

La Reserva Marina del Nord de Menorca

Seguiment de les poblacions de peixos de substrat rocós en el període 2000-2019



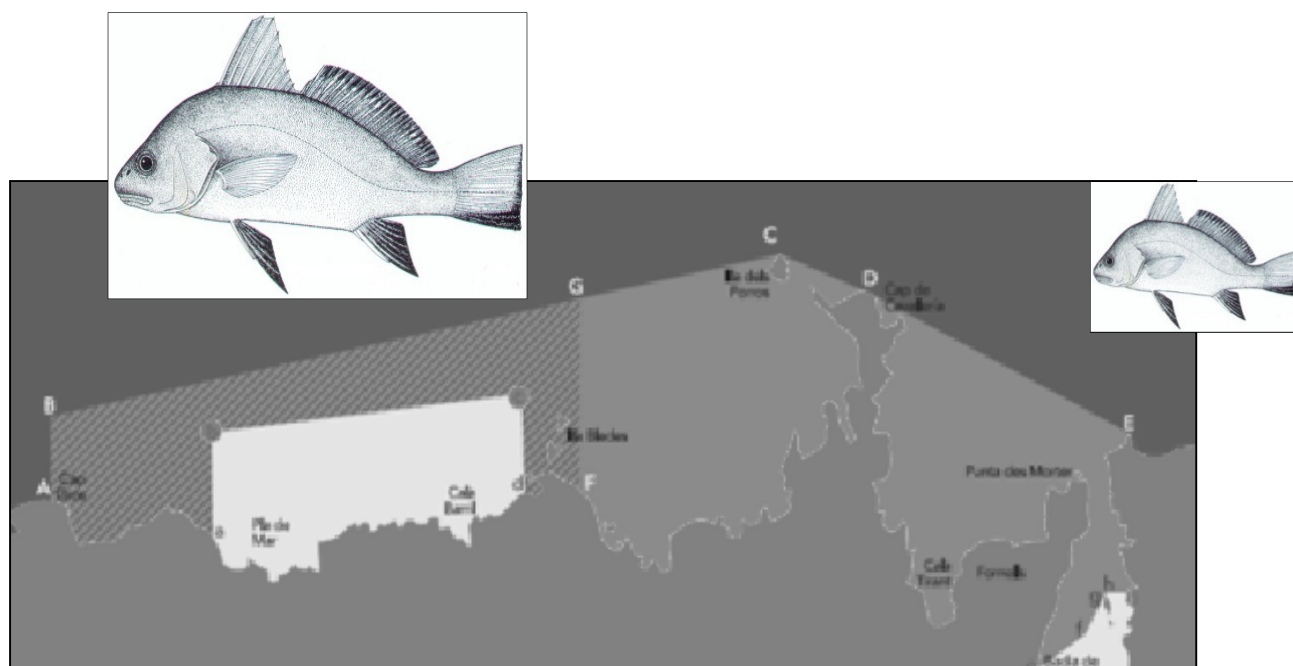
G CONSELLERIA
O AGRICULTURA,
I PESCA I ALIMENTACIÓ
B SERVEIS MILLORA
/ AGRÀRIA I PESQUERA



UNIÓN EUROPEA

FONDO EUROPEO MARÍTIMO
Y DE PESCA (FEMP)


Reserves Marines
de les Illes Balears



Autors: Josep Coll¹, Gabriel Morey¹ i Oliver Navarro²

1: Tragsatec

2: Serveis de Millora Agrària i Pesquera

 **Tragsatec**
GrupoTragsa

Índex

Resum Executiu	Pàg. 5
1. Introducció	Pàg. 7
2. Metodologia	Pàg. 7
3. Resultats	Pàg. 13
3.1. Les espècies i la riquesa	Pàg. 13
3.2. La densitat total de peixos	Pàg. 15
3.3. La biomassa total	Pàg. 21
3.4. Les espècies més freqüents i abundants	Pàg. 33
4. Conclusions i comentaris	Pàg. 58
5. Bibliografia citada al text	Pàg. 63
Annex 1	Pàg. 67

Resum Executiu

La primera quinzena de juny de 2019 s'ha desenvolupat l'onzena campanya de seguiment dels peixos litorals de fons rocosos a la Reserva Marina del Nord de Menorca (RMNM). En conjunt, s'han realitzat 108 transsectes de 250m² on s'han censat les espècies vulnerables a la pesca dels fons superficials (3-15m). S'han invertit 27 hores d'immersió i s'ha cobert una àrea de 27.000 m² de fons marí.

El seguiment s'inicià el juny de 2000, un any després de la declaració de la reserva, i a hores d'ara s'està avaluant l'efecte de vint anys acumulats de protecció total, a la reserva integral (RI), i a la reserva parcial (RP) de la RMNM. Els resultats de 2019 mostren un conjunt de 20 espècies vulnerables a la pesca i una biomassa acumulada que a RI és 4,3 vegades superior respecte al començament de l'estudi, i 5,2 vegades superior a RP.

Si per altra banda miram la distribució d'aquesta biomassa en l'espai i el temps, trobam una forta variació en totes les escales estudiades (entre transsectes, entre zones i entre diferents anys) que obscureixen la variació entre la RMNM i les zones no protegides (NR) preses com a control. Així mateix, el fet que les zones control també hagin experimentat un increment de la biomassa total, en un factor de x2,4 vegades respecte a l'inici de l'estudi, fa que la majoria d'indicadors estudiats no presentin diferències significatives entre dins i fora de la RMNM. Tan sols la riquesa mitjana d'espècies presenta valors superiors a RP respecte a RI i NR, mostrant així el major potencial històric que aquesta àrea ha reflectit en els resultats.

Els resultats generals són millors que en la darrera campanya, doncs la biomassa mitjana ha experimentat un increment del 75% tant a RI com a RP respecte del 2017. Això no obstant, el gruix de la biomassa està representada per espècies d'un nivell tròfic relativament baix (NT<3,5), bàsicament espàrids, i a on les espècies depredadores més preuades (anfossos, escorballs, cap-roigs, mòlleres, etc.) tan sols representen el 30% del total. La importància dels espàrids dins les mostres i el fet de la seva tendència a l'alça a la major part de llocs estudiats a les Illes Balears, protegits i no protegits, obscureix com s'ha dit les diferències entre dins i fora la RMNM.

La RI de la RMNM es mostra com una àrea de trànsit en el cicle vital de moltes espècies, que recluten com a juvenils dins aquesta àrea, i després es mouen per trobar hàbitats més adients. La topografia de pendent poc pronunciada i continuïtat d'hàbitat (roca i posidònia) que presenta la RI afavoreix moviments d'ampli abast, paral·lels a costa, i d'altres perpendiculars, per guanyar fondària, com a resposta a les fortes variacions ambientals (temperatura, hidrodinamisme, disponibilitat d'aliment) dels llocs estudiats. Tot i aquests desplaçaments, l'indicador que respon d'una forma més clara a la protecció és la distribució de talles de les espècies. Per a una abundància de peixos semblant entre dins i fora de la reserva marina,

aquesta presenta una proporció d'individus grossos, de talla legal, superior a la de les zones control no protegides.

Tant la major talla de les espècies estudiades com els valors de biomassa mitjana enregistrats el 2019, amb 5,0 kg/250 m² a RI, i 8,3 kg/250 m² a RP, estan més d'acord amb els resultats d'altres reserves marines pesqueres de les Illes Balears que els resultats que s'havien observat el 2017.

1. Introducció

La Reserva Marina del Nord de Menorca (RMNM) va ser declarada el juny de 1999 (Ordre de 15 de juny de 1999. BOCAIB Núm. 81) i des de l'any 2000 la Direcció General de Pesca del Govern de les Illes Balears inicià un estudi de seguiment dels seus recursos pesquers. Les metodologies aplicades han estat variades al llarg dels vint anys transcorreguts, destacant les campanyes de pesques experimentals del CSIC-IMEDEA que tingueren lloc durant els 4 primers anys de seguiment (Morales-Nin *et al.*, 2004), l'estudi dels poblaments bentònics (Ballesteros i Cebrián, 2004), el seguiment dels quaderns de captures de la flota de Fornells (Coll *et al.*, 2007a) i el seguiment dels peixos de fons rocosos mitjançant tècniques no destructives de censos visuals en escafandre autònom (Garcia-Rubies i Coll, 2004; Coll *et al.*, 2012, 2013, 2007a,b, 2011 i 2017). Aquesta metodologia no destructiva dels censos visuals ha estat la que ha tingut més continuïtat, tal com ha succeït a altres àrees marines protegides (AMPs) de la Mediterrània.

El present informe tècnic incorpora les dades dels censos visuals de la campanya de juny de 2019, realitzada tan sols sobre fons superficials (3-15 m), i que suposa l'onzena campanya des que s'inicià el seguiment. El darrer informe tècnic datava de 2017, i en ell es va descriure una situació pobre de la reserva marina, amb valors baixos dels indicadors emprats; i on tan sols els hàbitats més profunds (20-25 m) van mostrar un efecte reserva, en consonància amb les millors condicions naturals que presenta el cap de Cavalleria, dins l'àrea parcialment protegida, respecte de la reserva integral.

Com en tots els casos anteriors en el seguiment de la RMNM, l'objectiu principal d'aquest estudi ha estat avaluar l'evolució temporal i les diferències entre diferents nivells de protecció sobre una sèrie d'indicadors calculats a partir dels censos: el nombre d'espècies o riquesa específica, la densitat de peixos, la distribució de talles i la biomassa.

2. Metodologia

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

La RMNM ocupa una àrea de 5.119 ha marines (Figura 2.1) i està dividida en tres nivells de protecció: les reserves integrals, la més important d'elles situada a la zona dels Alocs, i la de la colàrsega de Fornells, que té fons predominantment blans. Al voltant de la reserva integral dels Alocs hi ha una zona de veda per a la pesca recreativa. En tercer lloc hi ha la resta de la reserva, que aquí a efectes pràctics anomenam com a "reserva parcial".



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

Dins la reserva integral dels Alocs, dins la reserva parcial i fora de la reserva marina es varen triar 2 zones sobre fons rocosos. En cadascuna d'aquestes zones es realitzaren 18 transsectes de 50x5 m en el transcurs de, al menys, dos dies diferents. En la present campanya, les dades es van prendre entre el 13 i el 21 de juny. Per causes meteorològiques, el juny de 2000 tan sols es varen poder realitzar 9 transsectes a cada zona. A la figura 2.2 es pot observar la distribució de les zones d'estudi en els fons superficials.

La sèrie temporal actual consta de 11 campanyes en els fons superficials: juny de 2000, octubre de 2000, juny de 2001, juny de 2002, juny de 2003, octubre de 2003, juny de 2005, juny de 2007, juny de 2011, juny de 2017 i juny de 2019.

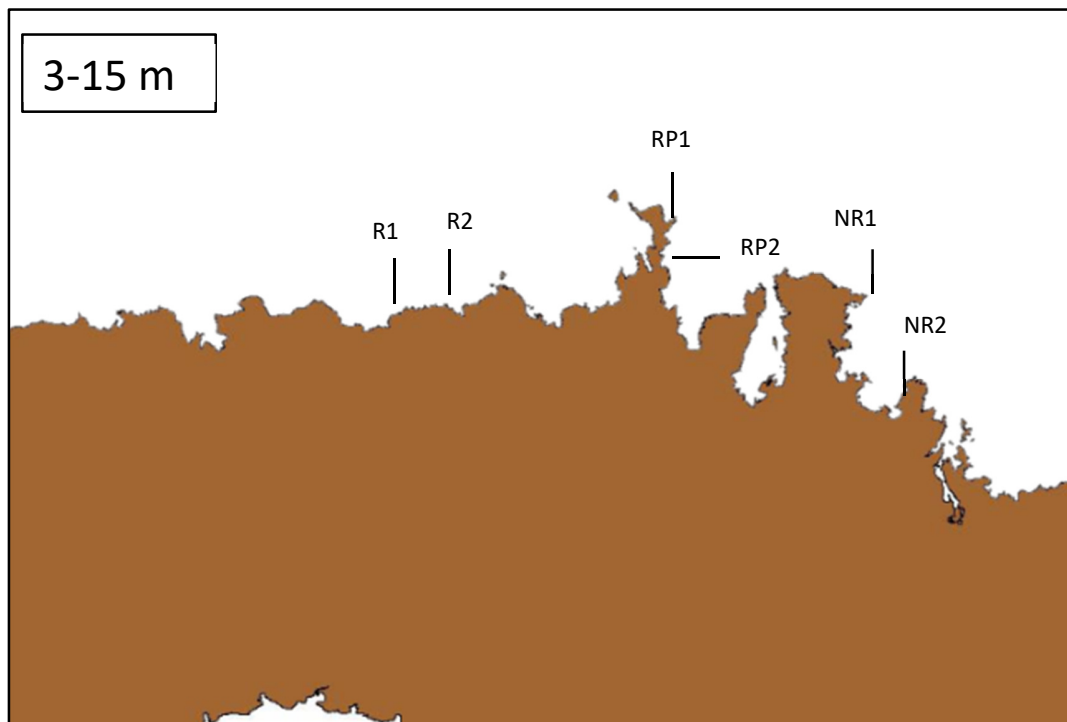


Figura 2.2. Distribució de les zones de mostreig en l'estrat superficial (3-15 m) de la RMNM. R: reserva integral; RP: reserva parcial; NR: no reserva.

2.2. La presa de dades

La unitat de mostra la constituï 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 tota la comunitat de peixos. Així mateix, en tractar-se d'un mètode de presa de dades no destructiu, la seva aplicació és especialment adequada per a estudis relacionats amb les àrees marines protegides. Cada bussejador estava familiaritzat en el reconeixement de les espècies, el cens i l'estima de talla. L'estima de talla s'ha vingut entrenant amb els anys després de seguir protocols amb distribucions de peixos artificials i contrastar

l'agrupament per classe de talla que menys diferència donà entre la distribució observada i la real mitjançant un test de Kolmogorov-Smirnov (Bell *et al.*, 1985). Tots els 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 pre-establertes que seguien, aproximadament, una progressió geomètrica de classe 2 (1; 2; 3-5; 6-10; 11-30; 31-50; 51-100; etc.). Les talles s'estimaren en classes de 2 cm. L'error en l'estimació 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 la cirviola (*Seriola dumerili*), els espets (*Sphyraena* spp.), la palomida (*Lichia amia*), etc. De caire més demersal però amb moviments d'ampli abast també hem inclòs en aquesta categoria el déntol (*Dentex dentex*) i el llop (*Dicentrarchus labrax*).

Categoria 3: peixos característicament necto-bentònics, en general mesòfags, que efectuen desplaçaments verticals moderats i horitzontals importants, però amb una marcada fidelitat per zones determinades. Tots pertanyen a la família dels espàrids i presenten una activitat bàsicament diürna. Les morrudes, els sards i les variades (*D. puntazzo*, *D. sargus*, *D. vulgaris*), la càntera (*Spondyliosoma 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 macròfags carnívors, marcadament sedentaris, amb desplaçaments verticals i horitzontals poc importants. Els grans làbrids (*Labrus* spp.) i els serrànids (*Epinephelus* spp. i *Mycteroperca rubra*) en serien els representants més típics.

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

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

2.3. Tractament estadístic de les dades

A partir de les dades d'espècies i talles es va generar una matriu de mostres/espècie/densitat i una altra matriu de mostres/espècie/biomassa. Cada transsecte es va prendre com a unitat de mostra o rèplica, i es va calcular el nombre d'espècies vulnerables, la densitat total de peixos, la biomassa total i la densitat i biomassa per a cada espècie. Per al càlcul de la biomassa es va fer ús de les relacions talla:pes descrites per Morey *et al.* (2003). La riquesa, biomassa i densitat total es varen calcular tan sols per a les espècies demersals de baix *home range*, obviat les espècies de caire més pelàgic (categoria 1 d'Harmelin (1987)).

L'efecte del temps de protecció a cadascun dels tres nivells considerats ha estat comprovat mitjançant una anàlisi de la variància (ANOVA) amb un factor fix, anomenat "Protecció" (*Ph*), que

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

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

En els casos en què es detectà interacció TjxPh s'analitzaren les diferències entre els diferents anys o entre els diferents nivells de protecció en el primer i darrer any d'estudi mitjançant els tests *a posteriori* de Newman-Keuls.

També es va analitzar l'estructura de talles de les espècies més freqüents i abundants (*Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris*, *Diplodus puntazzo*) o bones indicadores de l'efecte reserva per ser espècies sedentàries i preuades pels pescadors (*Epinephelus marginatus*, *L. merula* i *Sciaena umbra*) quan el seu nombre dins cada tractament (nivell de protecció i temps) fou prou elevat ($N > 30$). Les distribucions de talles es van comparar entre nivells de protecció mitjançant el test de Kolmogorov-Smirnov. En els casos en què el nombre d'individus va ser baix, s'incrementà el període d'estudi als darrers tres anys de mostreig (2019, 2017 i 2011) o, en algun cas extrem, a tota la sèrie temporal (2000 a 2019). Sovint en aquests casos la freqüència d'individus per classe de talla de 2 cm va ser molt baixa dins algun dels nivells de protecció. En aquests casos es va ampliar la classe de talla amb intervals de 4 o 10 cm i es va aplicar una comparació entre nivells de protecció mitjançant el test de χ^2 . De forma gràfica es van comparar les freqüències acumulades d'individus juvenils i adults (talla legal de captura) al llarg dels 11 anys mostrejats

en cada nivell de protecció. Totes les anàlisis foren realitzades amb el programa estadístic Statistica 6.0.

3.Resultats

3.1. Les espècies i la riquesa

S'han enregistrat un total de vint-i-dues espècies vulnerables a la pesca en el període comprés entre 2000 i 2019, si bé quatre d'elles (*D. dentex*, *D. labrax*, *S. dumerili* i *S. viridensis*) no seran tingudes en compte en les anàlisis quantitatives per mor dels seus grans desplaçaments en períodes curts de temps. Dins la reserva integral (RI) s'enregistraren vint espècies, denou dins la reserva parcial (RP) i devuit dins les zones control (NR) (Taula 3.1).

Taula 3.1. Espècies vulnerables a la pesca enregistrades dins els transsectes entre 2000 i 2019.

	Reserva Integral (RI)	Reserva Parcial (RP)	No Reserva (NR)
<i>Dentex dentex</i>	+	+	+
<i>Dicentrarchus labrax</i>	+	+	-
<i>Seriola dumerili</i>	+	+	-
<i>Sphyraena viridensis</i>	-	+	-
<i>Conger conger</i>	-	-	+
<i>Diplodus puntazzo</i>	+	+	+
<i>Diplodus sargus</i>	+	+	+
<i>Diplodus vulgaris</i>	+	+	+
<i>Sparus aurata</i>	+	+	+
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	+	+	+
<i>Epinephelus caninus</i>	+	-	+
<i>Epinephelus costae</i>	+	+	-
<i>Epinephelus marginatus</i>	+	+	+
<i>Mycteroperca rubra</i>	+	+	+
<i>Labrus merula</i>	+	+	+
<i>Labrus viridis</i>	+	+	+
<i>Muraena helena</i>	+	+	+
<i>Phycis phycis</i>	+	+	+
<i>Sciaena umbra</i>	+	+	+
<i>Scorpaena notata</i>	+	+	+
<i>Scorpaena porcus</i>	+	+	+
<i>Scorpaena scrofa</i>	+	-	+
Total	20	19	18

A la figura 3. 1 es pot observar com els canvis temporals en la riquesa mitjana són més acusats dins RP i dins RI, on presentaren una tendència lleugerament creixent, tot assolint valors per damunt de 3,5 i 4 espècies/transsecte. A les zones control la riquesa s'estabilitzà al voltant de les tres espècies/transsecte. Tot i aquestes lleugeres diferències gràfiques, l'anàlisi de la variància no detecta una interacció significativa entre els factors nivell de protecció i temps (Taula 3.2), el que vol dir que durant la major part de la sèrie temporal estudiada, la riquesa ha estat superior dins la reserva marina (RP>R>NR, Tukey test; $p<0,025$). En general els valors de riquesa han estat baixos, amb una mitjana dins RI de $3,3\pm 0,1$ espècies/transsecte, en front de $3,8\pm 0,1$ dins la RP, i $3,1\pm 0,1$ als controls.

