la covariància sobre la biomassa d'espècies meso i macrocarnívors ($NT > 3,5$) i el factor Lloc (=zona o estació de mostreig), amb les covariables ProfM (profunditat mitjana) i RUG (rugositat). SQ= suma de quadrats, GLL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test F, p: significança estadística (**vermell= significatiu per a $p < 0,05$**).

	SQ	GLL	MQ	F	p
Intercept	37,3470	1	37,3470	5,04395	0,026912
Lloc	666,5295	5	133,3059	18,00384	0,000000
ProfM	328,8324	1	328,8324	44,41098	0,000000
RUG	13,3009	1	13,3009	1,79638	0,183188
Error	740,4303	100	7,4043		

Taula 26. Tests *a posteriori* de Tukey sobre la variació de la biomassa mitjana d'espècies amb elevat nivell tròfic ($NT > 3,5$) entre parells d'estacions. (**vermell= significatiu per a $p < 0,05$**).

Lloc	Espardelló	Espardell	Es Banc	Espalmador	S. p. Prima	S. d. Serra
Espardelló		0,936	0,978	0,000	0,000	0,000
Espardell	0,936		1,000	0,004	0,000	0,000
Es Banc	0,978	1,000		0,002	0,000	0,000
Espalmador	0,000	0,004	0,002		0,812	0,709
Sud punta Prima	0,000	0,000	0,000	0,812		1,000
Sol d'en Serra	0,000	0,000	0,000	0,709	1,000	

L'anàlisi gràfica de l'evolució temporal d'aquest indicador (Fig. 26) ens dona més raons per parlar d'estabilització dins la reserva integral, on no s'observa cap augment respecte de l'any immediatament anterior a Espardelló, amb $\approx 7 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$, ni respecte als darrers 4 anys a Espardell, amb $\approx 6 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$. Això no obstant, sembla que hi ha encara una tendència creixent per a aquestes espècies a les dues estacions de la reserva parcial, que han assolit els màxims en la campanya de 2020. A les zones control, i concretament al sud de punta Prima, la tendència creixent observada per a la biomassa total en l'apartat anterior, es fa més discreta en el cas dels meso i macrocarnívors, que no assoleixen mai el valor de $2 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$ (Fig. 26).

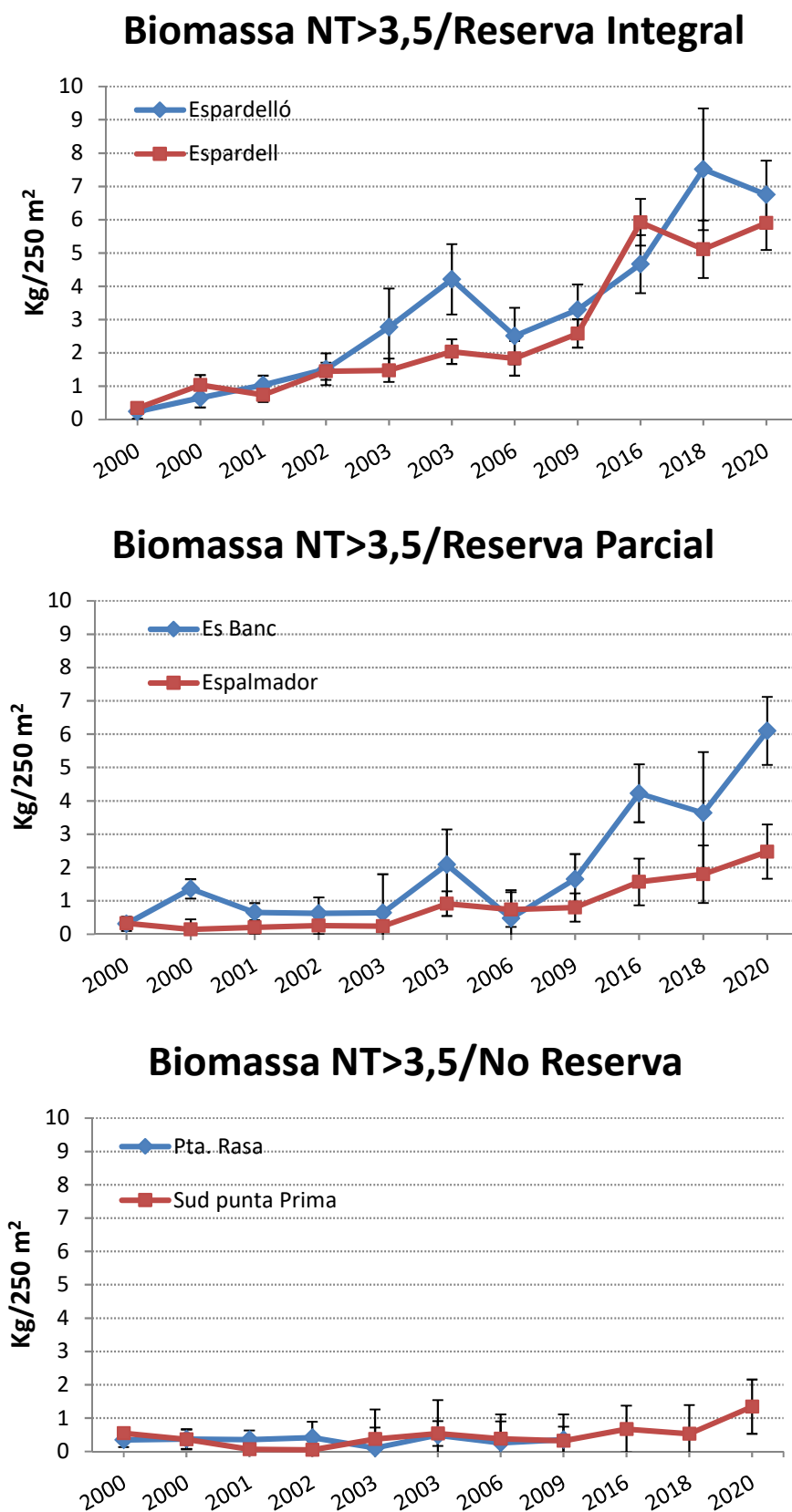


Figura 26. Evolució temporal de la biomassa mitjana (kg/250 m²±EE) de meso i macrocarnívors (NT> 3,5) a les 11 campanyes efectuades entre 2000 i 2020 dins les zones 1 i 2 de la reserva integral, reserva parcial i àrea control.

3.6. El cas de punta Rasa

La zona d'estudi de punta Rasa va passar a formar part de la RMFEF el 2015, 16 anys després de la declaració de la reserva marina. L'evolució dels diferents indicadors respon així al pas d'un nivell de gestió corresponent a una zona control, sense cap mesura de protecció especial, apart de les normes generals de pesca de tota la CAIB, al que anomenam en aquest informe tècnic com a reserva parcial (veure secció 2.1 de la Metodologia).

S'han censat un total de 17 espècies vulnerables a la pesca en aquest lloc (Taula 27), 10 d'elles a la campanya actual de 2020, quan s'ha observat la major riquesa mitjana, amb 6 espècies/250 m² (Fig. 27). Aquest valor correspon a canvis significatius en l'ocurrència de les espècies objecte d'estudi al llarg dels 11 anys estudiats, observant-se diferències significatives de riquesa mitjana entre anys diferents ($F_{(10, 169)} = 7,5$; $p < 0,001$), que es concreten entre els majors valors de 2016 i 2020 respecte de la resta d'anys (Taula 28).