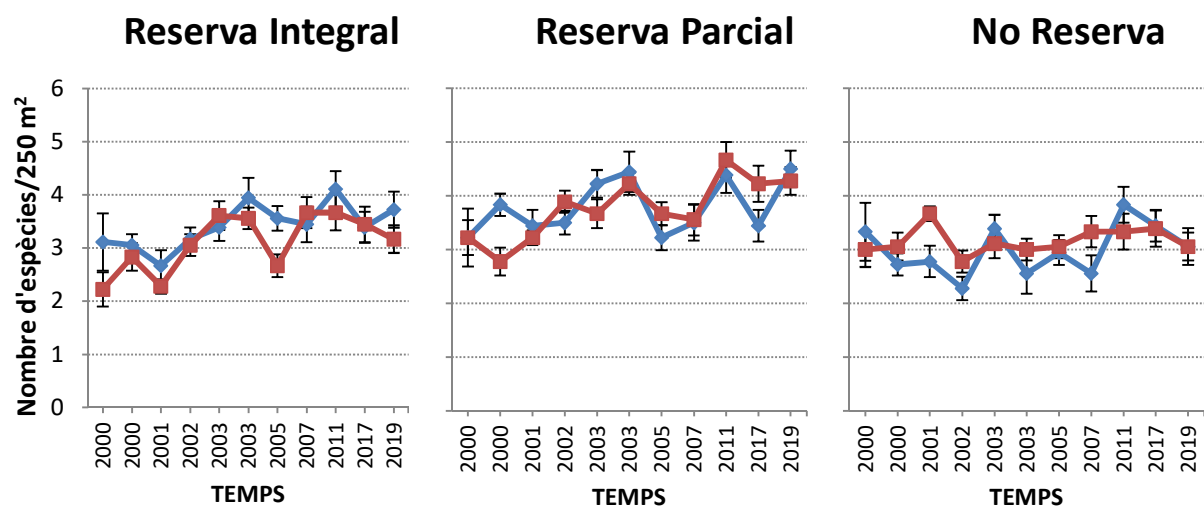


Figura 3.1. Variació del nombre mitjà d'espècies entre 2000 i 2019 dins la reserva integral, la reserva parcial i les zones control del nord de Menorca. **Blau (Zona1). Vermell (Zona 2)**

Taula 3.2. Anàlisi de la variància de la riquesa d'espècies entre les 11 campanyes (TEMPS), el nivell de protecció (PROT) i la zona niada dins el nivell de protecció. SQ: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test d'F; p = nivell de significància.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	12376,56	1	12376,56	3264,813	0,000012
TIME	107,42	10	10,74	6,094	0,000053
PROT	96,17	2	48,09	12,685	0,034389
TIME*PROT	60,77	20	3,04	1,724	0,086336
ZONA(PROT)	11,37	3	3,79	2,173	0,110651
TIME*ZONA(PROT)	52,88	30	1,76	1,380	0,084394
Error	1363,94	1068	1,28		

3.2. La densitat total de peixos

El temps ha estat un factor significatiu que ha produït un increment de densitat de peixos tant a la reserva integral com a la reserva parcial, i fins i tot també als controls (Fig. 3.2). La densitat mitjana de peixos demersals era força homogènia entre els tres nivells de protecció estudiats l'any 2000, amb valors mitjans d'entre 10 i 15 individus/transsecte. El present any de 2019 les densitats han estat superiors, entre 20 i 30 individus/transsecte a RI, entre 30 i 35 individus/transsecte a RP i entre 15 i 25 individus/transsecte a NR, després d'un procés continu d'increment en el nombre de peixos en els tres nivells. Tot i això, les variacions als controls han provocat que l'anàlisi de la variància no detectés una interacció significativa entre els factors Temps x Protecció (Taula 3.3), la qual cosa ens suggereix que hi ha hagut factors aliens a la protecció de la reserva marina que també han influït en els resultats. La densitat de les espècies censades es pot veure a les taules 3.4 a 3.9.

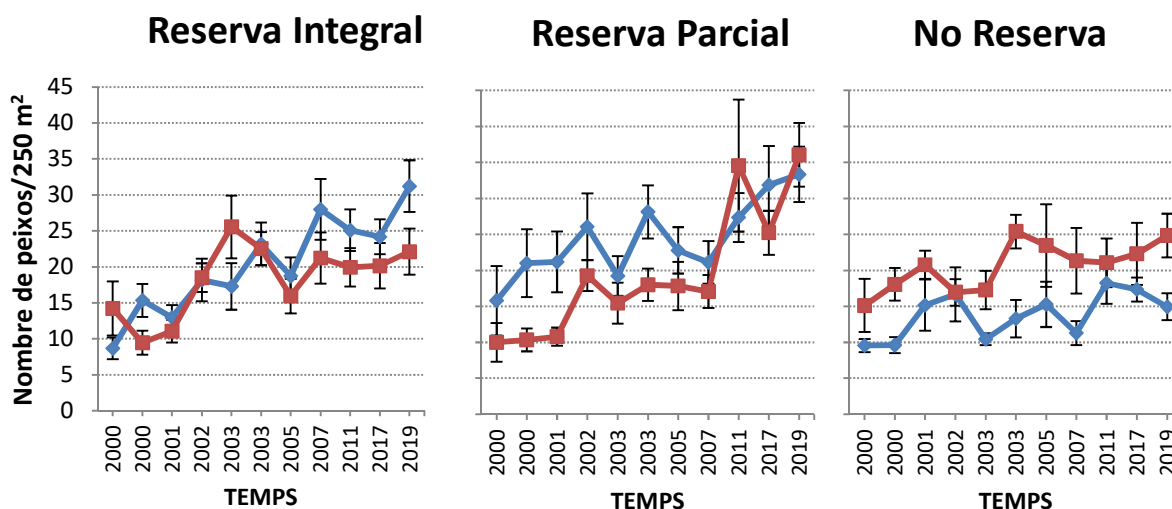


Figura 3.2. Variació de la densitat mitjana de peixos entre 2000 i 2019 dins la reserva integral, la reserva parcial i les zones control del nord de Menorca. **Blau (Zona1). Vermell (Zona 2).**

Taula 3.3. Anàlisi de la variància de la densitat de peixos (transformada segons $\log_{10}(x+1)$) entre 2000 i 2019 (TEMPS), el nivell de protecció (PROT) i la zona niada dins el nivell de protecció. SQ: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significància.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	1615,520	1	1615,520	1189,757	0,000054
TIME	10,654	10	1,065	13,368	0,000000
PROT	1,120	2	0,560	0,412	0,694659
TIME*PROT	2,670	20	0,134	1,675	0,098016
ZONA(PROT)	4,074	3	1,358	17,146	0,000001
TIME*ZONA(PROT)	2,391	30	0,080	1,204	0,208258
Error	70,682	1068	0,066		

Taula 3.4. Densitat mitjana i error estàndard (EE) de totes les espècies vulnerables a la pesca censades a la zona 1 de la reserva integral (punta de la Pedra de sa Sal) el 2019 i en quatre campanyes anteriors.

	2000		2002		2005		2017		2019	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<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>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>D. puntazzo</i>	0,0	0,0	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1
<i>D. sargus</i>	2,3	0,8	3,9	0,9	3,8	1,1	5,7	1,0	5,4	0,8
<i>D. vulgaris</i>	4,4	1,1	12,5	2,3	12,2	2,3	16,6	2,1	22,9	4,0
<i>S. aurata</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>S. cantharus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. caninus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. costae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. marginatus</i>	0,7	0,3	0,5	0,2	1,1	0,3	0,3	0,1	0,5	0,2
<i>M. rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>L. merula</i>	0,1	0,1	0,6	0,2	0,7	0,2	0,7	0,2	1,3	0,3
<i>L. viridis</i>	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1
<i>P. phycis</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. umbra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	0,2
<i>S. porcus</i>	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>S. scrofa</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1

Taula 3.5. Densitat mitjana i error estàndard (EE) de totes les espècies vulnerables a la pesca censades a la zona 2 de la reserva integral (cala Calderer) el 2019 i en quatre campanyes anteriors.

	2000		2002		2005		2017		2019	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<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. helenae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>D. puntazzo</i>	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,4	0,2	0,2	0,1
<i>D. sargus</i>	3,0	1,1	6,3	1,0	3,8	0,8	4,9	0,9	6,4	1,3
<i>D. vulgaris</i>	10,7	3,2	10,9	1,4	11,2	2,1	13,5	2,4	13,9	2,3
<i>S. aurata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>S. cantharus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. caninus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. costae</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. marginatus</i>	0,1	0,1	0,4	0,1	0,3	0,1	0,4	0,2	0,3	0,2
<i>M. rubra</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>L. merula</i>	0,2	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	0,6	0,1	0,9	0,2
<i>L. viridis</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>P. phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. umbra</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3	0,2
<i>S. porcus</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0

Taula 3.6. Densitat mitjana i error estàndard (EE) de totes les espècies vulnerables a la pesca censades a la zona 1 de la reserva parcial (s'Olla) el 2019 i en quatre campanyes anteriors.

	2000		2002		2005		2017		2019	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<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. helenae</i>	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>D. puntazzo</i>	0,8	0,3	0,5	0,2	0,3	0,1	0,9	0,3	1,4	0,5
<i>D. sargus</i>	8,3	4,3	6,3	2,0	9,2	2,4	7,9	0,9	9,4	1,4
<i>D. vulgaris</i>	5,4	1,0	17,2	4,2	11,8	2,4	21,7	5,5	18,5	2,6
<i>S. aurata</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. cantharus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	1,8	0,6
<i>E. caninus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. costae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. marginatus</i>	0,8	0,4	1,3	0,4	1,1	0,2	0,8	0,2	1,1	0,2
<i>M. rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>L. merula</i>	0,2	0,1	0,4	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,6	0,2
<i>L. viridis</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1
<i>P. phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>S. umbra</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2
<i>S. porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>S. scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Taula 3.7. Densitat mitjana i error estàndard (EE) de totes les espècies vulnerables a la pesca censades a la zona 2 de la reserva parcial (cala Viola de Llevant/Sa Trona) el 2019 i en quatre campanyes anteriors.

	2000		2002		2005		2017		2019	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<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. helenae</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>D. puntazzo</i>	0,6	0,3	0,8	0,2	0,6	0,2	0,9	0,3	0,7	0,2
<i>D. sargus</i>	2,3	1,0	6,6	1,3	2,8	0,8	11,9	2,4	23,1	3,9
<i>D. vulgaris</i>	5,1	1,4	9,7	1,5	12,4	2,9	9,6	1,9	8,6	1,4
<i>S. aurata</i>	0,0	0,0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>S. cantharus</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	1,2	0,8
<i>E. caninus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. costae</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. marginatus</i>	0,9	0,3	1,1	0,2	1,0	0,2	1,7	0,3	0,8	0,2
<i>M. rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>L. merula</i>	1,0	0,3	0,6	0,2	0,4	0,1	0,6	0,2	1,3	0,2
<i>L. viridis</i>	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
<i>P. phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. umbra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Taula 3.8. Densitat mitjana i error estàndard (EE) de totes les espècies vulnerables a la pesca censades a la zona 1 de l'àrea control no protegida (punta Pentiner) el 2019 i en quatre campanyes anteriors.

	2000		2002		2005		2017		2019	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<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>	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
<i>D. puntazzo</i>	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,8	0,3	0,6	0,3
<i>D. sargus</i>	1,0	0,2	1,9	0,8	2,2	1,1	3,6	1,0	1,6	0,4
<i>D. vulgaris</i>	6,7	1,1	13,8	3,7	11,4	2,4	11,4	1,5	11,3	1,7
<i>S. aurata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. cantharus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0
<i>E. caninus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. costae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. marginatus</i>	1,0	0,2	0,4	0,1	0,3	0,1	0,5	0,2	0,3	0,1
<i>M. rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>L. merula</i>	0,1	0,1	0,2	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1	1,1	0,2
<i>L. viridis</i>	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>P. phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. umbra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. porcus</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0
<i>S. scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1

Taula 3.9. Densitat mitjana i error estàndard (EE) de totes les espècies vulnerables a la pesca censades a la zona 2 de l'àrea control no protegida (Arenal d'en Castell) el 2019 i en quatre campanyes anteriors.

	2000		2002		2005		2017		2019	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>C. conger</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>M. helenae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>D. puntazzo</i>	0,1	0,1	0,4	0,2	0,4	0,1	0,8	0,2	0,3	0,1
<i>D. sargus</i>	5,0	2,5	3,2	0,6	10,7	5,5	6,8	2,1	8,2	2,6
<i>D. vulgaris</i>	8,9	1,6	12,3	1,5	11,3	1,6	13,5	2,8	15,3	1,5
<i>S. aurata</i>	0,0	0,0	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. cantharus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3	0,2	0,0	0,0
<i>E. caninus</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. costae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. marginatus</i>	0,9	0,3	0,7	0,2	0,4	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1
<i>M. rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>L. merula</i>	0,2	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1	0,3	0,1	0,4	0,1
<i>L. viridis</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
<i>P. phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>S. umbra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2	0,2	0,1
<i>S. porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
<i>S. scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

3.3. La biomassa total de peixos

El pas del temps ha produït increments importants de biomassa de peixos en els tres nivells de protecció estudiats. La campanya de 2019 ha ofert resultats més positius que la de 2017, quan s'observà una lleugera recessió en la biomassa. Enguany, la biomassa dins RI se situa entre 4 i 6 kg/transsecte, segons la zona, el que representa un increment del mateix factor, d'entre x4 i x6 vegades respecte la biomassa original estimada l'any 2000 (Fig. 3.3). A RP, l'increment respecte al 1er any d'estudi, és de fins a 9 vegades a la zona 2 (cala Viola de Llevant/sa Trona), situant-se actualment en els 9 kg/transsecte; i de 4 vegades a la zona 1 (s'Olla del cap de Cavalleria), amb 8 kg/transsecte (Fig. 3.3). A les zones control, la zona 1 (punta Pentiner) continua mostrant una biomassa baixa: 2,4 kg/transsecte, però que és superior a la majoria dels valors observats abans, que estaven per davall dels 2,0 kg/transsecte. A la zona 2 (s'Arenal d'en Castell) la biomassa s'ha incrementat entre 3 i 5 vegades a les dues darreres campanyes respectivament (3,0 i 4,7 kg/transsecte) en front dels valors de 2000, que eren inferiors a 1 kg/transsecte (Fig. 3.3).

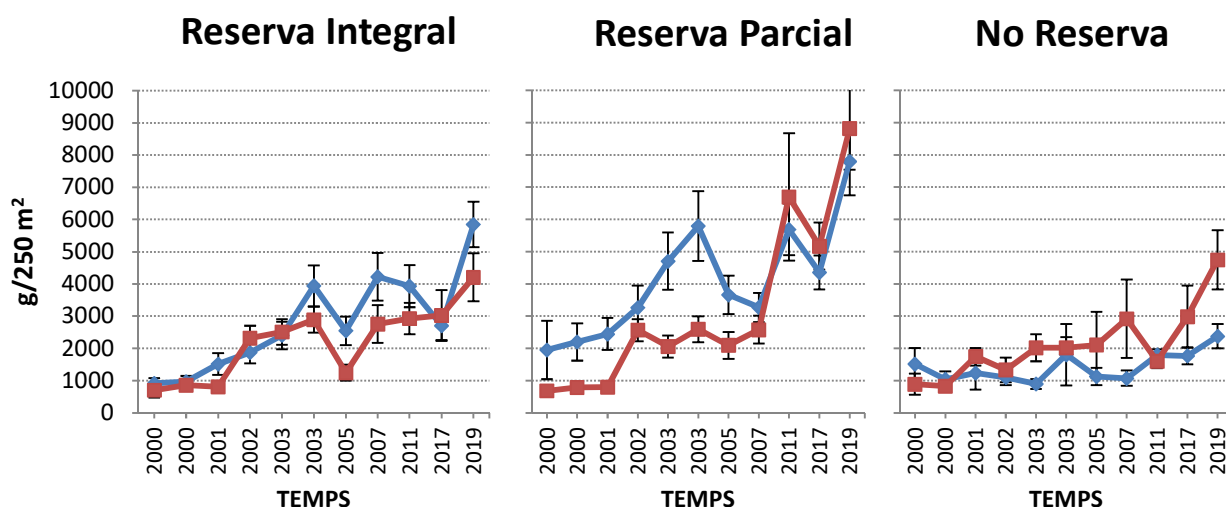


Figura 3.3. Variació de la biomassa mitjana de peixos entre 2000 i 2019 dins la reserva integral, la reserva parcial i les zones control del nord de Menorca. **Blau (Zona1). Vermell (Zona 2).**

El major increment produït dins les zones total o parcialment protegides es veu reflectit en l'anàlisi de la variància, que mostra una interacció significativa per als factors Temps x Prot (Taula 3.10). Tot i això, l'increment observat als controls fa que les diferències entre dins i fora la reserva no siguin significativament ($p=0,08$) superiors a la variació existent entre zones dins un mateix nivell de protecció (Taula 3.10). Malgrat aquesta manca de diferències a gran escala espacial (dins vs. fora la reserva), totes les anàlisis temporals expressen l'increment significatiu a cadascuna de les dues zones estudiades a RI i a RP (Taulas 3.11 i 3.12, i Annex 1).

La gran variabilitat existent a mitjana i petita escala espacial (entre zones i transectes respectivament) fa aconsellable re-analitzar les dades mitjançant anàlisi de la covariància, tenint en compte les variables d'hàbitat més importants: la rugositat i la fondària. Així, podem veure com a la zona 1 (punta de la Pedra de sa Sal), la influència positiva d'una major fondària, sempre dins els límits de l'estrat pre-establert (3-15 m), i de la rugositat, han estat significatives dins l'anàlisi (Taula 3.11). Tot i això, el factor principal, el temps de protecció, continua essent significatiu malgrat s'hagi extret la variabilitat deguda a les covariables esmentades, subratllant-se així l'efecte de la protecció.

Taula 3.10. Anàlisi de la variància de la biomassa de peixos entre 2000 i 2019 (TEMPS), el nivell de protecció (PROT) i la zona niada dins el nivell de protecció. SQ: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significàcia.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	7565035387,5	1	7565035387,5	147,3152	0,001204
TIME	1789646497,4	10	178964649,7	18,0369	0,000000
PROT	640996205,2	2	320498102,6	6,2411	0,085297
TIME*PROT	485128431,1	20	24256421,6	2,4447	0,013062
ZONA(PROT)	154058127,5	3	51352709,2	5,2338	0,004760
TIME*ZONA(PROT)	297664454,6	30	9922148,5	1,4222	0,066377
Error	7451179401,9	1068	6976759,7		

Taula 3.11. A) Anàlisi de la covariància de la biomassa de peixos entre els diferents anys de la sèrie temporal 2000 -2019 dins la zona 1 de la RI de la RMNM, i les covariables d'hàbitat: ProfM (profunditat mitjana) i RUG (rugositat). SQ: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significàcia. B) La mateixa anàlisi sense les covariables d'hàbitat.

A)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	19883297	1	19883297	4,88763	0,028339
ProfM	39.707.784,53	1	39707785	9,76081	0,002085
RUG	72.206.238,53	1	72206239	17,74945	0,000040
TIME	258.457.787,93	10	25845779	6,35331	0,000000
Error	715.982.453,65	176	4.068.082,12		
B)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	1429355740,7	1	1429355740,7	305,9647	0,000000
TIME	389.696.781,53	10	38.969.678,15	8,3418	0,000000
Error	831.551.234,31	178	4.671.636,15		

A la zona 2 (cala Calderer), les covariables no han resultat significatives, el que indica una major homogeneïtat d'hàbitat dins els mostreigs, però sí ho ha estat el factor principal d'anàlisi: temps de protecció (Taula 3.12). En els tests a posteriori de l'annex 1 es pot apreciar com la influència de la darrera campanya de 2019 és de les més importants en les diferències temporals observades.