Taula 27. Espècies de peixos censades a punta Rasa en el 1er any de seguiment (maig i octubre de 2000), i en els darrers 4 anys, en el mes d'octubre de 2016, 2018 i 2020. +: presència, -: absència.

	Maig 2000	Octubre 2000	Oct. 2016	Oct. 2018	Oct. 2020
<i>Seriola dumerili</i>	-	-	+	-	+
<i>Dentex dentex</i>	-	-	+	-	-
<i>Diplodus puntazzo</i>	+	+	+	+	+
<i>Diplodus sargus</i>	+	+	+	+	+
<i>Diplodus vulgaris</i>	+	+	+	+	+
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	+	+	+	+	+
<i>Epinephelus costae</i>	-	-	-	-	-
<i>Epinephelus marginatus</i>	+	+	+	+	+
<i>Epinephelus caninus</i>	+	-	-	-	-
<i>Mycteroperca rubra</i>	-	-	+	-	-
<i>Labrus merula</i>	+	+	+	+	+
<i>Labrus viridis</i>	+	+	+	+	+
<i>Sciaena umbra</i>	+	+	+	+	+
<i>Muraena helena</i>	+	+	+	+	+
<i>Scorpaena porcus</i>	+	+	-	-	-
<i>Scorpaena scrofa</i>	+	-	+	-	-
<i>Scorpaena notata</i>	-	-	+	-	-
	12	10	14	9	10

Taula 28. Tests *a posteriori* de Tukey entre la riquesa mitjana d'espècies observada en els anys aparellats entre 2000 i 2020. Els anys 2000 i 2003 compten cadascun amb dues campanyes, la de maig i la d'octubre. (vermell= significatiu per a $p < 0,05$).

ANY	2000	2000	2001	2002	2003	2003	2006	2009	2016	2018	2020
2000		1,000	1,000	0,999	0,710	0,983	1,000	1,000	0,000	0,999	0,000
2000	1,000		1,000	0,983	0,455	0,999	1,000	1,000	0,001	1,000	0,001
2001	1,000	1,000		1,000	0,902	0,902	0,993	1,000	0,000	0,993	0,000
2002	0,999	0,983	1,000		0,993	0,627	0,902	0,983	0,000	0,932	0,000
2003	0,710	0,455	0,902	0,993		0,070	0,234	0,455	0,000	0,405	0,000
2003	0,983	0,999	0,902	0,627	0,070		1,000	0,999	0,034	1,000	0,019
2006	1,000	1,000	0,993	0,902	0,234	1,000		1,000	0,006	1,000	0,005
2009	1,000	1,000	1,000	0,983	0,455	0,999	1,000		0,001	1,000	0,001
2016	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,034	0,006	0,001		0,115	0,999
2018	0,999	1,000	0,993	0,932	0,405	1,000	1,000	1,000	0,115		0,051
2020	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,019	0,005	0,001	0,999	0,051	

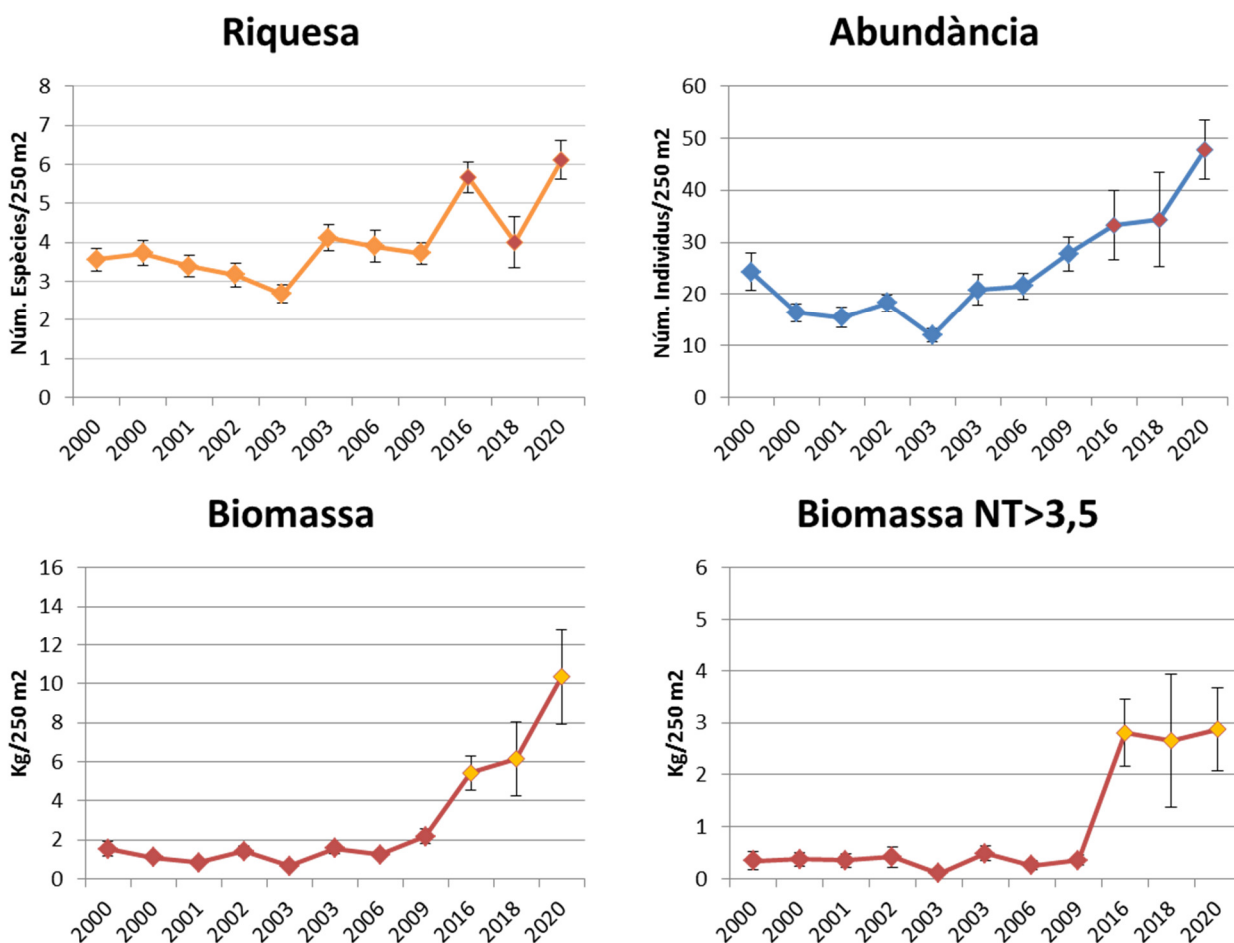


Figura 27. Evolució temporal de la riquesa, densitat, biomassa total d'espècies vulnerables, i biomassa de meso i macrocarnívors (NT> 3,5) a les 11 campanyes efectuades entre 2000 i 2020 a punta Rasa. ●: anys sense protecció; ●: anys amb protecció parcial des del Decret 41/2015 de 22 de maig.