A la reserva parcial ocorre quelcom semblant doncs tant a la zona 1 com a la zona 2, l'efecte del temps produeix un increment significatiu de la biomassa mitjana que és independent de la rugositat i de la fondària (Taules 3.13 i 3.14). Aquestes covariables tan sols varen ser significatives a la zona 1 però l'extracció de la variància que introdueixen no ha restat significàcia a la variació temporal, molt influïda també per la darrera campanya (Annex 1).

A les zones control, tan sols la zona 2 ha experimentat un increment significatiu de biomassa degut al factor temps, tot i extreure l'efecte significatiu de la fondària (Taules 3.15 i 3.16).

Taula 3.12. A) Anàlisi de la covariància de la biomassa de peixos entre els diferents anys de la sèrie temporal 2000 -2019 dins la zona 2 de la RI de la RMNM, i les covariables d'hàbitat: ProfM (profunditat mitjana) i RUG (rugositat). SQ: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significància. B) La mateixa anàlisi sense les covariables d'hàbitat.

A)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	4244836	1	4244836	1,052533	0,306332
ProfM	43003	1	43003	0,010663	0,917873
RUG	11348468	1	11348468	2,813921	0,095225
TIME	219774372	10	21977437	5,449438	0,000000
Error	709803212	176	4032973		
B)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	881775604	1	881775604	217,6448	0,000000
TIME	212731834	10	21273183	5,2508	0,000001
Error	721157052	178	4051444		

Taula 3.13. A) Anàlisi de la covariància de la biomassa de peixos entre els diferents anys de la sèrie temporal 2000 -2019 dins la zona 1 de la RP de la RMNM, i les covariables d'hàbitat: ProfM (profunditat mitjana) i RUG (rugositat). SQ: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significància. B) La mateixa anàlisi sense les covariables d'hàbitat.

A)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	11926321,30	1	11926321	1,27560	0,260256
TIME	558142633,26	10	55814263	5,96969	0,000000
ProfM	107686786,14	1	107686786	11,51779	0,000852
RUG	43205330,42	1	43205330	4,62109	0,032947
Error	1645530432,21	176	9349605		
B)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	3053790917,14	1	3053790917,14	306,8263	0,000000
TIME	533136566,87	10	53313656,69	5,3566	0,000001
Error	1771604523,92	178	9952834,40		

Taula 3.14. A) Anàlisi de la covariància de la biomassa de peixos entre els diferents anys de la sèrie temporal 2000 -2019 dins la zona 2 de la RP de la RMNM, i les covariables d'hàbitat: ProfM (profunditat mitjana) i RUG (rugositat). SQ: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test d'F; p = nivell de significància. B) La mateixa anàlisi sense les covariables d'hàbitat.

A)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	192173841,86	1	192173842	16,36865	0,000078
TIME	1186532692,31	10	118653269	10,10644	0,000000
ProfM	4646638,68	1	4646639	0,39578	0,530091
RUG	28079556,67	1	28079557	2,39171	0,123776
Error	2066302842,16	176	11740357		
B)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	1818787301,28	1	1818787301,28	154,0451	0,000000
TIME	1188039722,18	10	118803972,22	10,0623	0,000000
Error	2101619256,38	178	11806849,75		

Taula 3.15. A) Anàlisi de la covariància de la biomassa de peixos entre els diferents anys de la sèrie temporal 2000 -2019 dins la zona 1 de l'àrea no protegida, i les covariables d'hàbitat: ProfM (profunditat mitjana) i RUG (rugositat). SQ: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test d'F; p = nivell de significància. B) La mateixa anàlisi sense les covariables d'hàbitat.

A)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	177231	1	177231	0,060903	0,805362
TIME	40956986	10	4095699	1,407430	0,180231
ProfM	348122	1	348122	0,119627	0,729852
RUG	19357072	1	19357072	6,651788	0,010723
Error	512169798	176	2910056		
B)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	370918626	1	370918626	124,1692	0,000000
TIME	37348041	10	3734804	1,2503	0,262213
Error	531722290	178	2987204		

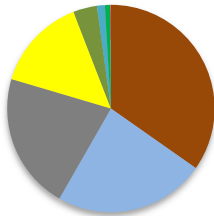
Taula 3.16. A) Anàlisi de la covariància de la biomassa de peixos entre els diferents anys de la sèrie temporal 2000 -2019 dins la zona 2 de l'àrea no protegida, i les covariables d'hàbitat: ProfM (profunditat mitjana) i RUG (rugositat). SQ: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significància. B) La mateixa anàlisi sense les covariables d'hàbitat.

A)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	4404112,37	1	4404112	0,55128	0,458783
TIME	190759846,65	10	19075985	2,38783	0,011151
ProfM	84200388,89	1	84200389	10,53978	0,001399
RUG	817021,56	1	817022	0,10227	0,749501
Error	1406032557,01	176	7988821		
B)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	805461530,63	1	805461531	95,99581	0,000000
TIME	211486437,88	10	21148644	2,52052	0,007355
Error	1493525045,60	178	8390590		

Integrant la biomassa de tots els transectes i d'ambdues zones dins cada nivell de protecció podem avaluar la composició d'espècies. Per avaluar la situació inicial de la reserva s'han pres les dades de juny de 2001, comparables amb les de juny de 2019, doncs el juny de 2000 les males condicions de la mar permeteren realitzar tan sols el 50% dels transectes prevists dins cada zona (normalment N= 18). Així, a la figura 3.4 podem observar que la biomassa augmentà per un factor de x4,3 en el conjunt de la reserva integral, des de 42 kg a 181 kg entre 2001 i 2019, referint-nos a una àrea de 4.500 m² (250 m² x 18 transectes). Però el fet més destacable d'aquest increment és que tot i tractar-se d'una àrea totalment protegida, la major part de la biomassa (70%) està integrada per dues espècies de nivell tròfic relativament baix (< 3,5 segons Froese i Pauly, 2019) com són els espàrids *D. vulgaris* i *D. sargus*. Altres espècies de major nivell tròfic, com *S. umbra* i *E. marginatus* signifiquen tan sols el 18% de la biomassa de la RI en la darrera campanya de 2019.

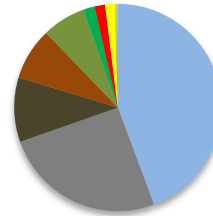
Reserva Integral 2001

Biomassa= **42 kg**



Reserva Integral 2019

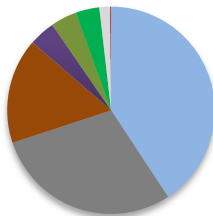
Biomassa= **181 kg**



■ DIPVUL
■ DIPSAR
■ SCIU MB
■ EPIMAR
■ LABMER
■ LABVIR
■ SCOSCR
■ MURHEL
■ DIPPUN

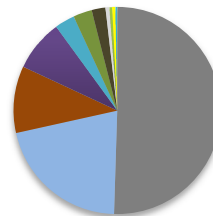
Reserva Parcial 2001

Biomassa= **58 kg**



Reserva Parcial 2019

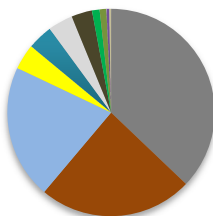
Biomassa= **299 kg**



■ DIPSAR
■ DIPVUL
■ EPIMAR
■ SPOCAN
■ DIPPUN
■ LABMER
■ SCIUMB
■ SPAAUR
■ PHYPHY
■ MURHEL
■ LABVIR
■ SCOPOR

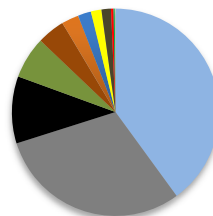
No Reserva 2001

Biomassa= **54 kg**



No Reserva 2019

Biomassa= **128 kg**



■ DIPVUL
■ DIPSAR
■ CONCON
■ LABMER
■ EPIMAR
■ PHYPHY
■ DIPPUN
■ MURHEL
■ SCIU MB
■ SCOSCR
■ LABVIR
■ SCOPOR

Figura 3.4. Composició de la biomassa (%) de peixos entre 2000 i 2019 dins la reserva integral, la reserva parcial i les zones control del nord de Menorca. Biomassa total integrada a partir de N= 36 transsectes.

La reserva parcial ens mostra exactament el mateix panorama, amb *D. sargus* i *D. vulgaris*, en aquest ordre, assolint el 71% de la biomassa, en un context d'evolució temporal on la biomassa inicial s'ha multiplicat per x5,2, passant de 58 kg acumulats a 299 kg. Dins aquest gran increment, per tant, les espècies que estan més a dalt en la xarxa tròfica, estan poc representades; e.g. *E. marginatus* (10%) i *S. umbra* (2%) (Fig. 3.4). La importància relativa de les diferents espècies dins la RMNM no difereix a la fi de l'observada a fora de la reserva, que ens

mostra també una dominància de *D. vulgaris* i *D. sargus* amb el 70% del total. S'ha de dir que l'increment observat al conjunt de les dues zones control és de l'ordre de la meitat que l'observat dins la reserva marina: x2,4 vegades la biomassa inicial, que passà de 54 kg acumulats el juny de 2001 a 128 kg el juny de 2019 (Fig. 3.4).

A les taules 3.17 a 3.22 es pot observar la biomassa mitjana de cadascuna de les espècies censades.

Taula 3.17. Biomassa mitjana (g) i error estàndard (EE) de totes les espècies vulnerables a la pesca censades a la zona 1 de la reserva integral (punta de la Pedra de sa Sal) el 2019 i en quatre campanyes anteriors.

	2000		2002		2005		2017		2019	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<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. helenae</i>	44,1	44,1	69,0	69,0	198,2	121,5	67,9	49,7	154,1	121,0
<i>D. puntazzo</i>	0,0	0,0	62,0	35,3	96,3	43,2	47,7	19,1	24,0	16,8
<i>D. sargus</i>	242,4	115,3	651,8	195,6	533,3	177,4	887,7	241,3	1090,4	183,2
<i>D. vulgaris</i>	130,9	39,7	472,1	128,6	525,1	151,2	1104,8	141,3	2850,6	617,2
<i>S. aurata</i>	0,0	0,0	17,9	17,9	0,0	0,0	20,0	20,0	0,0	0,0
<i>S. cantharus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. caninus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. costae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. marginatus</i>	351,5	158,0	365,8	150,4	928,1	383,0	258,2	139,5	424,6	223,6
<i>M. rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	118,9	82,6	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>L. merula</i>	43,0	43,0	179,9	58,2	127,4	57,1	197,7	62,3	398,8	123,3
<i>L. viridis</i>	70,8	60,3	29,6	23,4	0,0	0,0	0,0	0,0	122,4	81,3
<i>S. umbra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	18,9	18,9	18,9	18,9	614,2	301,6
<i>S. porcus</i>	23,7	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0
<i>S. scrofa</i>	10,2	10,2	0,0	0,0	0,0	0,0	104,6	104,6	167,9	91,5
<i>P. phycis</i>	0,0	0,0	27,8	27,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Taula 3.18. Biomassa mitjana (g) i error estàndard (EE) de totes les espècies vulnerables a la pesca censades a la zona 2 de la reserva integral (cala Calderer) el 2019 i en quatre campanyes anteriors.

	2000		2002		2005		2017		2019	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<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. helenae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	78,7	59,5	119,8	88,9	0,0	0,0
<i>D. puntazzo</i>	0,1	0,1	45,6	22,6	16,2	12,0	65,9	27,8	20,4	12,8
<i>D. sargus</i>	171,2	68,7	914,8	145,1	404,0	108,7	866,0	201,6	1452,0	378,2
<i>D. vulgaris</i>	462,1	154,0	581,2	109,6	450,0	158,5	1212,7	300,1	1607,7	385,5
<i>S. aurata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	155,9	109,4	0,0	0,0
<i>S. cantharus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. caninus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. costae</i>	0,0	0,0	3,9	3,9	42,2	42,2	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. marginatus</i>	30,1	30,1	472,4	268,9	212,1	117,9	442,9	320,7	390,3	216,3
<i>M. rubra</i>	0,0	0,0	7,2	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>L. merula</i>	31,0	27,0	127,1	65,7	26,4	21,4	70,1	21,4	289,4	102,2
<i>L. viridis</i>	0,0	0,0	22,8	22,8	14,1	11,8	22,8	22,8	50,3	46,6
<i>S. umbra</i>	0,0	0,0	141,2	141,2	0,0	0,0	42,2	42,2	395,8	293,1
<i>S. porcus</i>	10,6	10,6	0,0	0,0	4,4	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,1	22,1	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 3.19. Biomassa mitjana (g) i error estàndard (EE) de totes les espècies vulnerables a la pesca censades a la zona 1 de la reserva parcial (s'Olla) el 2019 i en quatre campanyes anteriors.

	2000		2002		2005		2017		2019	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<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. helenae</i>	113,2	113,2	379,8	264,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>D. puntazzo</i>	136,2	51,8	126,8	51,7	65,0	29,9	125,5	54,3	336,9	153,7
<i>D. sargus</i>	1056,3	643,0	957,3	339,3	1692,2	505,1	1727,0	266,1	2388,8	364,2
<i>D. vulgaris</i>	284,0	57,0	1085,3	290,0	959,3	207,3	1876,4	463,7	2433,7	424,7
<i>S. aurata</i>	0,0	0,0	45,6	45,6	66,7	66,7	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. cantharus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5	13,3	9,2	942,8	378,1
<i>E. caninus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. costae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. marginatus</i>	339,4	223,4	583,4	210,3	850,8	293,6	488,0	238,4	1119,9	376,8
<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>	12,8	8,5	47,6	20,2	3,6	1,7	38,6	24,6	107,8	51,1
<i>L. viridis</i>	7,1	7,1	26,5	18,3	0,0	0,0	0,0	0,0	20,9	13,2
<i>S. umbra</i>	0,0	0,0	11,8	11,8	21,0	14,5	48,1	48,1	357,0	203,3
<i>S. porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	1,8	10,0	10,0
<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>P. phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,4	36,4	78,1	78,1

Taula 3.20. Biomassa mitjana (g) i error estàndard (EE) de totes les espècies vulnerables a la pesca censades a la zona 2 de la reserva parcial (cala Viola de Llevant/Sa Trona) el 2019 i en quatre campanyes anteriors.

	2000		2002		2005		2017		2019	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<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. helenae</i>	0,0	0,0	117,5	117,5	73,1	50,2	15,6	15,6	76,6	52,6
<i>D. puntazzo</i>	83,4	65,1	135,9	46,9	75,5	24,5	176,0	54,6	187,2	94,4
<i>D. sargus</i>	162,0	71,0	1026,6	217,9	387,6	161,2	2770,2	705,1	5998,9	953,5
<i>D. vulgaris</i>	170,5	48,1	356,5	58,1	508,0	164,3	815,3	221,1	1053,3	181,3
<i>S. aurata</i>	0,0	0,0	72,6	72,6	44,2	44,2	0,0	0,0	95,3	95,3
<i>S. cantharus</i>	0,0	0,0	2,4	2,4	0,0	0,0	3,9	2,7	393,6	308,3
<i>E. caninus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. costae</i>	0,0	0,0	14,6	14,6	66,0	54,8	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. marginatus</i>	229,9	71,1	696,1	252,9	597,1	174,2	1083,8	262,8	611,9	199,3
<i>M. rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	222,6	126,9	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>L. merula</i>	21,3	10,8	95,4	35,8	114,9	58,4	236,5	76,5	378,5	121,6
<i>L. viridis</i>	13,6	13,6	45,3	29,2	1,0	1,0	69,3	33,6	18,4	15,0
<i>S. umbra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<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>P. phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Taula 3.21. Biomassa mitjana (g) i error estàndard (EE) de totes les espècies vulnerables a la pesca censades a la zona 1 de l'àrea control no protegida (punta Pentiner) el 2019 i en quatre campanyes anteriors.

	2000		2002		2005		2017		2019	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<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>	348,2	348,2	117,5	117,5	22,1	22,1	212,9	146,9	36,6	36,6
<i>D. puntazzo</i>	17,6	17,6	15,9	12,7	14,8	10,4	58,7	23,3	117,6	58,8
<i>D. sargus</i>	75,3	23,8	226,1	108,8	269,2	118,9	373,7	80,9	254,9	62,1
<i>D. vulgaris</i>	233,9	35,8	324,8	84,1	413,5	133,3	708,6	122,8	1321,1	305,4
<i>S. aurata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. cantharus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	37,0	22,1	1,3	1,3	0,0	0,0
<i>E. caninus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. costae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. marginatus</i>	771,0	246,0	329,9	126,0	77,9	49,9	285,0	166,9	241,5	152,2
<i>M. rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	229,5	109,5	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>L. merula</i>	5,8	5,8	37,9	23,6	57,8	28,8	80,4	36,6	359,0	98,2
<i>L. viridis</i>	37,0	29,1	51,0	30,7	5,7	4,0	29,6	21,9	14,8	14,8
<i>S. umbra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. porcus</i>	30,0	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,7	6,1	0,0	0,0
<i>S. scrofa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,8	29,8
<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 3.22. Biomassa mitjana (g) i error estàndard (EE) de totes les espècies vulnerables a la pesca censades a la zona 2 de l'àrea control no protegida (Arenal d'en Castell) el 2019 i en quatre campanyes anteriors.

	2000		2002		2005		2017		2019	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>C. conger</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	745,2	745,2
<i>M. helena</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	36,6	36,6	0,0	0,0	78,7	59,5
<i>D. puntazzo</i>	1,9	1,9	53,1	31,2	55,4	26,0	73,6	24,5	29,9	16,3
<i>D. sargus</i>	391,3	256,2	262,8	63,0	1372,2	1001,4	1475,3	715,7	1891,1	643,1
<i>D. vulgaris</i>	254,6	76,9	291,6	38,7	379,1	71,4	1112,3	416,4	1525,7	196,8
<i>S. aurata</i>	0,0	0,0	364,4	264,9	26,9	26,9	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. cantharus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	2,4	9,8	8,6	0,0	0,0
<i>E. caninus</i>	0,0	0,0	28,3	23,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. costae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. marginatus</i>	222,9	119,5	323,0	107,7	134,6	65,7	136,6	74,1	64,3	48,1
<i>M. rubra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	68,3	68,3	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>L. merula</i>	15,8	10,9	0,0	0,0	23,8	17,7	66,1	33,3	107,5	40,2
<i>L. viridis</i>	0,0	0,0	3,6	3,6	2,6	1,8	9,0	9,0	0,0	0,0
<i>S. umbra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	102,8	62,5	105,5	103,0
<i>S. porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	1,8	0,0	0,0	6,3	6,3
<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>P. phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	190,6	131,0

3.4. Les espècies més freqüents i abundants

La variada *Diplodus vulgaris*

Densitat

L'anàlisi gràfica i estadística per a aquesta espècie ens indica, per una banda, que hi ha hagut diferències importants i significatives amb el pas del temps en els tres nivells de protecció (Taula 3.22 i figura 3.5), amb un increment clar entre el primer i el darrer any. De fet, la densitat mitjana de variades se situava en xifres d'un sol dígit l'any 2000, d'entre 5 i 8 individus/transsecte als tres nivells de protecció estudiats. El 2019 la densitat ja és superior a 10 individus/transsecte en tots els casos, si bé, i tal com indica l'anàlisi, les variacions entre zones dins un mateix nivell de protecció han estat més importants que les variacions entre la RI, RP i NR. Així, i sens dubte, no es pot parlar d'un efecte reserva per a aquest indicador tot i que les

majors densitats s'hagin observat dins zones concretes (zona 1) de la reserva integral i parcial, amb més de 20 individus/transsecte (Fig. 3.5).

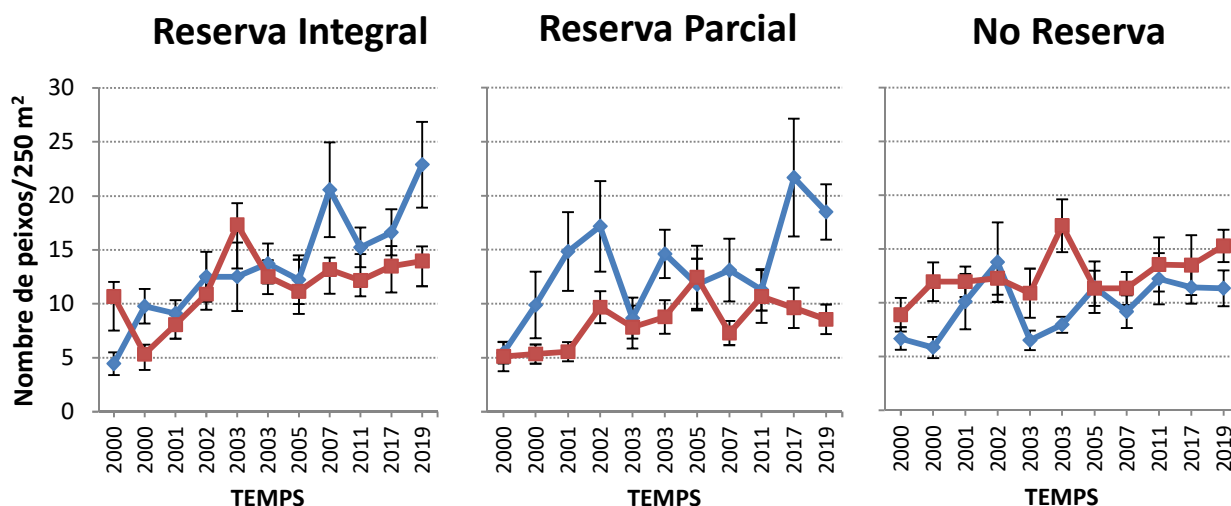


Figura 3.5. Variació de la densitat mitjana de *D. vulgaris* entre 2000 i 2019 dins la reserva integral, la reserva parcial i les zones control del nord de Menorca. **Blau (Zona1). Vermell (Zona 2).**

Taula 3.22. Anàlisi de la variància de la densitat de *D. vulgaris* (dades transformades segons $\text{Log}(x+1)$) entre 2000 i 2019 (TEMPS), el nivell de protecció (PROT) i la zona niada dins el nivell de protecció. SQ: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test d'F; p = nivell de significància.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	144632,3	1	144632,3	126,1715	0,001513
TIME	5503,3	10	550,3	4,2293	0,001017
PROT	705,8	2	352,9	0,3079	0,755761
TIME*PROT	2578,4	20	128,9	0,9908	0,498049
ZONA(PROT)	3438,9	3	1146,3	8,8942	0,000200
TIME*ZONA(PROT)	3903,7	30	130,1	1,3407	0,104930
Error	103657,2	1068	97,1		

Talles

La pauta general en la distribució de talles de variada al nord de Menorca, és la d'una minva generalitzada d'individus juvenils de l'any (≤ 8 cm, segons Gordo i Molí, 1997), que presenta variacions molt sincròniques en els tres nivells de protecció estudiats (Fig. 3.6) i, per contra, la d'un increment en els individus madurs i de talla legal (≥ 18 cm) (Fig. 3.6).

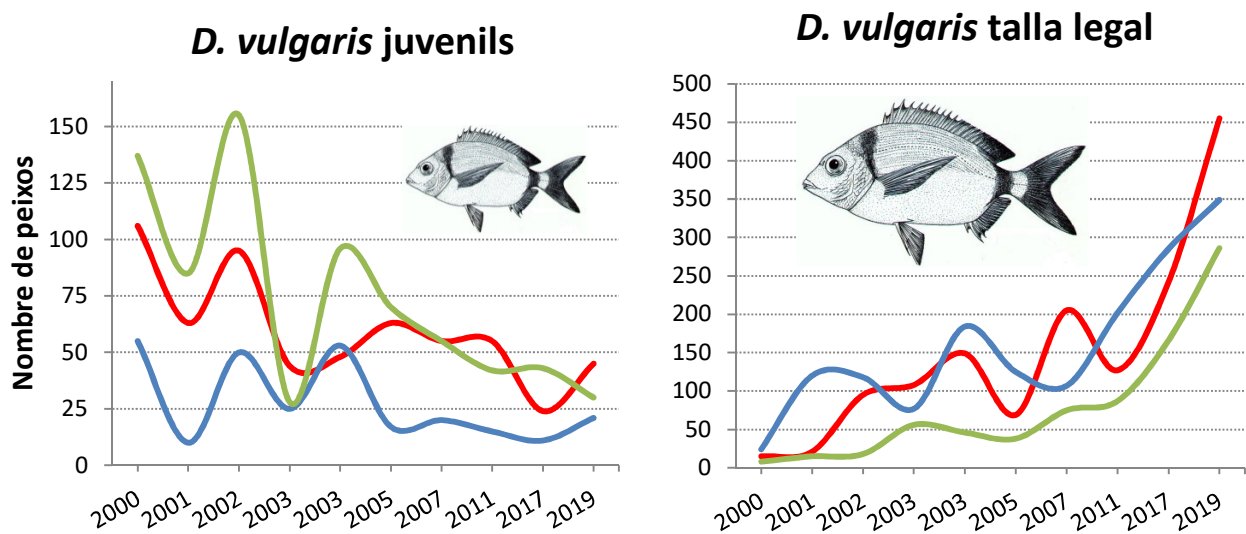


Figura 3.6. Freqüència absoluta de juvenils i d'adults ($\geq L_t$ legal) de *D. vulgaris* entre 2000 i 2019.

RI: — RP: — NR: —

En el cas dels juvenils, la reserva parcial és l'àrea que presenta menor abundància d'individus durant tota la sèrie temporal, mentre que tant la reserva integral com la parcial mostren sempre una major abundància de peixos de talla legal respecte de l'àrea no protegida (Fig. 3.6). Aquests patrons de variació donen lloc a unes distribucions de talles que finalment, l'any 2019, no presenten massa diferències gràfiques (Fig. 3.7), amb unes modes idèntiques en els tres nivells de protecció (18 cm), però que si hom analitza en detall, sorgeixen diferències significatives (K-S test, $p < 0,05$) degut a la major freqüència d'individus grossos (22-30 cm) dins la RMNM respecte les zones control (Fig. 3.7).

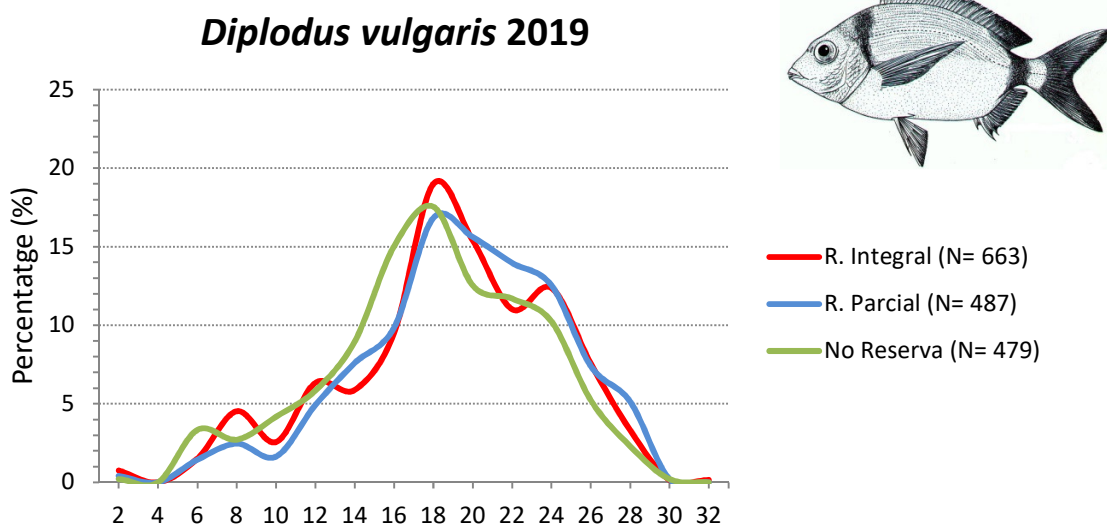


Figura 3.7. Distribució de freqüències de talla de *D. vulgaris* en els darrers tres anys d'estudi (2011, 2017 i 2019).

Biomassa

L'evolució de la biomassa mitjana de variades respon al que s'ha vist amb els indicadors de densitat i talla, amb un increment temporal que afecta els tres nivells de protecció estudiats i, per tant, sense interacció estadística entre els factors Temps i Protecció, ni diferències entre RI, RP i NR (Fig. 3.8 i Taula 3.23). De fet, els factors d'increment entre el primer i el darrer any de la sèrie temporal són molt semblants, de x7,3 a la reserva integral, de x8,5 a la reserva parcial i de x7,0 a les zones control. Sens dubte la variació a mitjana escala espacial (milers de metres, entre zones) dins les àrees total i parcialment protegides són d'una magnitud superior a les diferències de biomassa entre dins i fora la RMNM; resultant en un factor altament significatiu en l'anàlisi de la variància (Taula 3.23). Aquest fet impedeix parlar d'un efecte homogeni de la protecció total o parcial en tota l'àrea de la RMNM, que es veu influïda per aspectes molt locals de cada zona.

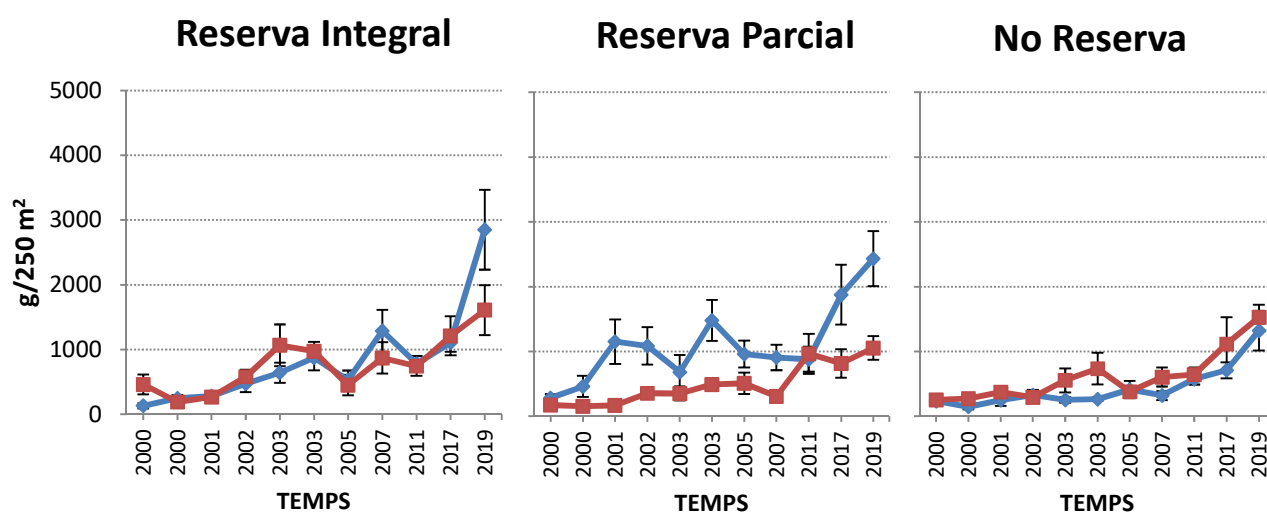


Figura 3.8. Variació de la biomassa mitjana de *D. vulgaris* entre 2000 i 2019 dins la reserva integral, la reserva parcial i les zones control del nord de Menorca. **Blau (Zona1). Vermell (Zona 2).**

Taula 3.23. Anàlisi de la variància de la biomassa de *D. vulgaris* entre 2000 i 2019 (TEMPS), el nivell de protecció (PROT) i la zona niada dins el nivell de protecció. SQ: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test d'F; p = nivell de significància.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	545541333	1	545541333	42,41180	0,007354
TIME	201159603	10	20115960	16,44236	0,000000
PROT	18096839	2	9048420	0,70345	0,561672
TIME*PROT	21712251	20	1085613	0,88736	0,603019
ZONA(PROT)	38588885	3	12862962	10,65185	0,000054
TIME*ZONA(PROT)	36702695	30	1223423	1,52751	0,035004
Error	855389536	1068	800927		

El sard *Diplodus sargus*

Densitat

El nivell de protecció no ha tingut cap influència en la densitat de sards en el nord de Menorca. L'anàlisi de la variància així ho indica, amb una probabilitat força elevada ($p = 0,33$) de cometre un Error de Tipus I, és a dir, d'afirmar que hi ha diferències quan realment no n'hi ha (Taula

3.24). De fet, la densitat mitjana de sards es troba al voltant de 5 individus/transsecte si comparam les dades de RI i NR en el darrer any d'estudi. Mentre que la major densitat a RP es deu a una interacció del temps amb la zona 2 (cala Viola de Llevant/sa Trona), que ha experimentat un augment important de densitat, d'entre x3 i x4 vegades la densitat dels primer anys d'estudi, que com es pot apreciar a la figura 3.9, no es dona a la zona 1 (s'Olla del cap de Cavalleria). La localitat d'aquest resultat impedeix parlar d'un efecte general de la reserva parcial.

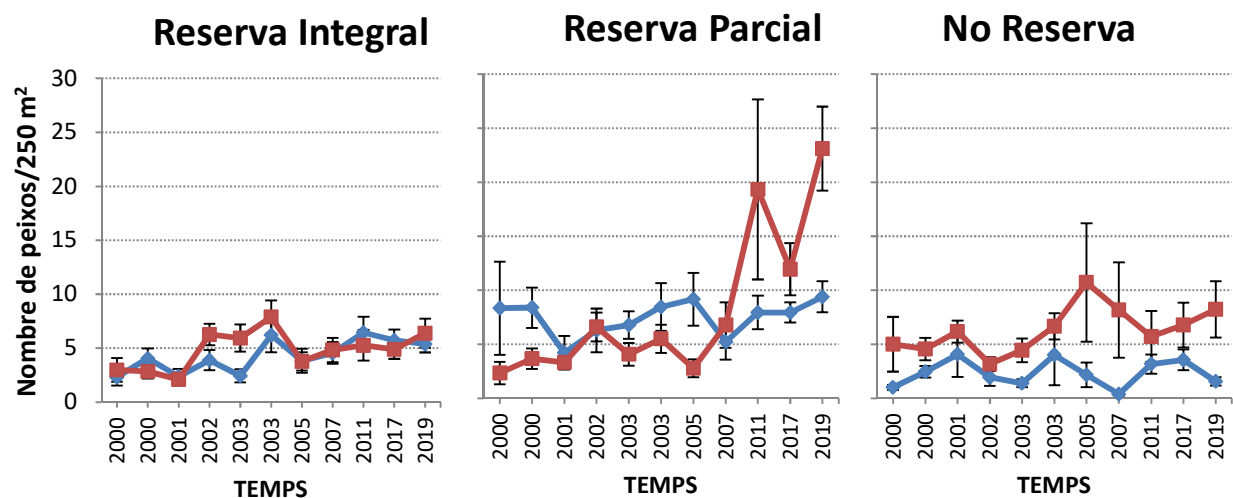


Figura 3.9. Variació de la densitat mitjana de *D. sargus* entre 2000 i 2019 dins la reserva integral, la reserva parcial i les zones control del nord de Menorca. **Blau (Zona1). Vermell (Zona 2).**

Taula 3.24. Anàlisi de la variància de la densitat de *D. sargus* ($\log_{10}(x+1)$) entre 2000 i 2019 (TEMPS), el nivell de protecció (PROT) i la zona niada dins el nivell de protecció. SQ: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significància.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	405,4299	1	405,4299	131,9336	0,001416
TIME	11,8268	10	1,1827	4,7526	0,000421
PROT	9,9310	2	4,9655	1,6159	0,334018
TIME*PROT	7,5305	20	0,3765	1,5131	0,148717
ZONA(PROT)	9,2189	3	3,0730	12,5566	0,000015
TIME*ZONA(PROT)	7,4655	30	0,2489	1,7906	0,005790
Error	148,4233	1068	0,1390		

Talles

Si bé la variada presentava una minva neta de juvenils al llarg dels 19 anys d'estudi, el sard mostra una variació cíclica bastant sincrònica, amb crestes i valls, en els tres nivells de protecció considerats; coincidint les dues darreres campanyes de 2017 i 2019 amb un reclutament pobre a RI, RP i a NR (Fig. 3.10). La reserva parcial, igualment que en el cas de la variada, torna a ser l'àrea amb menor abundància de juvenils. Per contra, els sards de talla legal ($L_t \geq 23$ cm) mostren un lleuger augment tant a RI com a NR, i un fort increment a la reserva parcial, passant de valors de menys de 50 sards en els primers 4 anys d'estudi a més de 350 sards en el conjunt de transectes del present any de 2019 (Fig. 3.10). Aquests patrons queden reflectits en la comparació de la distribució de talles corresponent a 2019. Si bé la major talla modal s'observà dins la reserva integral, amb individus de 25-26 cm, la major freqüència de sards petits, tant a la pròpia RI com als controls, fa que les mitjanes de RI i NR siguin menors (21,9 i 22,5 cm) respecte a RP (23,9 cm), la qual cosa detecta l'anàlisi K-S amb $RP > (RI=NR)$ i $p < 0,01$ (Fig. 3.11). Per tant, tota l'àrea parcialment protegida del cap de Cavalleria presenta una població més madura, de major talla i edat que les zones ubicades dins la reserva integral i els controls.

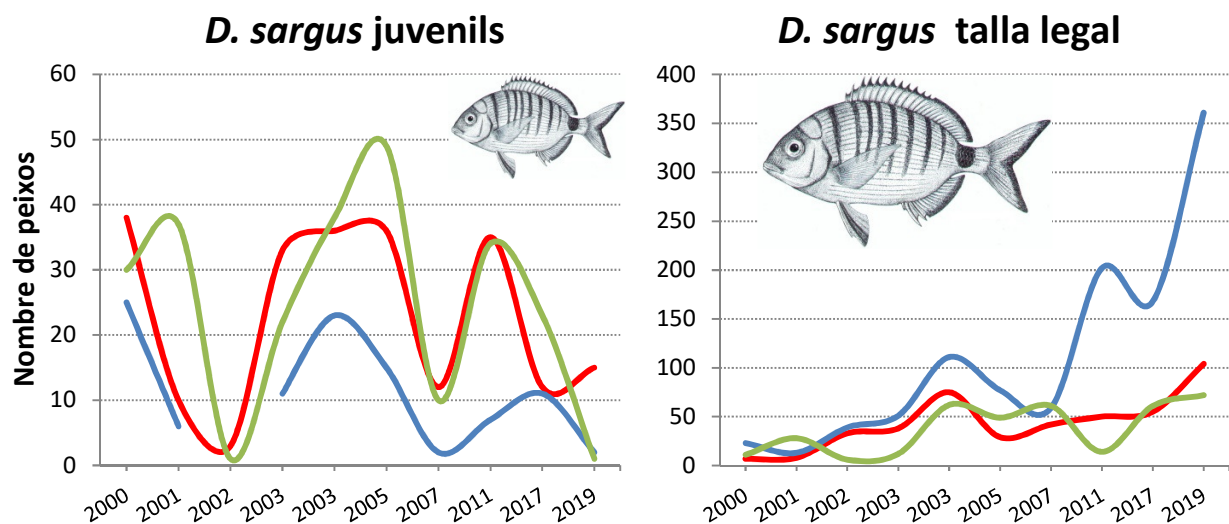


Figura 3.10. Freqüència absoluta de juvenils i d'adults ($\geq L_t$ legal) de *D. sargus* entre 2000 i 2019.