La densitat mitjana de peixos i la biomassa segueixen encara un patró més clar d'increment des de l'any posterior a la seva inclusió dins la reserva marina. Així, és a partir de 2016 quan la densitat superà per primera vegada el llindar dels 30 ind./250 m², tot assolint un valor de 47,8 ind./250 m² en el darrer any (Fig. 27). El factor temps ha resultat altament significatiu en l'anàlisi de la variància ($F_{(10, 169)} = 6,2$; $p < 0,001$) i es produeix sobretot per l'elevada densitat de 2020 respecte dels anys anteriors a 2016 (Taula 29). A la taula 30 es pot observar que *D. vulgaris*, *D. puntazzo*, *D. sargus*, *L. merula*, *S. umbra* i *E. marginatus* són les espècies que més han augmentat la seva densitat el 2020.

Taula 29. Tests *a posteriori* de Tukey entre la densitat mitjana d'espècies ($\log_{10}(x+1)$) observada en els anys aparellats entre 2000 i 2020. Els anys 2000 i 2003 compten cadascun amb dues campanyes, la de maig i la d'octubre. (vermell= significatiu per a $p < 0,05$).

ANY	2000	2000	2001	2002	2003	2003	2006	2009	2016	2018	2020
2000		0,816	0,443	0,997	0,006	1,000	1,000	0,994	0,830	0,872	0,014
2000	0,816		1,000	1,000	0,578	0,979	0,985	0,167	0,024	0,083	0,000
2001	0,443	1,000		0,965	0,903	0,790	0,823	0,036	0,003	0,021	0,000
2002	0,997	1,000	0,965		0,133	1,000	1,000	0,645	0,209	0,357	0,001
2003	0,006	0,578	0,903	0,133		0,035	0,042	0,000	0,000	0,000	0,000
2003	1,000	0,979	0,790	1,000	0,035		1,000	0,905	0,494	0,624	0,003
2006	1,000	0,985	0,823	1,000	0,042	1,000		0,882	0,452	0,589	0,002
2009	0,994	0,167	0,036	0,645	0,000	0,905	0,882		1,000	1,000	0,176
2016	0,830	0,024	0,003	0,209	0,000	0,494	0,452	1,000		1,000	0,502
2018	0,872	0,083	0,021	0,357	0,000	0,624	0,589	1,000	1,000		0,829
2020	0,014	0,000	0,000	0,001	0,000	0,003	0,002	0,176	0,502	0,829	

Taula 30. Densitat mitjana (nombre d'individus/250 m²) i error estàndard de les espècies censades a punta Rasa en el 1er any de seguiment (maig i octubre de 2000), i en els darrers 4 anys, en el mes d'octubre de 2016, 2018 i 2020.

Punta Rasa	Maig 2000		Octubre 2000		Octubre 2016		Octubre 2018		Octubre 2020	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>Seriola dumerili</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,7	0,0	0,0	1,2	0,8
<i>Dentex dentex</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,6	0,2	0,4	0,2	0,7	0,3	0,1	0,1	1,2	0,3
<i>Diplodus sargus</i>	5,1	1,1	6,2	1,2	4,2	0,7	7,8	1,1	20,7	4,2
<i>Diplodus vulgaris</i>	15,1	3,2	7,7	0,8	20,2	6,5	21,7	8,0	18,2	2,3
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	2,6	1,1	0,6	0,3	0,6	0,2	0,6	0,3	1,2	0,6
<i>Epinephelus costae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,1	0,1	0,3	0,1	2,3	0,3	0,7	0,4	1,8	0,3
<i>Epinephelus caninus</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Mycteroperca rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Labrus merula</i>	0,2	0,1	0,5	0,1	1,2	0,3	0,6	0,2	0,7	0,2
<i>Labrus viridis</i>	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,4	0,2	0,2	0,2
<i>Sciaena umbra</i>	0,1	0,1	0,3	0,1	3,4	1,0	2,4	1,4	3,7	1,4
<i>Muraena helena</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Scorpaena porcus</i>	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Scorpaena notata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0

La biomassa es va gairebé triplicar entre tots els anys en que la zona va romandre oberta a la pesca ($\approx 2 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$), sense cap restricció especial, i el 2016 ($\approx 6 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$) (Fig. 27). Els valors de 2018 van ser molt semblants als de 2016 mentre que el 2020 s'han observat $10 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$ de mitjana, cinc vegades més que els valors previs a la seva protecció parcial. L'anàlisi de la variància entre anys ha mostrat diferències significatives ($F_{(10, 169)} = 16,6$; $p < 0,01$) que en aquest cas es concreten entre els darrers tres anys amb protecció parcial i tots els anteriors (Taula 31).

Taula 31. Tests *a posteriori* de Tukey entre la biomassa mitjana d'espècies observada en els anys aparellats entre 2000 i 2020. Els anys 2000 i 2003, compten cadascun amb dues campanyes, la de maig i la d'octubre. (vermell= significatiu per a $p < 0,05$).

ANY	2000	2000	2001	2002	2003	2003	2006	2009	2016	2018	2020
2000		1,000	0,999	1,000	0,993	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000
2000	1,000		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,969	0,000	0,000	0,000
2001	0,999	1,000		1,000	1,000	0,999	1,000	0,890	0,000	0,000	0,000
2002	1,000	1,000	1,000		0,998	1,000	1,000	0,998	0,000	0,000	0,000
2003	0,993	1,000	1,000	0,998		0,992	1,000	0,772	0,000	0,000	0,000
2003	1,000	1,000	0,999	1,000	0,992		1,000	1,000	0,000	0,000	0,000
2006	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		0,991	0,000	0,000	0,000
2009	1,000	0,969	0,890	0,998	0,772	1,000	0,991		0,005	0,005	0,000
2016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005		1,000	0,000
2018	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	1,000		0,018
2020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	

A la taula 32 es pot observar com les espècies *D. sargus*, *D. vulgaris*, *S. cantharus*, *E. marginatus* i *S. umbra* són les que més han augmentat la seva biomassa en el període estudiat.

No obstant els resultats anteriors, es fa palès que la recuperació en els darrers tres anys ha assolit una fase d'estabilitat pel que fa a les espècies de major nivell tròfic, amb valors molt semblants, al voltant dels $2,8 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$ en els darrers tres anys d'estudi (Fig. 27). Aquests valors són 6 vegades superiors als majors valors observats abans de la protecció de la zona, i l'ANOVA detecta un efecte molt significatiu entre els diferents anys ($F_{(10, 169)} = 8,9$; $p < 0,001$) que es concreten entre tots els anys amb protecció parcial (2016, 2018, 2020) i els anteriors (Taula 33).

Taula 32. Biomassa mitjana (nombre d'individus/250 m²) i error estàndard de les espècies censades a punta Rasa en el primer any de seguiment (maig i octubre de 2000), i en els darrers 4 anys, en el mes d'octubre de 2016, 2018 i 2020. +: presència, -: absència.

Punta Rasa										
	Maig 2000		Octubre 2000		Octubre 2016		Octubre 2018		Octubre 2020	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>S. dumerili</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,7	0,0	0,0	1,2	0,8
<i>D. dentex</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>D. cervinus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>D. puntazzo</i>	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1
<i>D. sargus</i>	0,5	0,2	0,4	0,1	0,5	0,1	1,4	0,3	5,1	1,6
<i>D. vulgaris</i>	0,5	0,2	0,2	0,0	1,9	0,7	2,0	1,0	1,7	0,4
<i>S. cantharus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,5	0,2
<i>C. conger</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>M. helena</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. marginatus</i>	0,2	0,2	0,1	0,0	1,2	0,3	0,6	0,5	1,2	0,3
<i>M. rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>L. merula</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	0,1	0,0	0,2	0,1
<i>L. viridis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>S. umbra</i>	0,1	0,0	0,0	0,0	1,1	0,4	1,8	1,1	1,4	0,7
<i>S. porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. notata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>P. phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Taula 33. Tests *a posteriori* de Tukey entre la biomassa mitjana d'espècies d'alt nivell tròfic (NT> 3,5) en els anys aparellats entre 2000 i 2020. Els anys 2000 i 2003 compten cadascun amb dues campanyes, la de maig i la d'octubre. (vermell= significatiu per a $p<0,05$).

ANY	2000	2000	2001	2002	2003	2003	2006	2009	2016	2018	2020
2000		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,003	0,000
2000	1,000		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,003	0,001
2001	1,000	1,000		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,003	0,001
2002	1,000	1,000	1,000		1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,004	0,001
2003	1,000	1,000	1,000	1,000		0,999	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000
2003	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999		1,000	1,000	0,000	0,007	0,002
2006	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		1,000	0,000	0,001	0,000
2009	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		0,000	0,003	0,001
2016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		1,000	1,000
2018	0,003	0,003	0,003	0,004	0,000	0,007	0,001	0,003	1,000		1,000
2020	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000	0,001	1,000	1,000	

4. DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS

Pel que fa al disseny experimental

El disseny experimental que consistia en descriure l'evolució temporal dels recursos marins en tres nivells de protecció diferents: la reserva integral, la reserva parcial i àrees control no protegides, amb dues zones diferents dins cadascun, s'ha trencat dues vegades des de 2015. Aquest any es va ampliar la reserva marina cap al sud, i es va protegir la zona de punta Rasa (Decret 41/2015 de 22 de maig), que havia servit de zona control durant 15 anys (l'estació, lloc o zona d'estudi etiquetada com a NR1). A les campanyes de 2016 i 2018, NR1 es va substituir amb una nova zona control: la punta de sa Creu, que a la seva vegada i a finals de 2018 es va integrar dins la nova reserva marina del mateix nom: Reserva Marina de punta de sa Creu (Decret 45/2018 de 14 desembre de 2018) i deixà aleshores de servir com a control per a futures campanyes. En l'actual campanya de 2020, s'ha triat la tercera zona o lloc per a exercir de NR1: la zona oberta a la pesca de El Sol d'en Serra, al llevant de la costa de la veïna illa d'Eivissa.

En funció d'informació precedent d'aquesta i d'altres AMPs (Coll *et al.*, 2020; Morey *et al.*, 2020), i vista la importància de l'efecte local de cada zona dins el complex i heterogeni paisatge submarí infralitoral, no hem introduït la nova zona control d'Eivissa dins el disseny tradicional d'anàlisi estadística. Evitar la probable confusió entre l'efecte particular de la zona i el temps, així ho aconsellava. Com alternativa, hem analitzat tan sols els resultats de 2020 amb contrast d'hipòtesi, i de forma gràfica les sèries temporals disponibles.

La replicació del nivell de protecció a mitjana escala espacial. L'error assumible en l'afirmació de l'efecte de la protecció

Els resultats de la campanya de 2020 ens han demostrat que les diferents zones dins un mateix nivell de protecció no es poden prendre com a una simple rèplica espacial del factor "nivell de protecció". Cap dels indicadors analitzats (Riquesa, Densitat, Biomassa, Biomassa de meso i macrocarnívors ($B_{NT} > 3,5$)) ha estat estrictament sensible al nivell de protecció ($p > 0,05$) en front d'un fort efecte local de cada zona ($p < 0,01$). En molts casos, les diferències entre els valors de diferents zones dins un mateix nivell de protecció eren fins i tot superiors a la diferència entre nivells de protecció. Nominalment, els valors mitjans dels indicadors han presentat un gradient decreixent entre la reserva integral, la reserva parcial i els controls. Però la probabilitat d'error de tipus I, és a dir, d'estar afirmant diferències entre aquests nivells quan realment no n'hi ha, va ser sempre superior a 0,05 o al 5%.

No obstant això, aquesta probabilitat d'error de tipus I no va ser mai superior a 0,1. Aleshores, i donat el cas que el nivell de significança és un llindar que estableix l'experimentador en funció de condicionants varis (precisió i qualitat de les dades, exactitud del mètode de mesura, indicis ecològics i d'altres fonts, etc.), afirmar que hi ha un clar efecte reserva amb un 90% de probabilitat és d'una fiabilitat força elevada envers la gestió de la RMFEF.

El cas de les zones parcialment protegides

L'afirmació anterior ve recolzada quan hem analitzat les zones de forma independent, amb les seves covariables d'hàbitat. En aquest nou enfocament, les dues estacions totalment protegides: Espardelló i Espardell, i la zona parcialment protegida de Es Banc, han presentat sempre valors mitjans de biomassa significativament superiors respecte de la zona parcialment protegida de s'Espalmador i els dos controls. El fet que una zona parcialment protegida com Es Banc mostrés valors de biomassa total de peixos ($13,7 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$) fins i tot superiors a la zona integral d'Espardell ($10,7 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$) fa llum també per entendre que el nivell de protecció no hagi estat estrictament significatiu en emprar el llinar de $p = 0,05$ (error del 5%). És per aquest motiu, per les característiques locals de cada lloc, que Guidetti i Sala (2007) ja qualificaren com d'idiosincràsia de cada lloc, que posteriorment hi ha hagut un esforç notable però encara incipient en descriure la variació de la biomassa de peixos amb models matemàtics que tinguessin en compte variables ambientals i de l'hàbitat del lloc a diferents escales espacials (Coll *et al.*, 2013; Álvarez-Berastegui *et al.*, 2018; McClanahan *et al.*, 2019). En un recent estudi al Parc Nacional Marítimoterrestre de l'Arxipèlag de Cabrera es presenta d'una forma encara més generalitzada l'exemple de Es Banc, donat el cas que un bon nombre de llocs parcialment protegits al parc mostraren major biomassa de peixos que llocs de reserva integral (Coll *et al.*, 2020). Aquests autors manifesten sens dubte que és necessari un cert grau de protecció que pugui donar peu a expressar el potencial de cada lloc, en funció de la complexitat del fons, de l'exposició a corrents, i del pendent cap a aigües profundes (Coll *et al.*, 2013; Edgar *et al.*, 2014). Als llocs sense cap tipus de protecció, la pesca sempre homogeneïtzava els valors de biomassa en intervals baixos ($< 5 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$).