RI: — RP: — NR: —

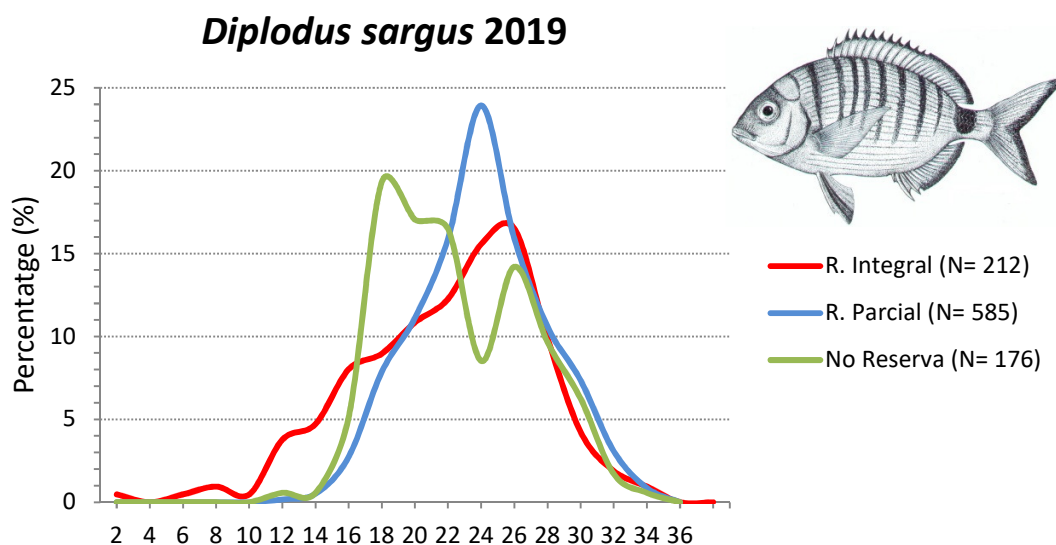


Figura 3.11. Distribució de freqüències de talla de *D. sargus* en els darrers tres anys d'estudi (2011, 2017 i 2019).

Biomassa

Si obviéssim el resultat de l'estació de cala Viola de Llevant/saTrona (zona 2 de la RP), a la figura 3.12 es pot apreciar com la biomassa mitjana de sards en els darrers anys és força semblant entre els tres nivells de protecció considerats (al voltant de 1,5-2,0 kg/transsecte). L'anàlisi de la variància no detecta l'efecte de la protecció (Taula 3.24). Hi ha hagut canvis temporals, amb tendència general creixent, tal com indica l'anàlisi de la variància, que s'han donat tant a RI com a RP i NR. Per tant, l'anàlisi detecta aquests canvis temporals significatius, però amb una interacció tan sols local, a nivell de zona, concretament a la zona 2 de RP (cala Viola), on l'important augment de biomassa està correlacionat amb l'augment de densitat descrit abans al mateix lloc. L'efecte de la RMNM no és per tant significatiu sobre la biomassa d'aquesta espècie, que respon positivament tan sols en una zona de l'àrea parcialment protegida d'una forma més accentuada que amb els augments de la reserva integral i també dels controls. De nou, factors *a priori* aliens a la pròpia reserva marina, de caràcter més regional (costa nord) són importants a l'hora d'esbrinar les relacions causa-efecte.

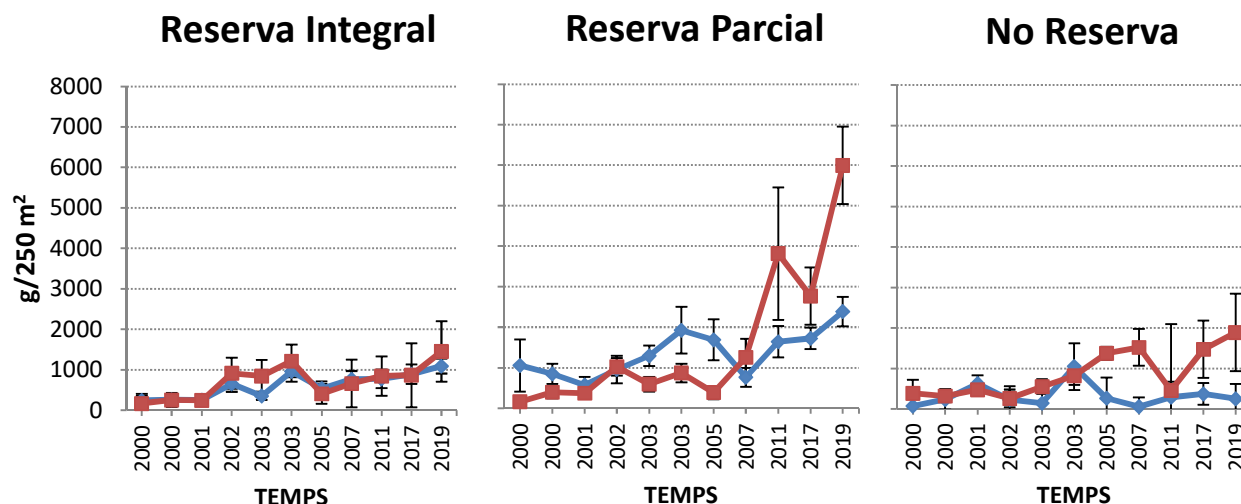


Figura 3.12. Variació de la biomassa mitjana de *D. sargus* entre 2000 i 2019 dins la reserva integral, la reserva parcial i les zones control del nord de Menorca. **Blau (Zona1). Vermell (Zona 2).**

Taula 3.24. Anàlisi de la variància de la biomassa de *D. sargus* ($\log_{10}(x+1)$) entre 2000 i 2019 (TEMPS), el nivell de protecció (PROT) i la zona niada dins el nivell de protecció. SQ: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test d'F; p = nivell de significància.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	910189068,6	1	910189069	82,60270	0,002814
TIME	305532916,1	10	30553292	3,78550	0,002223
PROT	174384751,1	2	87192376	7,91300	0,063613
TIME*PROT	220852301,6	20	11042615	1,36816	0,213627
ZONA(PROT)	33056631,9	3	11018877	1,39723	0,262230
TIME*ZONA(PROT)	242133844,8	30	8071128	2,57006	0,000009
Error	3353989960,8	1068	3140440		

La morruda *Diplodus puntazzo*

Densitat

La reserva parcial presenta una densitat de morrudes major, i amb uns canvis temporals més acusats que la reserva integral i els controls. L'efecte reserva és significatiu i degut per tant a la major densitat de la reserva parcial. S'ha de dir no obstant, que tot i la interacció significativa

entre el Temps i el Nivell de Protecció (Taula 3.25), els resultats de la primera campanya de juny de 2000 ja donaven uns resultats amb una densitat 14 vegades superior a RP respecte a RI, i 7 vegades superior respecte a NR (Fig. 3. 13). La interacció significativa dels factors principals esmentats, i l'efecte de la protecció, ens ha permès comparar les densitats en el primer i en el darrer any d'estudi (Taula 3.26), comprovant-se d'una forma significativa les diferències de densitat esmentades (Annex I). En general, la densitat de morrudes és baixa, per davall de 0,5 individus/transsecte en la majoria de zones i temps estudiats, amb l'excepció del cap de Cavalleria (RP), on la densitat es pot situar per sobre de 1 individu/transsecte en alguns anys de la sèrie (Fig. 3. 13).

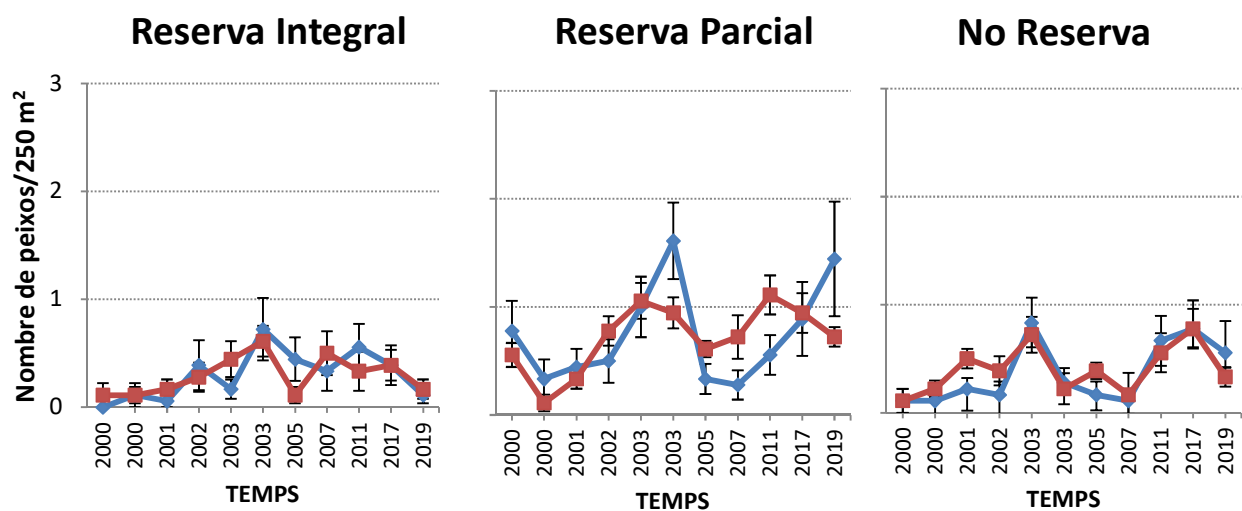


Figura 3.14. Variació de la densitat mitjana de *D. puntazzo* entre 2000 i 2019 dins la reserva integral, la reserva parcial i les zones control del nord de Menorca. **Blau (Zona1). Vermell (Zona 2).**

Taula 3.25. Anàlisi de la variància de la densitat de *D. puntazzo* entre els onze anys estudiats (TEMPS), el nivell de protecció (PROT) i la zona niada dins el nivell de protecció. SQ: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significància.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	239,3897	1	239,3897	4136,653	0,000008
TIME	41,3100	10	4,1310	6,036	0,000058
PROT	38,4136	2	19,2068	331,893	0,000302
TIME*PROT	27,7337	20	1,3867	2,026	0,038966
ZONA(PROT)	0,1736	3	0,0579	0,084	0,968105
TIME*ZONA(PROT)	20,5304	30	0,6843	0,934	0,570172
Error	782,9444	1068	0,7331		

Taula 3.26. Anàlisi de la variància de la densitat de *D. puntazzo* entre el nivell de protecció (PROT) en anys concrets (2000 i 2019). SQ: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test d’F; *p*= nivell de significància.

Any 2000	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	4,16667	1	4,166667	12,70764	0,000801
PROT	4,11111	2	2,055556	6,26910	0,003678
Error	16,72222	51	0,327887		
Any 2019	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	33,3333	1	33,33333	23,98173	0,000004
PROT	16,7222	2	8,36111	6,01542	0,003363
Error	145,9444	105	1,38995		

Talles

Degut a la baixa abundància general d’aquesta espècie, l’anàlisi de juvenils s’ha estès a individus d’una edat probable de fins a 2 anys (< 18 cm) (Chaouch *et al.*, 2013) i, per altra banda, la comparació entre nivells de protecció en els anys més recents s’ha fet integrant les dades de 2011, 2017 i 2019.

A la figura 3.15, es pot observar com la reserva integral és l’àrea que presenta menor quantitat de juvenils, normalment per davall de 5 individus en els 36 transsectes realitzats en totes les campanyes excepte a la primera (N=18). A la reserva parcial i als controls, l’abundància de juvenils és major, amb pics de reclutament per sobre de 15 individus el 2003, el 2011 i 2017.

Pel que fa a les morrudes de major talla (talla legal ≥ 18 cm), tota l’àrea parcialment protegida del cap de Cavalleria presenta una abundància major, amb fortes variacions temporals (Fig. 3. 15). La reserva integral va presentar abundàncies majors entre 2003 i 2011 respecte de NR, un patró que no s’ha mantingut en els darrers anys i que fa pensar en fenòmens de migració des de RI cap a altres àrees, o als efectes del baix reclutament de 2005 i 2007.

L’anàlisi de freqüències per classe de talla mostra que en els darrers tres anys de mostreig, la distribució està més esbiaixada cap a les talles grosses tant a RI com a RP respecte de NR, que presenta talles més petites. A la figura 3.16 s’observa que, percentualment, les morrudes de més de 24 cm estan més ben representades dins la RMNM. Aquestes diferències són ben detectades per l’anàlisi K-S, que mostra una distribució de majors talles mitjanes a RI i RP (22,6 i 21,6 cm) respecte a NR (17,6 cm) amb $p < 0,01$ en ambdues comparacions. Pel que fa a la reserva integral, el que queda clar és que les poques morrudes que hi ha, fins i tot menys que a NR, són de talla grossa, mostrant així l’efecte de la protecció en la distribució de les cohorts.

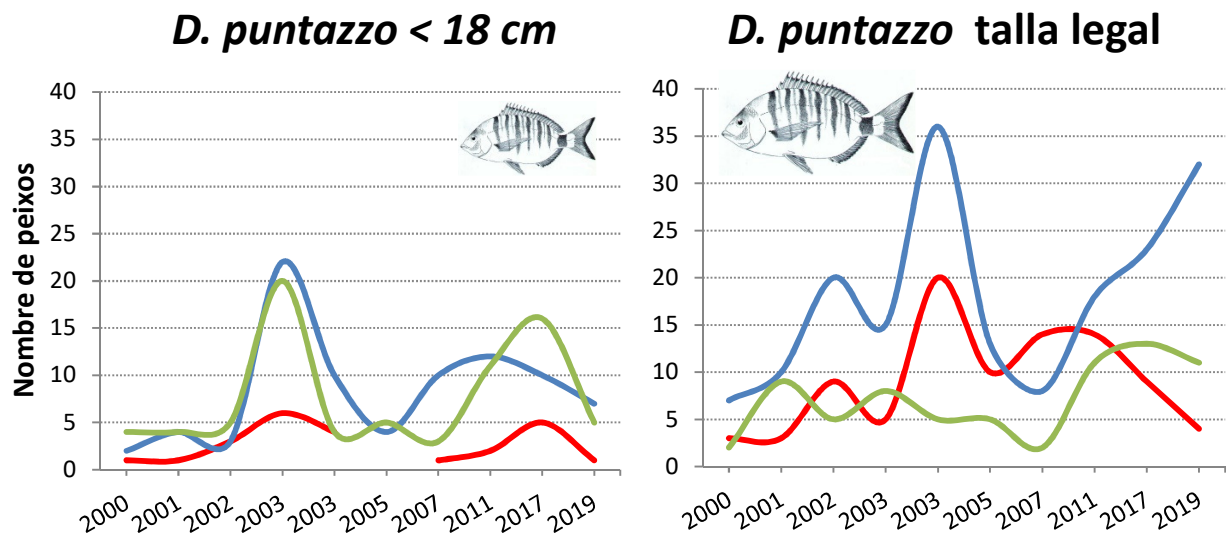


Figura 3.15. Freqüència absoluta de juvenils i d'adults ($\geq$ Lt legal) de *D. puntazzo* entre 2000 i 2019.

RI: — RP: — NR: —

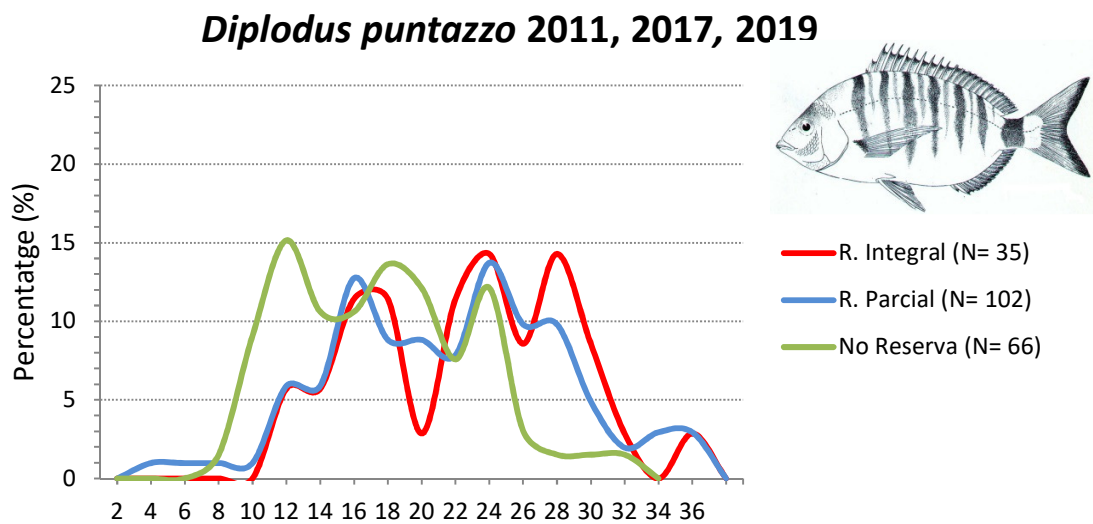


Figura 3.16. Distribució de freqüències de talla de *D. puntazzo* en els darrers tres anys d'estudi (2011, 2017 i 2019).

Biomassa

La biomassa de morrudes és molt baixa a tota l'àrea d'estudi, normalment per davall dels 0,25 kg/transsecte en totes les zones i campanyes, amb l'excepció de s'Olla del cap de Cavalleria (Zona 1) a RP, que superà aquest llindar el setembre de 2003 i el juny de 2019 (Fig. 3.17). L'anàlisi de la variància detecta variacions temporals significatives, sense un patró definit, en els tres nivells de protecció, i sense un efecte significatiu de la reserva marina, ja sigui degut a l'àrea parcialment protegida o a la de protecció total (Taula 3.27).

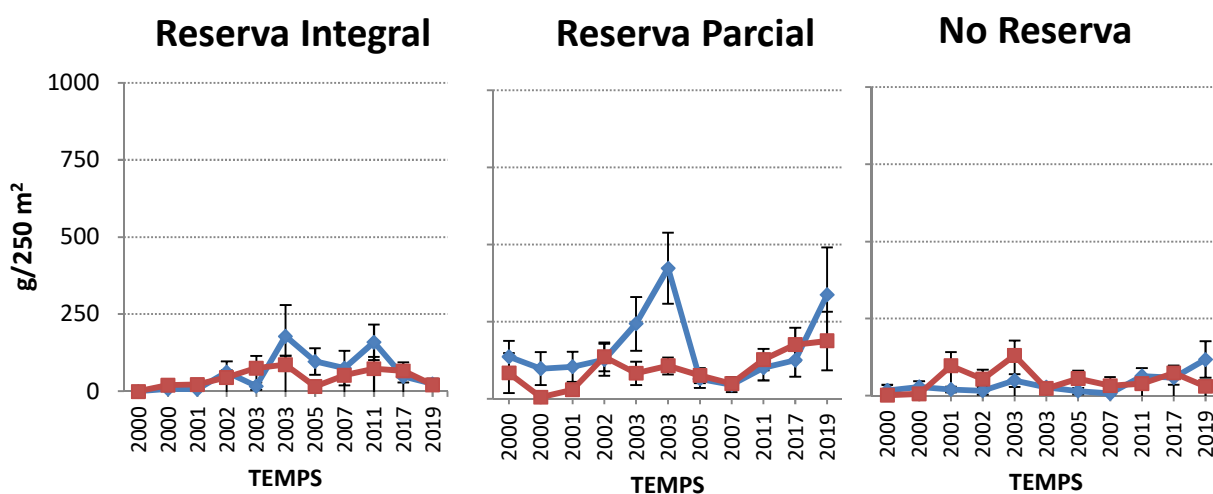


Figura 3.17. Variació de la biomassa mitjana de *D. puntazzo* entre 2000 i 2019 dins la reserva integral, la reserva parcial i les zones control del nord de Menorca. **Blau (Zona1). Vermell (Zona 2).**

Taula 3.27. Anàlisi de la variància de la biomassa de *D. puntazzo* entre 2000 i 2019 (TEMPS), el nivell de protecció (PROT) i la zona niada dins el nivell de protecció. SQ: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test d'F; *p*= nivell de significància.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	6187563	1	6187563	40,58384	0,007829
TIME	1361701	10	136170	2,74110	0,015882
PROT	1644693	2	822346	5,39372	0,101498
TIME*PROT	1524184	20	76209	1,53409	0,140962
ZONA(PROT)	457391	3	152464	3,10496	0,040398
TIME*ZONA(PROT)	1490313	30	49677	1,44521	0,057966
Error	36711084	1068	34374		

L'escorball *Sciaena umbra*

Densitat

Aquesta espècie presenta una densitat molt baixa a totes les àrees d'estudi. L'abundància acumulada en els 11 anys estudiats és de 55 individus a RI, 57 a RP i 29 a NR. Ni a RI, ni a RP, ni als controls es pot trobar de forma habitual una densitat d'un individu o més per transecte (Fig. 3.18). I dins aquesta baixa densitat, no es troben patrons que puguin ser relacionats amb un efecte de la protecció ja que les tendències creixents dins RI o RP són molt inestables en el temps, donant uns valors mitjans baixos. L'anàlisi de la variància confirma els resultats gràfics, certificant la manca de diferències significatives per a als factors Protecció i Temps (Taula 3.28).