El fet que a un lloc on es pesca hi hagi major biomassa que a un lloc on no es pesca des de fa vint anys, ens fa llum ensems de la importància que la pesca submarina ha tingut durant dècades en la desestructuració dels poblaments de peixos en l'infralitoral rocós ($< 35 \text{ m}$ de fondària), i de la relativa vulnerabilitat de les espècies aquí tractades en front d'altres modalitats de pesca. La pesca submarina és l'única modalitat d'entre les que poden afectar els fons rocosos soms que ha estat totalment prohibida dins la RMFEF i, per tant, també a la zona de Es Banc. Podríem afirmar, així, que els peixos que hem trobat en aquest lloc s'han recuperat molt, malgrat suportar la pesca amb tremall i amb palangró per part de la flota d'arts menors, i de les modalitats de pesca recreativa permeses (canya des de terra, volantí, curricà). També cal puntualitzar, per una banda, que la localització eminentment costanera, a tocar terra, del lloc d'estudi, dificulta o quasi impossibilita el calament dels ormeigs professionals esmentats i, per altra, que les espècies objectiu tractades són poc sensibles a les modalitats recreatives permeses (Box, 2011).

Geogràficament molt proper a Es Banc, tenim el cas de punta Rasa, protegida tan sols des de 2015, i que no ve sinó a confirmar el bon funcionament de les zones rocoses parcialment protegides. L'increment en la densitat d'espècies com *D. vulgaris*, *D. puntazzo*, *D. sargus*, *L. merula*, *S. umbra* i *E. marginatus* ha produït que el 2020 la biomassa total fos fins a x9 vegades superior a la del primer any ($1,07 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$ vs $10,35 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$). Un dels principals objectius de la RMFEF, que era repoblar i incrementar els recursos pesquers explotables per la flota d'arts menors, és ara per ara una realitat en aquesta AMP.

La biomassa no pescada o biomassa verge al llarg del temps

El que hem comentat fins ara no deixa de ser el resultat de vint-i-un anys d'una minva significativa de la mortalitat per pesca (6 anys en el cas de punta Rasa). Aquesta minva és, com hem vist, parcial en la major part de la RMFEF i, en teoria, total dins de la reserva integral, tret de casos puntuals de furtivisme, escassos però no inexistents. L'evolució dels recursos (2000 vs 2020) dins la reserva integral ha estat molt positiva, amb un increment conjunt, com a valor mitjà de les dues zones estudiades, de fins a x2,5 per a la riquesa d'espècies, de x2,3 per a la densitat de peixos, de x6,7 en el cas de la biomassa, i de fins a un factor de x22 per a la biomassa d'espècies meso i macrocarnívores d'alt nivell tròfic (NT> 3,5).

A més a més, s'ha produït una major diversificació de les mostres, on les predominants espècies de *Diplodus* spp., amb més del 75% de la biomassa en els primers anys, suposen ara tan sols a prop del 50%, en favor d'espècie més preuades com la roja *S. scrofa*, l'escorball *S. umbra* o l'anfós *E. marginatus*. Però aquesta resposta dels recursos ha estat desigual de nou entre una i altra zona, assolint-se majors valors a Espardelló que a l'estació d'Espardell, i on hi juguen un paper important el major hidrodinamisme i pendent cap a fons més profunds d'Espardelló.



L'evolució temporal d'aquesta biomassa verge ha estat de gran interès ecològic i també en el marc de la biologia pesquera. Després del desè any de protecció (2009) es va publicar l'estabilització d'aquest indicador, amb valors molt precisos tant a Espardelló com a Espardell, i un ajustament a corbes asimptòtiques amb un clar significat biològic i ecològic d'haver assolit la capacitat de càrrega del sistema (Coll *et al.*, 2012). Entre 2010 i 2015 es va

interrompre el seguiment. Posteriorment, els valors obtinguts entre 2016 i 2020 han estat molt superiors als descrits el 2012 com a màxims, trencant totalment la teoria exposada, ara es veu, de forma prematura. L'anàlisi gràfica de l'evolució dels indicadors al llarg de tota la sèrie temporal disponible ens permet ara diferenciar bé tres períodes (Fig. 28).

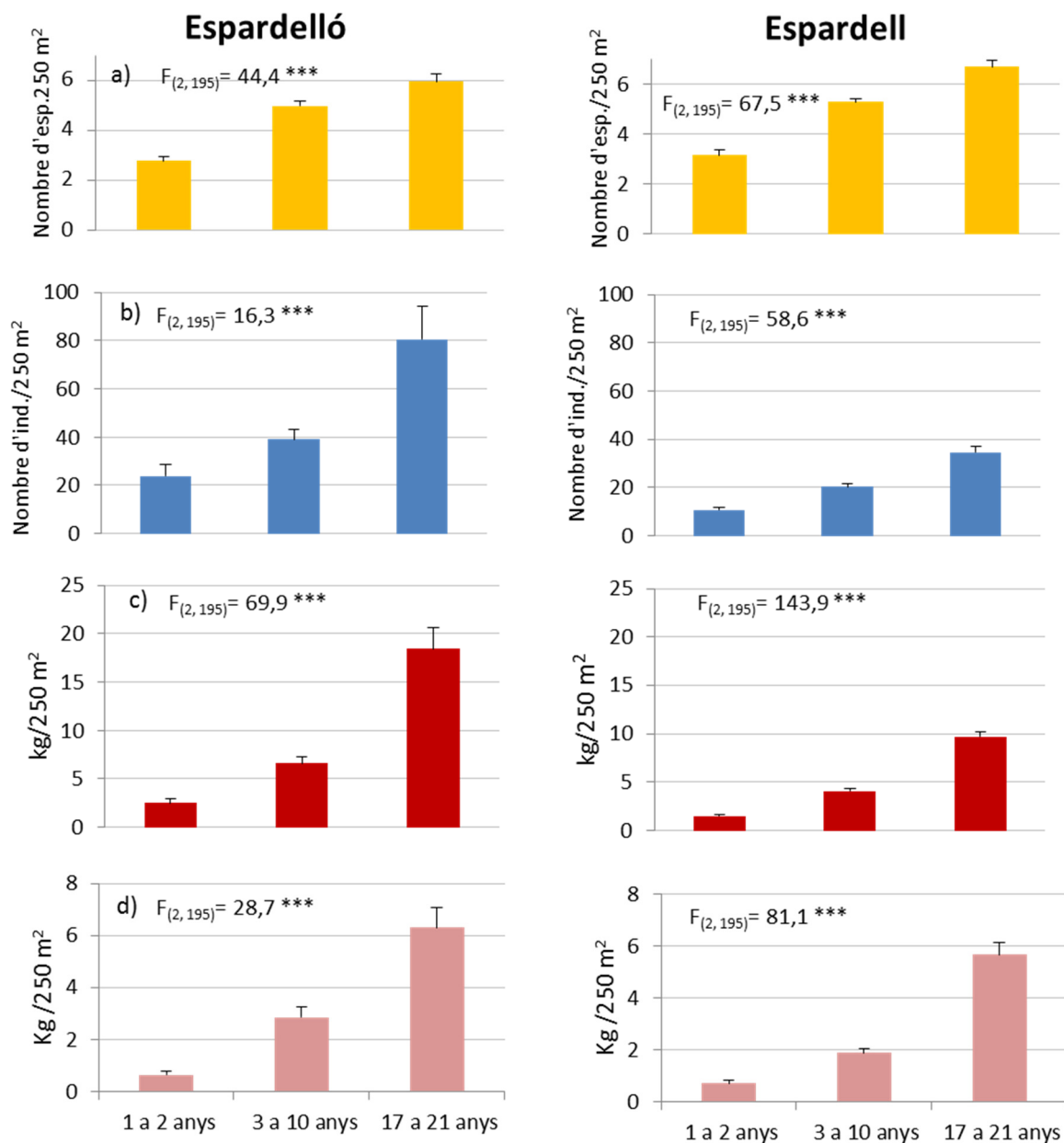


Figura 28. a) Riquesa, b) densitat de peixos, c) biomassa total d'espècies vulnerables i d) biomassa d'espècies amb alt nivell tròfic (NT> 3,5) entre tres períodes de temps dins la sèrie temporal 2000 a 2021. Resultats d'una anàlisi de la variància per a cada indicador entre els tres períodes considerats: * $p<0,05$; ** $p<0,025$; *** $p<0,001$.

El primer es correspon amb valors baixos per a tots els indicadors, i amb menys de 3kg/250 m² per a l'indicador més útil (biomassa total d'espècies demersals) en els dos primers anys d'estudi (2000 i 2001); el segon període abasta 8 anys, des del tercer any de protecció (2002) fins el desè any (2009), i biomasses de 7 kg/250 m² a Espardelló i de 4 kg/250 m² a

Espardell. El tercer període compren les tres darreres campanyes realitzades, entre 2016 i 2020, de fins a 21 anys de protecció, i les biomasses màximes observades a Espardelló: 18,4 kg/250 m² i a Espardell: 9,7 kg/250 m². Els tres períodes definits són molt consistents per a cada indicador analitzat, tot mostrant diferències molt significatives entre ells (Fig. 28), i valors força precisos quant a desviació de les mitjanes (error estàndard <20% respecte la mitjana).

Malauradament, el que s'ha vist ara, després dels tres darrers anys d'estudi, és la importància d'haver continuat amb el seguiment entre 2010 i 2015, període per al qual no disposam de cap dada. Amb l'objecte de descriure bé l'anomenada biomassa verge o biomassa no pescada amb un paràmetre matemàtic: la capacitat de càrrega (K), que és simplement l'asíntota d'una corba ajustada entre l'evolució de la biomassa i el temps; hem emprat ara tota la sèrie disponible de dades per comparar una evolució asimptòtica (*best-fit logistic function* (Kaufman, 1981)), on els recursos pesquers troben un límit superior de desenvolupament, i una evolució continuada, una recta en aquest cas, que ens explicaria futurs escenaris amb major biomassa que l'actual. A la figura 29 es pot observar que el que produeix tenir de sobte, sense les dades de 2010-2015, un increment fort i prou estable de biomassa entre 2016 i 2020, és una linearització de la funció. La forma sinusoïdal descrita per als 10 primer anys de seguiment es trenca, amb paràmetres no significatius ($p > 0,05$), poc precisos (grans marges de confiança) i una R^2 que no difereix gaire de la de la funció lineal (Taula 34).

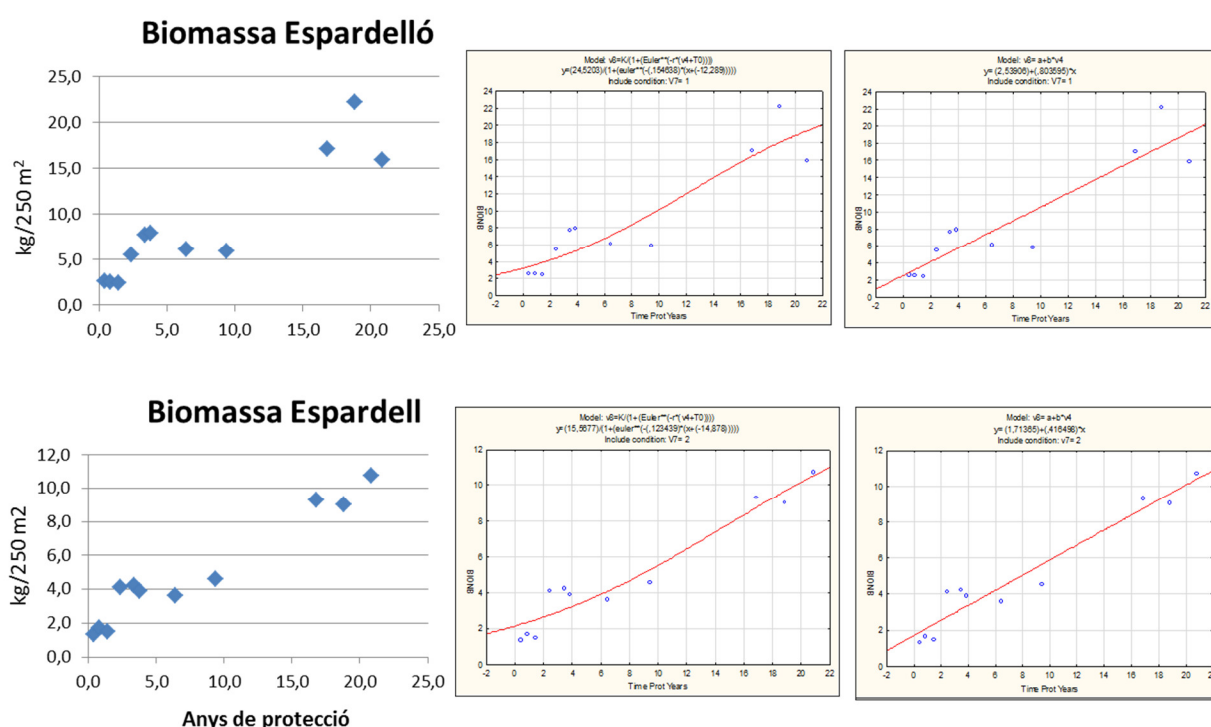


Figura 29. Evolució temporal de la biomassa mitjana d'espècies demersals vulnerables a la pesca (esquerra), i ajust a una funció logística (centre) i a una recta (dreta) en les zones de reserva integral d'Espardelló i Espardell a la RMFEF.

Taula 34. Resum de l'ajust de la biomassa (Bt) mitjana amb el temps (T) de protecció (anys) a les zones totalment protegides d'Espardelló i Espardell mitjançant una funció logística (*Best fit logistic function* (Kaufman, 1981) i una recta. K= asímptota o capacitat de càrrega, r= taxa intrínseca de creixement, T₀= temps per al qual la Bt=0, EE: error estàndard, t: test T-Student, p= significança, LC 95% límits de confiança. (**vermell= significatiu per a p<0,05**).