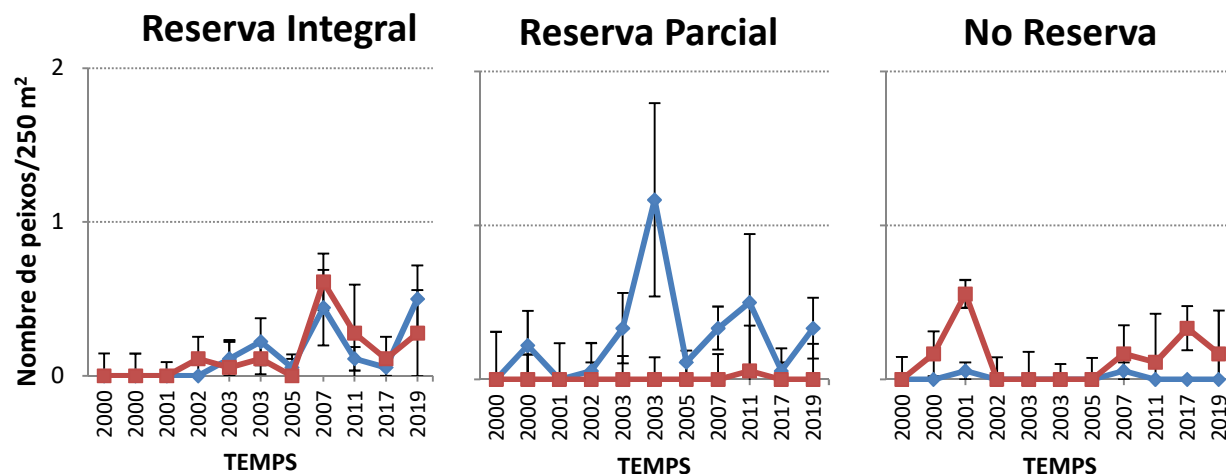


Figura 3.18. Variació de la densitat mitjana de *S. umbra* entre 2000 i 2019 dins la reserva integral, la reserva parcial i les zones control del nord de Menorca. **Blau (Zona1). Vermell (Zona 2).**

Taula 3.28. Anàlisi de la variància de la densitat de *S. umbra* ($\log_{10}(x+1)$) entre 2000 i 2019 (TEMPS), el nivell de protecció (PROT) i la zona niada dins el nivell de protecció. SQ: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test d'F; p = nivell de significància.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	15,3403	1	15,34028	5,445357	0,101820
TIME	8,6627	10	0,86627	1,968440	0,074173
PROT	1,1296	2	0,56481	0,200493	0,828466
TIME*PROT	15,0423	20	0,75212	1,709047	0,089701
ZONA(PROT)	8,4514	3	2,81713	6,429315	0,001557
TIME*ZONA(PROT)	13,2024	30	0,44008	1,130876	0,287511
Error	415,6111	1068	0,38915		

Talles

Degut a la baixa abundància d'aquesta espècie, s'han analitzat les dades integrades per a tots els anys estudiats (2000 a 2019). Entre els 141 escorballs censats en els tres nivells de protecció, l'interval de talla ha estat entre 16 i 52 cm. A la figura 3.19 es pot observar com la distribució a les zones control està esbiaixada a l'esquerra, amb talles mitjanes i modals menors respecte a RI i RP. La major classe de talla modal s'observa a RP, amb individus d'entre 33 i 36 cm, en front de la reserva integral (25-28 cm) i els controls (21-24 cm). Aquestes freqüències difereixen molt de les que es podrien esperar en una distribució equitativa entre nivells de protecció ($\chi^2 = 78,1$; GL= 12; $p < 0,001$).

Amb aquestes distribucions desiguals, cal ressaltar que la proporció d'escorballs amb talla legal (≥ 30 cm), que coincideix amb la talla de maduresa sexual per a les femelles ($\geq 29,5$ cm segons Grau *et al.*, 2009), és tan sols del 20% a fora de la reserva, en front d'un 62% a la reserva integral i d'un 83% a la reserva parcial.

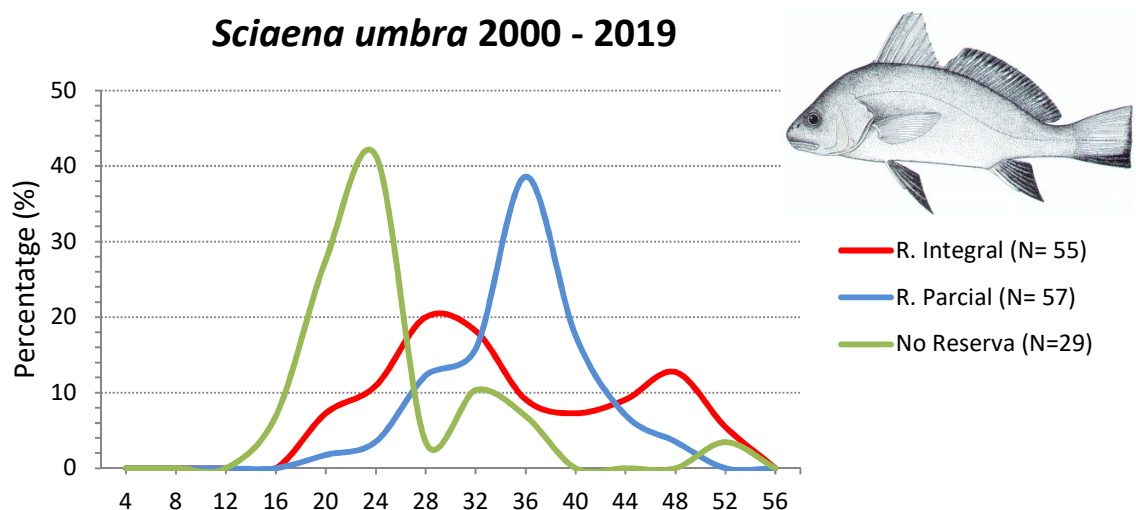


Figura 3.19. Distribució de freqüències de talla de *S. umbra* en els darrers tres anys d'estudi (2011, 2017 i 2019).

Biomassa

Tal com feia preveure la densitat d'aquesta espècie, la seva biomassa ha estat molt baixa, normalment per davall dels 0,5 kg/transsecte, amb l'excepció de campanyes i zones concretes com la de 2003 a s'Olla del cap de Cavalleria (RP), i la darrera campanya (2019) a la reserva

integral (Fig. 3.20). Les variacions temporals es donen així mateix en tots els nivells de protecció, tal com indica l'anàlisi de la variància, mostrant un efecte significatiu del factor Temps, sense interacció i, per tant, sense cap relació estricta amb la protecció. De fet, les variacions entre zones concretes dins un mateix nivell de protecció són molt superiors a les variacions entre nivells de protecció (Taula 3.29).

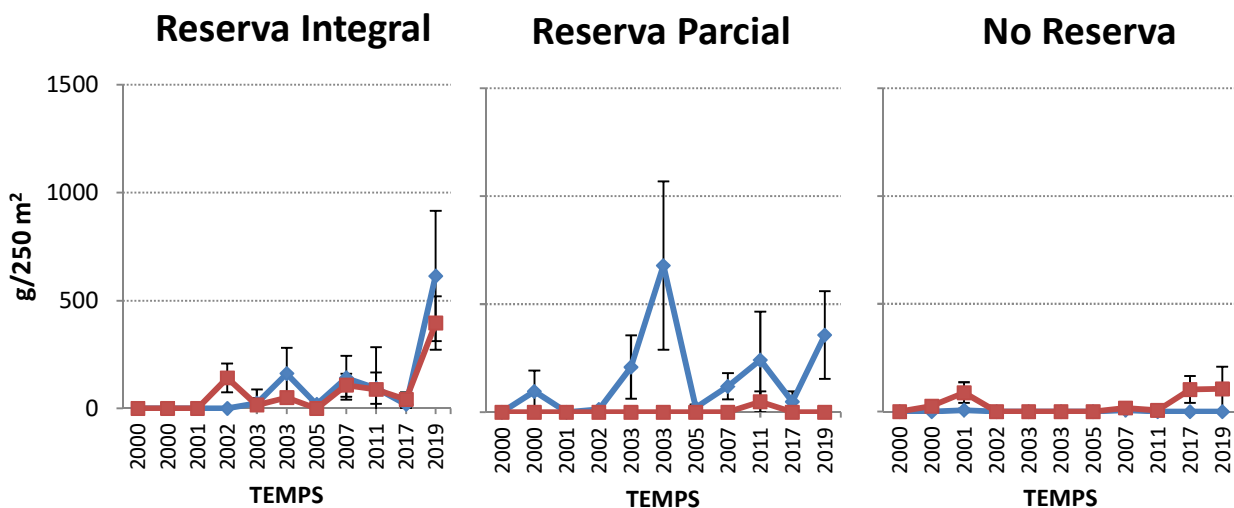


Figura 3.20. Variació de la biomassa mitjana de *S. umbra* entre 2000 i 2019 dins la reserva integral, la reserva parcial i les zones control del nord de Menorca. **Blau (Zona1). Vermell (Zona 2).**

Taula 3.29. Anàlisi de la variància de la biomassa de *S. umbra* (dades transformades amb $\log_{10}(x+1)$) entre 2000 i 2019 (TEMPS), el nivell de protecció (PROT) i la zona niada dins el nivell de protecció. SQ: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test d'F; p = nivell de significància.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	29,2354	1	29,23542	7,484361	0,071593
TIME	15,5099	10	1,55099	3,459893	0,004029
PROT	2,5352	2	1,26759	0,324508	0,745450
TIME*PROT	14,4363	20	0,72182	1,610199	0,115945
ZONA(PROT)	11,7186	3	3,90620	8,727028	0,000221
TIME*ZONA(PROT)	13,4483	30	0,44828	1,042161	0,404750
Error	459,3926	1068	0,43014		

L'anfós *Epinephelus marginatus*

Densitat

La densitat d'anfós ha estat en general baixa, sense arribar mai a una mitjana de 2 individus/transsecte en cap dels nivells de protecció estudiats, i per davall de 1 individu/transsecte en molts casos (Fig. 3.21). Dins la reserva integral, la densitat fou idèntica entre la primera i la darrera campanyes de 2000 i 2019 ($0,4 \pm 0,1$ vs. $0,4 \pm 0,2$ individus/transsecte), s'observà un lleuger increment dins la reserva parcial ($0,8 \pm 0,2$ vs. $1,3 \pm 0,2$) i una minva a les zones control ($0,9 \pm 0,2$ vs. $0,4 \pm 0,1$) entre els mateixos anys esmentats (Figura 3.21). Això no obstant, el patró respecte a les campanyes immediatament anteriors és el d'una recessió en la densitat d'anfossos. L'anàlisi de la variància detectà diferències entre anys i entre nivells de protecció però sense una interacció significativa (Taula 3. 30). Realitzant l'anàlisi entre nivells de protecció de tots els anys estudiats, l'efecte principal és significatiu (Taula 3.30), i els tests *a posteriori* indiquen que és la reserva parcial l'àrea que presenta una mitjana significativament superior respecte a la reserva integral i els controls, que no difereixen entre si (Tukey test; $RP > (RI=NR)$, $p < 0,01$).

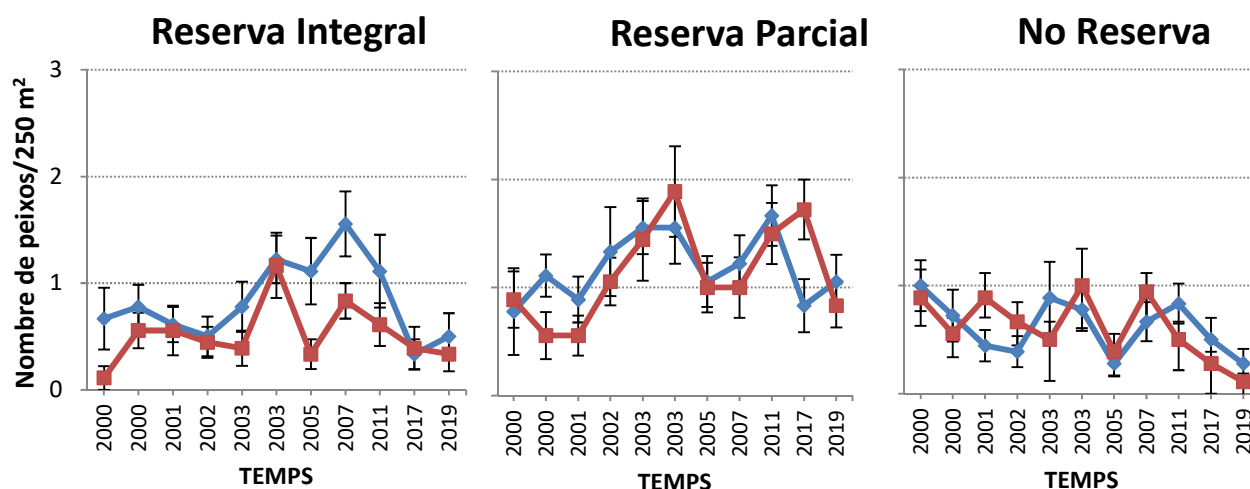


Figura 3.21. Variació de la densitat mitjana d'*E. marginatus* entre 2000 i 2019 dins la reserva integral, la reserva parcial i les zones control del nord de Menorca. **Blau (Zona1). Vermell (Zona 2).**

Taula 3.30. Anàlisi de la variància de la densitat d'*E. marginatus* ($\log_{10}(x+1)$) entre 2000 i 2019 (TEMPS), el nivell de protecció (PROT) i la zona niada dins el nivell de protecció. SQ: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test d'F; p = nivell de significància.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	44,37093	1	44,37093	305,4787	0,000408
TIME	2,37655	10	0,23765	5,3843	0,000153
PROT	2,86213	2	1,43107	9,8524	0,048029
TIME*PROT	1,62743	20	0,08137	1,8436	0,063052
ZONA(PROT)	0,43575	3	0,14525	3,2985	0,032673
TIME*ZONA(PROT)	1,32415	30	0,04414	1,0666	0,370397
Error	44,19765	1068	0,04138		

Talles

S'han integrat les dades dels tres darrers anys d'estudi (2011, 2017 i 2019) per tal de tenir un nombre de peixos representatiu dins cada nivell de protecció. En aquest període s'han censat 241 anfossos amb un interval de talla comprès entre 10 i 70 cm. A la figura 3.22 es pot observar com el reclutament d'individus de l'any (≤ 20 cm tenint en compte un possible error de 2 cm en l'estima i les relacions talla:edat de Reñones *et al.*, 2010) pateix una recessió des de 2005 endavant, i que els individus de talla legal (≥ 45 cm, segons el Reial Decret 560/1995 de 7 d'abril) són més abundants a RP respecte a RI i NR.

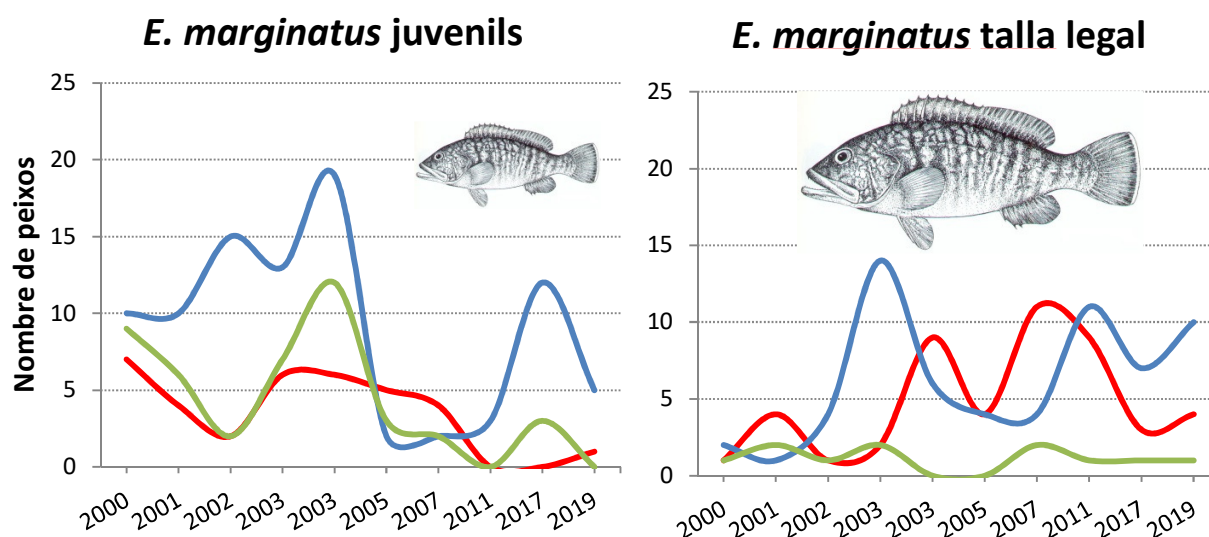


Figura 3.22. Freqüència absoluta de juvenils i d'adults ($\geq L_t$ legal) d'*E. marginatus* entre 2000 i 2019.

RI: — RP: — NR: —

Aquestes diferències es fan òbvies en comparar totes les talles a la figura 3.23, on es fa palesa la major freqüència relativa dels peixos de 41-50 cm a RI i a RP respecte NR, unes freqüències que s'allunyen significativament d'una distribució equitativa entre nivells de protecció ($\chi^2 = 20,3$; GL= 10; $p=0,027$).

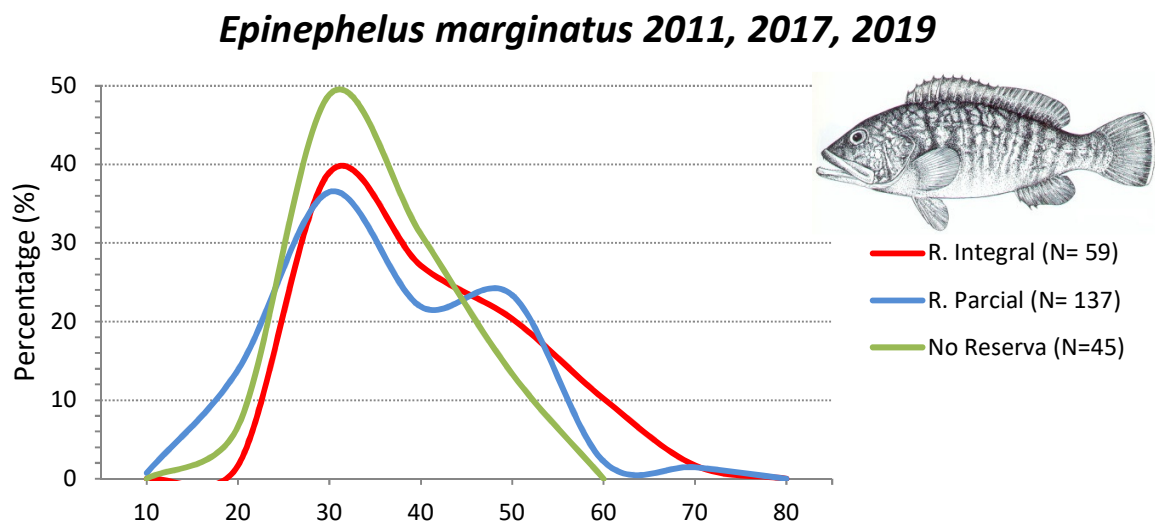


Figura 3.23. Distribució de freqüències de talla d'*E. marginatus* en els darrers tres anys d'estudi (2011, 2017 i 2019).

Biomassa

La RMNM en les seves aigües superficials no té un efecte significatiu sobre la biomassa mitjana d'anfós. A la RI, els valors a la darrera campanya són gairebé idèntics als de la primera ($\approx 0,4$ kg/transsecte), havent-se produït una recessió respecte dels anys 2011 i 2017 (Fig. 3.24). La RP presenta una mitjana de 0,9 kg/transsecte, el que implica certa estabilització respecte a la pauta de la sèrie temporal, que cal situar dins un context de baixa biomassa. Finalment, la menor biomassa s'ha observat als controls, amb 0,2 kg/transsecte. Aquestes diferències no són significatives quan s'aplica l'anàlisi de la variància, que detecta diferències temporals que no estan lligades a l'efecte general de la RMNM i també efectes majors entre zones dins un mateix nivell de protecció (Taula 3.31).

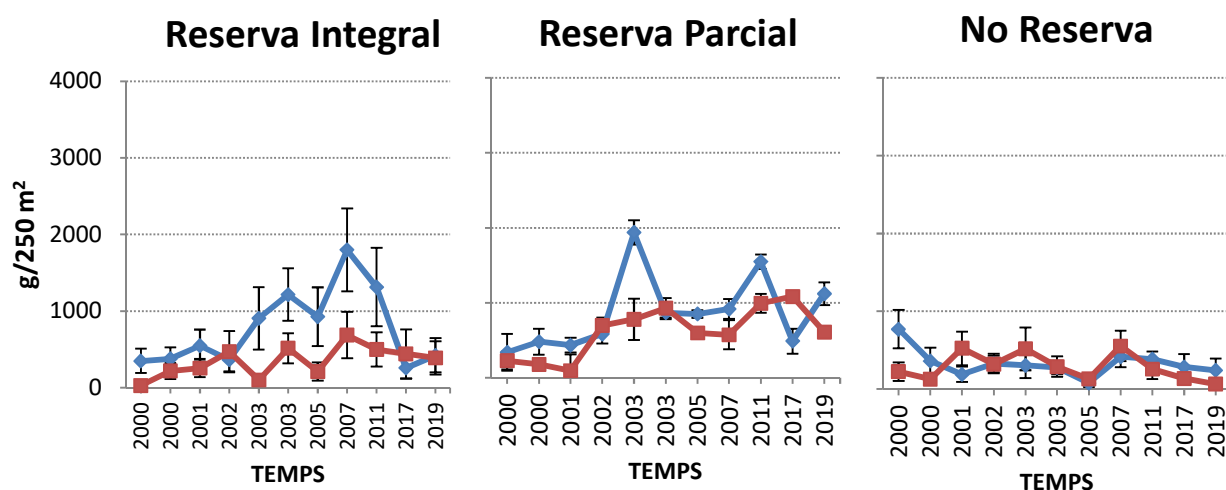


Figura 3.24. Variació de la biomassa mitjana d'*E. marginatus* entre 2000 i 2019 dins la reserva integral, la reserva parcial i les zones control del nord de Menorca. **Blau (Zona 1). Vermell (Zona 2).**

Taula 3.31. Anàlisi de la variància de la biomassa d'*E. marginatus* entre 2000 i 2019 (TEMPS), el nivell de protecció (PROT) i la zona niada dins el nivell de protecció. SQ: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test d'F; p= nivell de significància.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	314378400,5	1	314378400	42,14719	0,007420
TIME	41431099,5	10	4143110	3,26036	0,005850
PROT	34.499.214,91	2	17249607	2,31257	0,246780
TIME*PROT	40733204,8	20	2036660	1,60272	0,118204
ZONA(PROT)	22.377.180,61	3	7459060	5,92018	0,002496
TIME*ZONA(PROT)	38122591,2	30	1270753	1,29358	0,134571
Error	1049157045,7	1068	982357		

Els grans làbrids *Labrus spp.*

Densitat

S'observa un increment en la densitat de grans làbrids dins RI, des d'una mitjana de 0,3 individus/transsecte en la primera campanya de 2000 a 1,3 individus/transsecte en la campanya de 2019 (Fig. 3.25). La tendència és obvia, però les variacions a mitjana escala espacial (nivell de

zona, milers de metres) que es donen tant a la RP com a NR són fins i tot superiors a les diferències que hi ha entre els nivells de protecció. De fet, per exemple, la densitat de *Labrus* spp. a la zona 1 dels controls és pràcticament idèntica a la mitjana de la reserva integral. Això produeix que el nivell de protecció no resulti un factor significatiu en l'anàlisi de la variància (Taula 3.32). Es donen diferències significatives entre els diferents anys d'estudi, amb tendències estables o creixents, que ocorren tant a RI com a RP i NR i amb fort efecte local (zona).

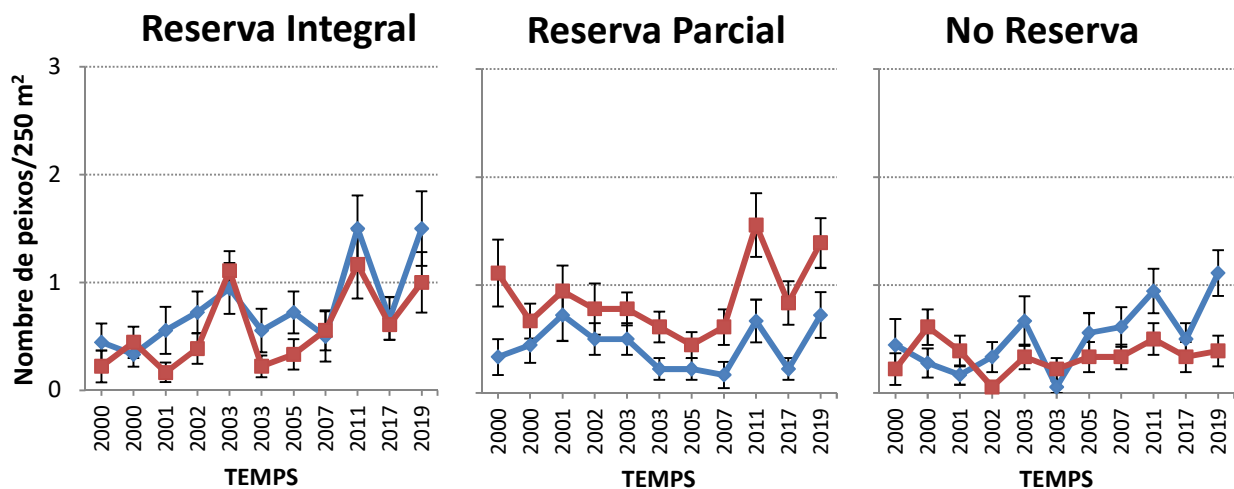


Figura 3.25. Variació de la densitat mitjana de *Labrus* spp. entre 2000 i 2019 dins la reserva integral, la reserva parcial i les zones control del nord de Menorca. **Blau (Zona1). Vermell (Zona 2).**

Taula 3.32. Anàlisi de la variància de la densitat de *Labrus* spp entre 2000 i 2019 (TEMPS), el nivell de protecció (PROT) i la zona niada dins el nivell de protecció. SQ: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test d'F; *p*= nivell de significància.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	370,5625	1	370,5625	43,95872	0,006989
TIME	63,4766	10	6,3477	10,45573	0,000000
PROT	13,3657	2	6,6829	0,79277	0,529172
TIME*PROT	18,9903	20	0,9495	1,56402	0,130573
ZONA(PROT)	25,2894	3	8,4298	13,90286	0,000005
TIME*ZONA(PROT)	18,2130	30	0,6071	1,03474	0,415462
Error	626,6111	1068	0,5867		

Talles

L'estudi de la talla implica necessàriament centrar-se en espècies concretes. *Labrus merula* és normalment més abundant que *Labrus viridis* i ens permet una anàlisi més refinada. Així, en el cas de *L. merula*, l'interval de talla observat en la darrera campanya de 2019 comprèn peixos d'entre 6 i 44 cm. Tot i això, el baix nombre d'individus dins algun nivell de protecció aconsella ampliar la mostra per tal de poder establir relacions causa:efecte amb el nivell de protecció. Així, s'han integrat les dades dels darrers tres anys d'estudi: 2011, 2017 i 2019.

L'interval de talles per a aquest període més ampli, amb una N= 237 individus, ha estat de 6 a 48 cm. L'anàlisi temporal ens duu a subratllar la variació sincrònica entre RI, RP i NR, tant pel que respecta als juvenils ($L_t \leq 18$ cm) (Gordoa i Raventós, 2000) com per als individus de major talla ($L_t \text{ legal} \geq 25$ cm) (Fig. 3.26). Pel que fa als juvenils, es veu una estabilitat variable entre 0 i 10 individus des del començament de l'estudi fins a 2017, en una resposta cíclica relacionada en principi amb els pics de reclutament. Aquesta estabilitat cíclica es romp a la darrera campanya, quan s'observà una major quantitat de juvenils (> 15 individus) dins la RMNM. Els tords massots adults presenten també pics i valls en la seva abundància però amb una tendència creixent en els tres nivells de protecció considerats. Durant gairebé tot l'estudi, RI ha presentat una abundància lleugerament superior respecte a RP i NR (Fig. 3.26).

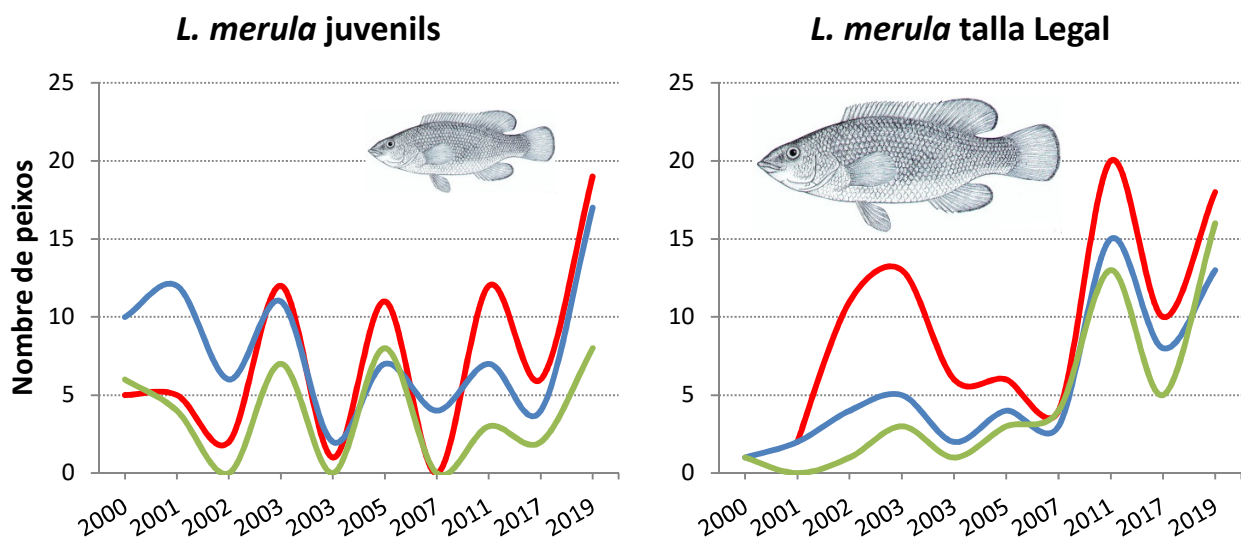


Figura 3.26. Freqüència absoluta de juvenils i d'adults ($\geq L_t \text{ legal}$) de *L. merula* entre 2000 i 2019.

RI: — RP: — NR: —

Sobta així mateix que no hi hagi un decalatge temporal entre juvenils i adults, observant-se augments i minves d'uns i altres en els mateixos anys i nivells de protecció, la qual cosa ens duu a pensar en factors ambientals que afecten la seva detectabilitat/activitat i la seva probabilitat de ser inclosos en el cens (Fig. 3.26).

Quan analitzam les distribucions de talles dels darrers tres anys d'estudi (Fig. 3.27), s'observa que la RMNM presenta distribucions més àmplies, tant a RI com a RP, el que implica que tant els juvenils com els individus de talla més gran (> 40 cm) siguin més freqüents dins la reserva marina. Aquestes distribucions difereixen de forma significativa de les que es correspondrien amb una equidistribució entre classe de talla i nivell de protecció ($\chi^2= 43,74$; GL= 20; $p=0,0016$).

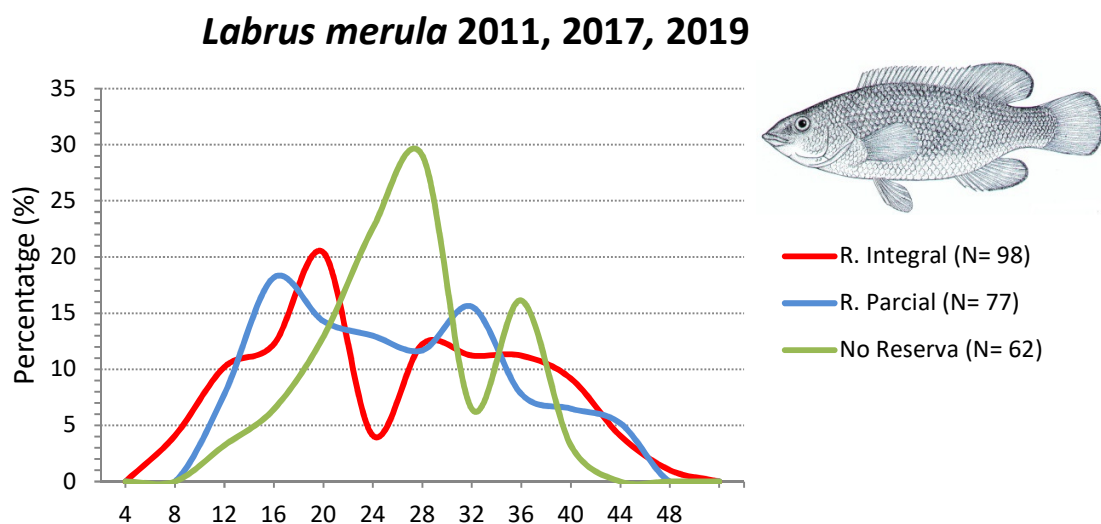


Figura 3.27. Distribució de freqüències de talla de *L. merula* en els darrers tres anys d'estudi (2011, 2017 i 2019).

Pel que respecta a l'altra espècie, *Labrus viridis*, la seva baixa abundància obliga a analitzar de forma conjunta tota la sèrie temporal disponible, amb una N= 145 individus i un interval de talla d'entre 4 i 50 cm. A la figura 3.28 es pot comprovar com la reserva integral presenta una major proporció d'individus de talles grosses (> 40 cm) mentre que a RP hi ha una major proporció de juvenils (≤ 18 cm).

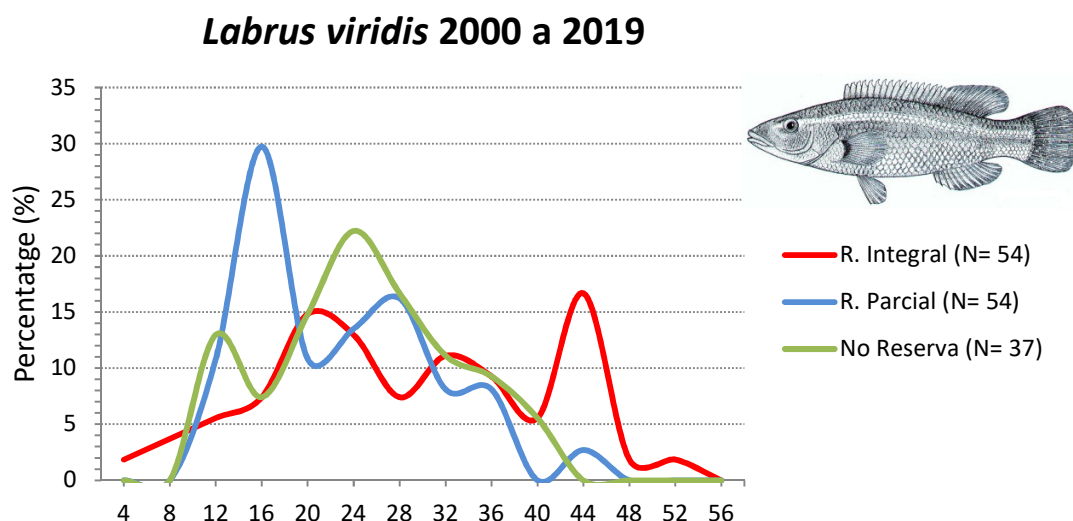


Figura 3.28. Distribució de freqüències de talla de *L. viridis* en els darrers tres anys d'estudi (2011, 2017 i 2019).

Biomassa

La biomassa mitjana de grans làbrids mostra una evolució molt semblant a la densitat, amb canvis temporals que es donen en els tres nivells de protecció, sense una interacció dels factors principals i sense un efecte del nivell de protecció, degut principalment als increments de biomassa observats als controls, i a les diferències existents a mitjana escala espacial dins un mateix nivell de protecció (Fig. 3.28 i Taula 3.33). Tot i aquestes variacions que no es poden lligar a la protecció, actualment, la biomassa de grans làbrids és de 0,4 kg/transsecte a RI, de 0,3 kg/transsecte a RP i de 0,2 kg/transsecte a NR.

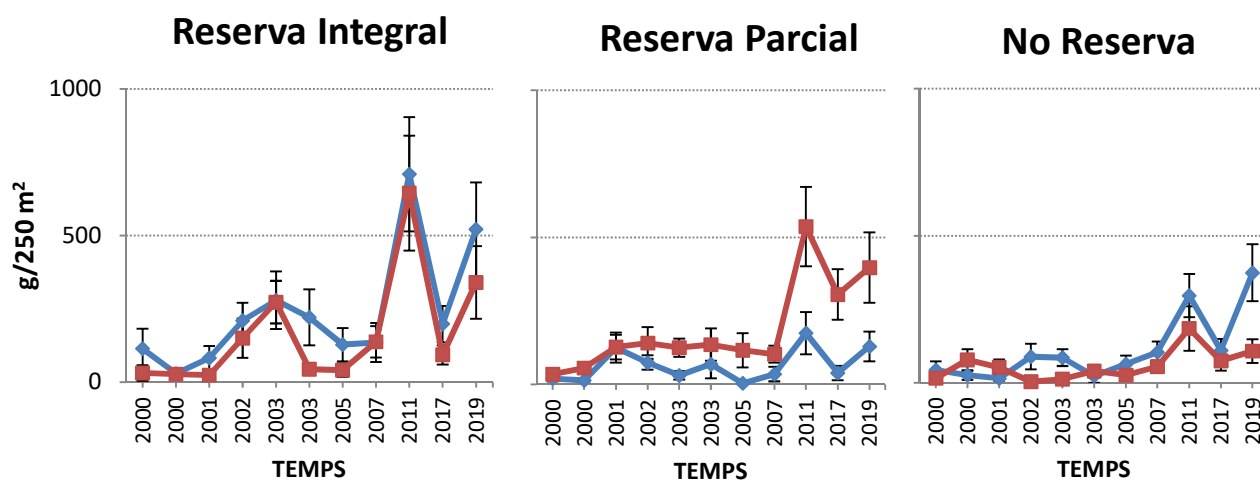


Figura 3.28. Variació de la biomassa mitjana de *Labrus* spp. entre 2000 i 2019 dins la reserva integral, la reserva parcial i les zones control del nord de Menorca. **Blau (Zona1). Vermell (Zona 2).**

Taula 3.33. Anàlisi de la variància de la biomassa de *Labrus* spp (dades transformades segons $\text{Log}_{10}(x+1)$) entre 2000 i 2019 (TEMPS), el nivell de protecció (PROT) i la zona niada dins el nivell de protecció. SQ: suma de quadrats, GL: graus de llibertat, MQ: mitjana quadràtica, F= test d'F; p = nivell de significància.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	953,026	1	953,0259	65,18883	0,003969
TIME	125,220	10	12,5220	9,49813	0,000001
PROT	18,362	2	9,1808	0,62799	0,591811
TIME*PROT	29,979	20	1,4990	1,13698	0,366974
ZONA(PROT)	43,858	3	14,6195	11,13125	0,000036
TIME*ZONA(PROT)	39,551	30	1,3184	1,11243	0,310070
Error	1265,716	1068	1,1851		

4. Conclusions i comentaris

La tendència o patró temporal dels indicadors constitueixen l'eina més útil per diagnosticar l'èxit d'una mesura de gestió com és una reserva marina. En l'informe anterior de 2017 es va descriure un patró espaciotemporal força variable que coincidí amb valors baixos per als indicadors emprats. La biomassa mitjana d'espècies vulnerables (Bt) és un dels indicadors més útils, doncs integra la informació de molts d'altres (riquesa, densitat, talla), i el sostre de Bt al 2017 fou baix, fins al punt de comprometre l'anomenat efecte reserva (García-Rubies i Zabala, 1990; Roberts i Polunin, 1991; Lester *et al.*, 2009). El 2019, els resultats generals obtinguts són molt semblants als de fa dos anys tot i que coincideixen amb un repunt d'alguns indicadors. A la reserva integral i a la reserva parcial, Bt s'ha incrementat en un 75% respecte a la campanya anterior, encara que als controls també s'observà un increment del 50%. Aquests percentatges poden tenir poca importància com a resultat final quan els valors de partida són baixos, tal com ocorria al començament de l'estudi, l'any 2000, però que el 2019 duen a assolir els màxims valors observats en tota la sèrie temporal (veure fig. 3.3). La consistència d'aquest patró temporal es veu reforçada pel fet que la variació és pràcticament idèntica en les dues zones d'estudi de la reserva integral i de la reserva parcial, i que aleshores es pot considerar com a resultat d'un procés o processos ecològics on hi entra en joc la protecció.