		Estima	EE	t	p	LC 95%	LC 95%
Espardelló							
Best fit logistic	K	24,53	13,0 3	1,882	0,097	-5,53	54,58
Model. R ² = 0,856	r	0,15	0,09	1,722	0,123	-0,05	0,36
Bt=K/(1+(e**(-r*(T+T ₀))))	T0	-12,29	9,01	-1,365	0,210	-33,07	8,48
Recta							
Model. R ² = 0,849	a	2,54	1,20	2,123	0,063	-0,17	5,25
Bt= a + b*Temps	b	0,80	0,11	7,124	0,000	0,55	1,06
Espardell							
Best fit logistic	K	15,57	9,01	1,727	0,122	-5,22	36,35
Model. R ² = 0,931	r	0,12	0,05	2,259	0,054	0,00	0,25
Bt=K/(1+(e**(-r*(T+T ₀))))	T0	-14,88	10,6 3	-1,400	0,199	-39,38	9,62
Recta							
Model. R ² = 0,935	a	1,71	0,39	4,423	0,002	0,84	2,59
Bt= a + b*Temps	b	0,42	0,04	11,399	0,000	0,33	0,50

Per tant, no hi ha diferències clares de predicció entre el que seria un ecosistema que ha assolit una biomassa màxima, la seva capacitat de càrrega, amb petites variacions anuals però dins uns marges precisos; i un ecosistema que pausadament va incrementant la biomassa de peixos any darrera any. La manca de les dades de 2010-2015 té importància en la forma de la corba observada. I un escenari d'increment continu és ecològicament impossible, tot i que els anys transcorreguts des de la declaració de la reserva són inferiors als descrits per Garcia-Rubies *et al.*, (2013) (25-30 anys) per assolir una estabilització.

Tot coneixent el menor potencial productiu de les aigües de les Illes Balears, i del que es deriva del tipus de fons a la reserva integral d'Espardell i Espardelló respecte de les riques aigües de les Illes Medes (Girona), a les que es refereix el treball de Garcia-Rubies *et al.*, (2013); no resulta inversemblant pensar en una certa estabilització dels resultats, al voltant dels seus màxims històrics observats en els darrers anys. Per això, en lloc d'emprar ara un valor de K poc precís per a Espardelló i Espardell, pensam que la millor eina per a prendre la biomassa verge com a punt de referència d'un bon estat de conservació, és simplement la mitjana dels 3 anys del 3er període (N= 54 transsectes). Un quadre de referències per a tots els indicadors, i descriptors de paisatges submarins semblants al d'Espardelló (illots amb pendent

pronunciat i baixa rugositat) i Espardell (costes rocoses amb despreniments en forma de camps de blocs, poc pendent i vaires d'alguer i arena), es pot observar a la taula 35.

Taula 35. Valors mitjans, nombre de transsectes (N), desviació típica, error estàndard i límits de confiança per a la riquesa, la densitat i biomassa d'espècies demersals, i per a la biomassa d'espècies demersals d'alt nivell tròfic (NT> 3,5) a les zones de reserva integral d'Espardelló i Espardell en el tercer període (17 a 21 anys de protecció total). Totes els resultats estan referits a 250 m².

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

Pel que fa a la biomassa, la referència a Espardelló vindria definida per una mitjana d'entre 14,0 i 22,8 kg/250 m² en el 95% dels casos (límits de confiança del 95%) i d'entre 8,6 i 10,8 kg/250 m² a Espardell. La menor quantitat d'espècies gregàries com la variada *D. vulgaris*, resulta en un interval més precís en aquest lloc respecte d'Espardelló, on aquesta espècie apareix formant moles de centenars d'individus. Aquestes referències poden ser fins i tot més útils, per precises, si tractam tan sols les espècies de major nivell tròfic (NT> 3,5), quedant-nos un interval òptim de biomassa (LC 95%) d'entre 4,8 i 7,8 kg/250 m² a Espardelló i d'entre 4,7 i 6,6 kg/250 m² a Espardell (Taula 35).

Utilitat i projecció futura dels resultats

La RMFEF ha recuperat força els seus recursos pesquers més litorals (infralitoral superior, < 15 m de fondària), la qual cosa pot redundar en millors captures de la flota d'arts menors i, a l'hora, ens brinda amb una zona excepcional de referència per a la biomassa verge o no pescada B₀, amb la seva reserva integral. Descriure la variació d'aquesta B₀ en un major espectre geogràfic, dins la reserva integral d'aquesta i d'altres AMPs balears, resultaria en una eina molt vàlida per diagnosticar l'estat dels recursos en el litoral que roman obert a la pesca (veure McClanahan, 2018 i McClanahan *et al.*, 2019). Lluny d'afirmar quantitats exactes actuals de B₀, o de creure cegament en un ajustament lineal, que ens indicaria un increment continuat dels recursos, la percepció que dona l'experiència ens diu que els marges absoluts (Taula 35) difícilment variaran en un futur.

Un dels arguments favorables a l'estabilització de la biomassa a tota la reserva marina, és l'estructura de talles d'espècies que a altres indrets produeixen un elevat % de la biomassa total: els gran serrànids (Sala, 2004; Morey *et al.*, 2020; Coll, 2020). El més comú de tots, l'anfós *E. marginatus*, assoleix tan sols una talla mitjana de 39 cm, tant a la reserva integral com a la parcial, i una moda inferior a la talla de primera maduresa (53 cm segons Reñones *et al.*, 2007), que se situa en 41-45 cm; i una talla màxima de 65cm, lluny de la màxima per a l'espècie (120 cm; Chauvet, 1988). Això ens indica que degut a les característiques fisiogràfiques i geomorfològiques dels fons infralitorals de la RMFEF, aquests actuen més com a un gran camp de *nursery* per als juvenils dels grans serrànids, que no pas com a un lloc on s'hi puguin establir poblacions abundants d'individus adults reproductors. Els valors de biomassa Bt observats als pocs hàbitat rocosos profunds (20-25m) d'aquesta reserva en anteriors campanyes (Coll *et al.*, 2018) són molt superiors als observats en l'estrat superficial, i expliquen la limitació que suposa la seva existència per als canvis ontogenètics dels grans serrànids, sempre guanyant fondària a mesura que van creixent (veure Reñones *et al.*, 2012 per als hàbitats essencials de l'espècie). Al fil d'això, afegir tan sols que l'anfós bord *M. rubra* és gairebé absent a les mostres i als seus voltants, i que els pocs individus observats d'*E. costae* també entren dins el que podem anomenar una població eminentment juvenil dins la reserva marina (Fig. 20).

Per finalitzar, i dins el context esmentat de la fisiografia submarina d'aquesta reserva marina, amb perfils batimètrics suaus i extenses zones de plataforma, resulten de gran interès les entrevistes realitzades durant la campanya amb pescadors professionals i recreatius, que relaten captures molt importants d'una espècie altament preuada; la roja *S. scrofa* en les immediacions de la reserva integral; així com d'un elasmobranqui: el gatvaire *Scylliorhinus stellaris*, catalogat en perill arreu de les Illes Balears (Grau *et al.*, 2015). Uns relats que, en el cas de la roja, quadren amb l'elevada densitat observada per a aquesta espècie en el present estudi i en anteriors campanyes. Lligar aquestes elevades densitats de roja dins la reserva integral amb les captures en els seus límits requeriria establir un disseny de mostreig adient, paral·lel a la informació oral que ens brinda el sector pesquer. I pel que fa el gatvaire, fins i tot de sistemes de mostreig diferents a l'emprat en aquests estudis de la fauna íctica litoral mitjançant escafandre autònom. Així mateix, i pel que s'ha comentat respecte dels canvis ontogenètics d'hàbitat dels grans serrànids, és altament probable que la funció de *nursery* d'aquesta reserva marina estigui nodrint fons rocosos veïns a major profunditat, el que sens dubte també cap dins el concepte o procés d'exportació de biomassa (Goñi *et al.*, 2008; Stobart *et al.*, 2009; Forcada *et al.*, 2009, entre altres).

5. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES CITADES AL TEXT

- ÁLVAREZ-BERASTEGUI, D., COLL, J., RUEDA, L., STOBART, B., MOREY, G., NAVARRO, O., APARICIO-GONZÁLEZ, A., GRAU, A. M I REÑONES, O. 2018. Multiscale seascape habitat of necto-benthic littoral species, application to the study of the dusky grouper habitat shift throughout ontogeny. *Marine Environmental Research*, 142: 21-31.
- BELL, J. D., G. J. S. CRAIK, D. A. POLLARD i B. C. RUSSELL. 1985. Estimating length frequency distributions of large reef fish underwater. *Coral Reefs*, 4: 41-44.
- BOX, A. 2011. Informe pesques experimentals Eivissa 2011. Informe tècnic de la Direcció General de Pesca del Govern de les Illes Balears. 84 pàgines.
- CHAUVET, C. 1988. Étude de la croissance du mérout *Epinephelus guaza* (Linné,1758) des côtes tunisiennes. *Aquat. living Resour*, 1:277-288.
- COLL, J. 2020. Seguiment de les comunitats marines d'Espais Naturals Protegits de les Illes Balears. Cens de poblacions de peixos (PN Cabrera). Informe tècnic per a la Direcció General d'Espais Naturals i Biodiversitat del Govern de les Illes Balears. Tragsatec. Novembre de 2020. 109 pàg + Annex 12 pàg-A3.
- COLL, J., A. GARCIA-RUBIES, G. MOREY i A. M. GRAU. 2012. The carrying capacity and the effects of protection level in three MPAs in the Balearic Islands (NW Mediterranean). *Scientia Marina*, 76(4): 809-826.
- COLL, J., A. GARCIA-RUBIES, G. MOREY, O. REÑONES, D. ÁLVAREZ-BERASTEGUI, O. NAVARRO i A. M. GRAU. 2013. Using no-take marine reserves as a tool for evaluating rocky-reef fish resources in the western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science*, 70(3): 578-590.
- COLL, J., G. MOREY i O. NAVARRO. 2016. La Reserva Marina dels Freus d'Eivissa i Formentera. Seguiment de les poblacions de peixos de substrat rocós en el període 2000-2016. Informe tècnic per a la Direcció General de Pesca del Govern de les Illes Balears. Tragsatec. 78 pàg.
- COLL, J., O. REÑONES, J. MORANTA, D. ÁLVAREZ-BERASTEGUI i L. CARDONA. 2020. Els peixos dels fons durs infralitorals de Cabrera. Efectes de 25 anys de protecció. In: Grau, A.M., J. J. Fornós, G. Mateu, P. Oliver i B. Terrassa. Arxipèlag de Cabrera: Història Natural. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 30: 243-277.
- EDGAR, G. J., R. D. STUART-SMITH, T. J. WILLIS et al., 2014. Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *NATURE*, 596. Doi: 10.1038/nature13022.
- FORCADA, A., C. VALLE, P. BONHOMME, G. CRIQUET, G. CADIOU, P. LENFANT i J. L. SÁNCHEZ-LIZASO. 2009. Effects of habitat on spillover from marine protected areas to artisanal fisheries. *Marine Ecology Progress Series*, 379: 197-211.

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

GARCIA-RUBIES, A. 1997. *Estudi ecològic de les poblacions de peixos litorals sobre substrat rocós a la Mediterrània Occidental: efectes de la fondària, el substrat, l'estacionalitat i la protecció*. Tesi Doctoral. Universitat de Barcelona.

GARCIA-RUBIES, A., B. HEREU i M. ZABALA. 2013. Long-term recovery patterns and limited spillover of large predatory fish in a Mediterranean MPA. *PlosOne*, 8(9), e73922.

GOÑI, R., S. ADLERSTEIN, D. ÁLVAREZ-BERASTEGUI, A. FORCADA, O. REÑONES, G. CRIQUET, S. POLTI, G. CADIOU, C. VALLE, P. LENFANT, P. BONHOMME, A. PÉREZ-RUZAFÀ, J.L. SÁNCHEZ-LIZASO, J.A. GARCÍA-CHARTON, G. BERNARD, V. STELZENMÜLLER AND S. PLANES. 2008. Spillover from six western Mediterranean marine protected areas: evidence from artisanal fisheries. *Marine Ecology Progress Series*. 366: 159-174

GRAU, A. M., J. MAYOL, J. OLIVER, F. RIERA i I. RIERA. 2015. Llibre vermell dels peixos de les Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient, Agricultura i Pesca. Govern de les Illes Balears. 150 pp.

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

GUIDETTI, P & E. SALA. 2007. Community-wide effects of marine reserves in the Mediterranean Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 335: 43-56.

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

HARMELIN, J-G., BACHET, F & GARCIA, F. 1995. MEDITERRANEAN MARINE RESERVES: FISH INDICES AS TESTS OF PROTECTION EFFICIENCY. *P.S.Z.N.I: MARINE ECOLOGY*, 16: 233-250.

HARMELIN-VIVIEN, M. L., HARMELIN, J-G., CHAUVET, C., DUVAL, C., GALZIN, R., LEJEUNE, P., BARNABE, G *et al.* 1985. Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons. Méthodes et problèmes. *Rev. Ecol (Terre Vie)*. 40: 467-539.

KAUFMANN, K. W. 1981. FITTING AND USING GROWTH CURVES. *OECOLOGIA*, 49: 293-299.

LOUISY, P. 2005. Peces marinos de Europa y del Mediterráneo. Ed. Omega.

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

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

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

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

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

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

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

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

REÑONES, O., A. GRAU, X. MAS, F. RIERA and F. SABORIDO-REY. 2010. Reproductive pattern of an exploited dusky grouper *Epinephelus marginatus* (lowe 1834) (Pisces: Serranidae) population in the western Mediterranean. *Scientia Marina*, 74: 523-537.

REÑONES, O., C. PIÑEIRO, X. MAS & R. GOÑI. 2007. Age and growth of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe 1834) in an exploited population of the western Mediterranean Sea. *Journal of Fish Biology*, 71: 346-362.

REÑONES, O., D. ÁLVAREZ. J. COLL, G. MOREY, O. NAVARRO, L. RUEDA, A. GRAU, B. STOBART, D. DÍAZ, A. BOX, S. DEUDERO, A. M. GRAU y R. GOÑI. 2012. Identificación del patrón de movimientos y factores ambientales que determinan la distribución espacial del mero *Epinephelus marginatus* en el Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera: aplicaciones para su conservación. Proyectos de Investigación en Parques Nacionales, 2008-2011. Pág: 407-430. Organismo Autónomo de Parques Nacionales (Ed.). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

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

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

STOBART, B., R. WARWICK, C. GONZÁLEZ, S. MALLOL, D. DÍAZ, O. REÑONES y R. GOÑI. 2009. Long-term and spillover effects of a marine protected area on an exploited fish community. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 384: 47-60.

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

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