Val la pena així mateix enriquir el diagnòstic si empram com a indicador la biomassa acumulada dins la reserva, que podria tenir un interès genuïnament pesquer, de valoració econòmica del recurs, en front dels valors mitjans de biomassa, als què ens hem referit abans, i que òbviament integren la variació a petita i mitjana escala espacial i temporal. Emprant el primer enfocament, amb la biomassa acumulada en tots els transectes realitzats, els resultats de la RMNM són aclaparadors doncs en el transcurs de 18 anys la reserva integral ha multiplicat per 4,3 la biomassa d'espècies vulnerables. A la reserva parcial, el factor d'increment ha estat encara major (x5,2), i a les zones control no protegides l'increment ha estat de poc més del doble (x2,4) (Fig. 3.4). Emprant l'enfocament més ecològic, el dels valors mitjans, amb la variabilitat entre transectes, entre zones i entre dies dins una mateixa campanya, es reafirma que la biomassa de peixos dins la RMNM no té una distribució homogènia; tornam trobar molts espais buits i també llocs amb pics importants de biomassa, en una típica distribució "a taques", descrita a altres AMPs (García-Charton *et al.*, 2004). Malgrat que s'ha observat un patró creixent de Bt a la reserva marina, la variabilitat explicada abans impedeix afirmar que els indicadors principals presenten mitjanes superiors dins la RMNM. Ni la densitat mitjana d'espècies vulnerables com a estima d'abundància, ni Bt, ni la biomassa mitjana de cadascuna de les espècies més freqüents (anfós, escorball, sard, variada, morruda, grans làbrids) han mostrat diferències significatives entre la reserva integral, la parcial i els controls.

Cal dir així mateix, que en l'increment de la biomassa dins la RMNM, la proporció d'espècies d'alt nivell tròfic ($>3,5$ segons Froese i Pauly, 2019) com els grans serrànids, les morenes, els esciaènids o els escorpènids ha estat molt baixa ($\approx 30\%$); una proporció que no es diferencia de la de les zones control no protegides. Amb aquesta composició específica, els espàrids del gènere *Diplodus* (sards, variades, morrudes) juguen un paper molt important doncs representen el 70% de la biomassa, i la seva abundància ha augmentat també a les zones control. Aquest augment del recurs fora de la reserva marina no tan sols s'ha descrit al nord de Menorca, sinó també a altres indrets de les Illes Balears com a Andratx i Alcúdia (SW i NE de Mallorca, respectivament) i a Formentera en el transcurs dels estudis de seguiment de les reserves marines de les Illes Balears (Morey *et al.*, 2018 a, b; Coll *et al.*, 2018).

Per tant, la forta variació espaciotemporal dins la RMNM i l'augment generalitzat d'espàrids als controls han resultat prou importants com per debilitar les diferències entre nivells de protecció. Veient que el fenomen dels controls no és exclusiu del nord de Menorca, es pot treure una lliçó d'interès que s'ha constatat al cap de quasi 20 anys de seguiment, i és que les variacions de biomassa d'un factor del voltant del doble ($\approx x2$) poden respondre a processos que tenen lloc en una escala espacial superior a la de la pròpia reserva marina, o a variacions locals naturals, que no es poden atribuir a l'efecte reserva.

La lectura ecològica del que s'ha dit abans abasteix un bon grapat d'hipòtesis no excloents. Una d'elles podria ser la primera que s'esgrimeix sempre com a bonança de les AMPs, que és l'exportació de biomassa cap a zones fora de la reserva. Degut a la distància entre la reserva i els controls en el present cas d'estudi, i en el dels altres indrets esmentats, l'exportació podria deure's en major grau a un augment d'ous i larves (Planes *et al.*, 2000; Crec'hriou *et al.*, 2010) que acabarien assentant-se i reclutant en les poblacions de l'àrea d'influència de la reserva, en front d'una migració directa d'adults, cas que podria tenir lloc a escales espacials menors (Pérez-Ruzafa *et al.*, 2008; Harmelin-Vivien *et al.*, 2008; García-Rubies *et al.*, 2013).

Altres hipòtesis entren dins la lògica de la causa-efecte explicada per Grau *et al.*, (2015) en el Llibre Vermell dels Peixos de les Balears. Aquests autors descriuen com la flota d'arts menors ha patit una minva del 38% en 15 anys (1999-2014), un procés d'escala europea que ha afectat sens dubte a Menorca. La minva en la quantitat d'ormeig calat al mar per part d'aquesta flota arriba a ser segons els autors citats, d'un mínim de 12.000 km anuals. Una minva absoluta d'esforç que matemàticament ha d'influir en una menor mortalitat de les espècies afectades. Aquesta pèrdua de flota, d'ormeigs i de pescadors, afecta també a especialitats o *métiers* que empraven pescadors experimentats, ara retirats, i en unes ofertes del mercat que també han canviat. A mode d'exemple, i en el context del espàrids, la captura de sard ha caigut en un 100% als ports d'Eivissa i de Sant Antoni de Portmany en els darrers 16 anys, quan les estimes directes en immersió descriuen un bon estat del recurs (Coll *et al.*, 2019).

L'abundància d'espàrids a fora de la reserva no ha estat correlativa amb espècies més preuades i de major nivell tròfic, com l'anfós, l'escorball, o el cap-roig, totes elles amb abundàncies baixes dins la RMNM i molt baixes a fora de la reserva. El principal indicador de l'efecte de la protecció amb aquestes espècies, i també amb els espàrids, és la major freqüència de talles grosses dins l'àrea protegida. Quan obviam la variació espacial a petita i mitjana escala (entre transectes i entre zones) i prenem com a mostra el conjunt d'individus, resulta altament improbable ($p < 0,025$) que les distribucions de talles de RI, RP i NR puguin ser considerades com d'una mateixa població, en el sentit pesquer d'aquest terme. La major proporció d'individus de talla legal dins la RMNM és una constant per a la majoria d'espècies tractades en aquest estudi i un indicador positiu de la gestió.

La variabilitat interanual observada dins la RMNM, tot i la seva tendència creixent, i de forma especial dins la reserva integral, on la mortalitat per pesca se presumeix com a zero, sembla respondre a l'existència d'amplis moviments de les diferents espècies. La topografia submarina, amb poc pendent, i la distribució d'hàbitats, amb gran extensió de roca homogènia d'origen silícic i posidònia (Ballesteros i Cebrian, 2004, Cardona *et al.*, 2007), dins la reserva integral, poden afavorir el moviment de les espècies estudiades cap a llocs més adients per a les fases adultes. La manca d'aïllament de l'hàbitat, i la necessitat de recórrer molta distància (cents de metres) per assolir canvis significatius de fondària (> 25 m) són el revers de les característiques que s'han descrit a reserves marines que acumulen gran biomassa de peixos (Coll *et al.*, 2013; Edgar *et al.*, 2014; Morey *et al.*, 2018a). A mode d'exemple, i sabent que el sard representa una gran proporció de la biomassa, a la figura 3.10 es pot observar com l'abundància de juvenils és sempre superior dins la RI respecte a la RP, i què, això no obstant, l'abundància d'adults és superior allà on hi ha menys juvenils, a la RP. Això implica evidentment moviments horitzontals dels peixos, diguem-ne paral·lels a costa, i que en aquest cas anirien de la RI cap a RP, especialment als penya-segats del cap de Cavalleria, on troben unes condicions millors. En altres casos, els moviments podrien ser perpendiculars a costa, possiblement relacionats amb canvis ontogènics d'hàbitat, guanyant fondària, o relacionats amb la hidrologia, amb variables en joc com la temperatura o l'hidrodinamisme, que presenten una variació més accentuada en aigües poc profundes (Ballesteros i Zabala, 1993).

Finalment, cal dir que la biomassa observada enguany a la RMNM està més en consonància amb la d'altres reserves marines de les Illes Balears, en front dels valors extremadament baixos que es van observar el 2017 (Fig. 3.29).

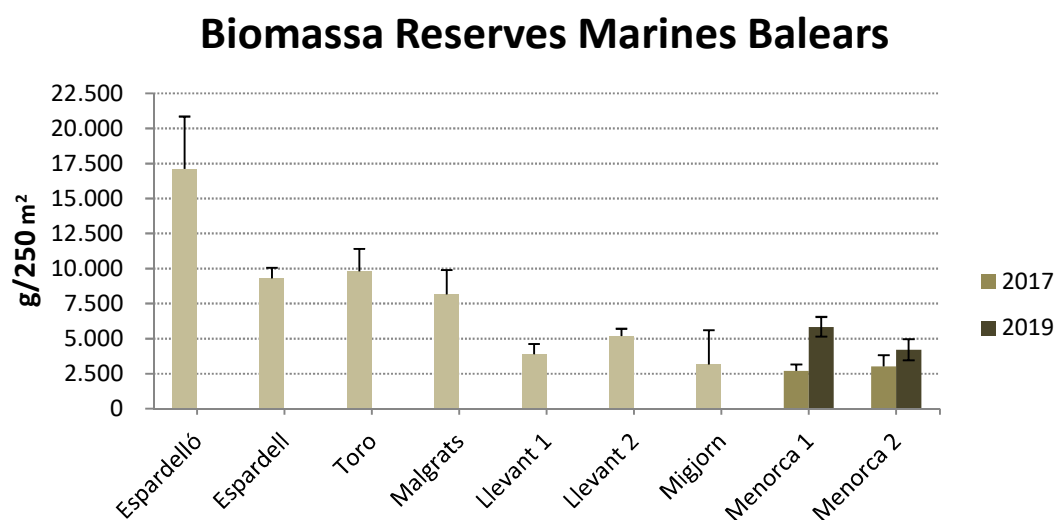


Figura 3.29. Biomassa mitjana ($g \pm$ error estàndard) d'espècies vulnerables a la pesca a diferents reserves marines de les Illes Balears. Dades de 2017 i de 2019 per a les dues zones de la RI de la RMNM: Menorca 1 (punta de la Pedra de sa Sal) i Menorca 2 (cala Calderer).

5. Bibliografia citada al text

BALLESTEROS, E i E. CEBRIAN. 2004. Estudi sobre la bionomia bentònica, biodiversitat i cartografia de les reserves marines dels Freus entre Eivissa i Formentera, de la badia de Palma i del Nord de Menorca. Informe tècnic del Centre d'estudis Avançats de Blanes-CSIC. 3 volums: 330 pp.

BALLESTEROS, E y M. ZABALA, 1993. El bentos: el marc físic. En: *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. Alcover, J.A; Ballesteros, E; Fornós, J. (Eds). CSIC-Edit.Moll, 663-685.

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.

CARDONA, L., M. SALES, D. LÓPEZ. 2007. Changes in fish abundance do not cascade to sea urchins and erect algae in one of the most oligotrophic parts of the Mediterranean. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 72: 273-282.

CHAOUCH, H., O. BEN ABDALLAH-BEN HADJ HAMIDA, M. GHORBEL i O. JARBOUI. 2013. Reproductive biology , age and growth of *Diplodus puntazzo* (Sparidae) from the Gulf of Gabes (Central Mediterranean). *Vie et milieu - Life and environment*, 2013, 63 (3/4): 135-144.

COLL, J. G. MOREY, O. NAVARRO i G. MUCIENTES. 2018. La Reserva Marina dels Freus d'Eivissa i Formentera. Seguiment de les poblacions de peixos de substrat rocós en el període 2000-2018. Informe Tècnic de la Direcció General de Pesca i Medi Marí-Govern de les Illes Balears-Tragsatec 58 pàgines.

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

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

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

COLL, J., O. NAVARRO, X. VERGER i G. MOREY. 2019. Avaluació de les poblacions de peixos vulnerables a la pesca submarina a les reserves naturals des Vedrà, es Vedranell i els illots de Ponent. Bases per a l'establiment d'un pla de conservació i d'aprofitament pesquer. Projecte de Seguiment de les Comunitats Marines d'Espais Naturals Protegits de les Illes Balears. Informe tècnic de la Direcció General d'Espais Naturals i Biodiversitat del Govern de les Illes Balears-Tragsatec, 91 pàgines.

CREC'HRIOU, R., F. ALEMANY, E. ROUSSEL, A. CHASSANTE, J. Y. MARINARO, J. MADER, E. ROCHEL and S. PLANES. 2010. Fisheries replishment of early life taxa: potential export of fish eggs and larvae from a temperate marine protected area. *Fisheries Oceanography*, 19: 135-150.

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.

FROESE, R i D. PAULY. 2019. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org.

GARCÍA-CHARTON, J.A., A. PÉREZ-RUZAFÀ, P. SÁNCHEZ-JEREZ, J.T. BAYLE-SEMPERE, O. REÑONES and D. MORENO. 2004. Multi-scale spatial heterogeneity, habitat structure, and the effect of marine reserves on Western Mediterranean rocky reef fish assemblages. *Marine Biology*, 144: 161-182.

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

GARCIA-RUBIES, A i M. ZABALA. 1990. Effects of total fishing prohibition on the rocky fish assemblages of Medes Islands marine reserve (NW Mediterranean). *Sci. Mar.*, 54: 317-328.

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

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

- GORDOA, A & B. MOLÍ.** 1997. Age and growth of the sparids *Diplodus vulgaris*, *D. sargus* and *D. annularis* in adult populations and the differences in their juvenile growth patterns in the north-western Mediterranean sea. *Fisheries Research*, 33: 123-129.
- GORDOA, A, B. MOLÍ and N. RAVENTÓS.** 2000. Growth performance of four wrase species on the north-western Mediterranean coast. *Fish. Res.* 45: 43-50.
- 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.
- GRAU, A., M. LINDE and A. M. GRAU.** 2009. Reproductive biology of the vulnerable species *Sciaena umbra* Linnaeus, 1758 (Pisces: Sciaenidae). *Scientia Marina*, 73 (1): 67-81.
- GREENE L. E i W. ALEVIZON.** 1989. Comparative accuracies of visual assesment methods for coral reef fishes. *Bull. Mar. Sci.* 44: 899-912.
- HARMELIN, J-G.** 1987. Structure et variabilité de l'ichtyofaune d'une zone rochouse protégée en Méditerranée (Parc national de port Cros, France). *P.S.Z.N.I: Marine Ecology*, 8: 263-284.
- 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. LE DIRÉACH, J. BAYLE-SEMPERE, E. CHARBONNEL, J. A. GARCÍA-CHARTON, D. ODDY, A. PÉREZ-RUZAFÁ, O. REÑONES, P. SÁNCHEZ-JEREZ and C. VALLE.** 2008. Gradients of abundance and biomass across reserve boundaries in six Mediterranean marine protected areas: evidence of spillover?. *Biological Conservation*. 141: 1829-1839.
- LESTER S. E., HALPERN B. S., GRORUD-COLVERT K., LUBCHENCO J., RUTTENBERG B. I., GAINES S. D., AIRAMÉ S., WARNER R. R.** 2009. Biological effects within no-take marine reserves: a global synthesis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 384: 33-46.
- LUCKHURST B. E i K. LUCKHURST.** 1978. Analysis of the influence of substrate variables on coral reef fish communities. *Mar. Biol.* 49: 317-323.
- MORALES-NIN, B., G. MOREY, J. MORANTA, A. RUIZ, M. PALMER, F. ORDINES i P. TUGORES.** 2004. Seguiment de les mesures de protecció sobre la comunitat íctica de les reserves marines de les Illes Balears. CSIC-IMEDEA. Informe tècnic, 756 pàg.
- MOREY, G., COLL, J., NAVARRO, O. i F. VERGER.** 2018 a. Les reserves marines de l'illa del Toro i les illes Malgrats. Seguiment de les espècies íctiques vulnerables sobre substrat rocós. Juliol de 2018. Direcció General de Pesca i Medi Marí/Govern de les Illes Balears – Tragsatec. 76 pàgines.
- MOREY, G., J. COLL, F. VERGER i O. NAVARRO.** 2018 b. La Reserva Marina del Llevant de Mallorca. Seguiment de les poblacions de peixos vulnerables de substrat rocós en el període 2008-2018.

Direcció General de Pesca i Medi Marí-Govern de les Illes Balears-Tragsatec. Novembre de 2018. 74 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.

PÉREZ-RUZAFÀ, A., E. MARTÍN, C. MARCOS et al., 2008. Modelling spatial and temporal scales for spill-over and biomass exportation from MPAs and their potential for fisheries enhancement. *Journal for Nature Conservation*, 16: 234-255.

PLANES, S., R. GALZIN, A. GARCIA-RUBIES, R. GOÑI, J-G. HARMELIN, L. LE DIRÉACH, P. LENFANT i A. QUETGLAS. 2000. Effects of marine protected areas on recruitment processes with special reference to Mediterranean littoral ecosystems. *Environmental Conservation*, 27: 126-143.

ROBERTS, C. M i N. V. C. POLUNIN. 1991. Are marine reserves effective in management of reef fisheries? *Rev. Fish Biol. Fish.* 1: 65-91.

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

ANNEX I

Tests *a posteriori* corresponents a les anàlisi de la variància dels diferents
indicadors

Tests a posteriori de Tukey entre la biomassa mitjana de parells d'anys dins la zona 1 de la reserva integral de la RMNM

ANY	TIME	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}
2000	1		1,000	1,000	0,992	0,845	0,026	0,752	0,008	0,027	0,628	0,000
2000	2	1,000		1,000	0,975	0,655	0,002	0,510	0,000	0,002	0,355	0,000
2001	3	1,000	1,000		1,000	0,979	0,032	0,941	0,008	0,033	0,859	0,000
2002	4	0,992	0,975	1,000		1,000	0,134	0,998	0,045	0,139	0,987	0,000
2003	5	0,845	0,655	0,979	1,000		0,552	1,000	0,290	0,560	1,000	0,000
2003	6	0,026	0,002	0,032	0,134	0,552		0,695	1,000	1,000	0,831	0,225
2005	7	0,752	0,510	0,941	0,998	1,000	0,695		0,418	0,703	1,000	0,000
2007	8	0,008	0,000	0,008	0,045	0,290	1,000	0,418		1,000	0,578	0,463
2011	9	0,027	0,002	0,033	0,139	0,560	1,000	0,703	1,000		0,837	0,219
2017	10	0,628	0,355	0,859	0,987	1,000	0,831	1,000	0,578	0,837		0,001
2019	11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,225	0,000	0,463	0,219	0,001	

Tests a posteriori de Tukey entre la biomassa mitjana de parells d'anys dins la zona 2 de la reserva integral de la RMNM

ANY	TIME	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}
2000	1		1,000	1,000	0,677	0,508	0,217	1,000	0,308	0,198	0,151	0,001
2000	2	1,000		1,000	0,523	0,326	0,086	1,000	0,147	0,074	0,049	0,000
2001	3	1,000	1,000		0,473	0,285	0,070	1,000	0,124	0,061	0,040	0,000
2002	4	0,677	0,523	0,473		1,000	0,999	0,886	1,000	0,998	0,994	0,152
2003	5	0,508	0,326	0,285	1,000		1,000	0,730	1,000	1,000	1,000	0,288
2003	6	0,217	0,086	0,070	0,999	1,000		0,334	1,000	1,000	1,000	0,679
2005	7	1,000	1,000	1,000	0,886	0,730	0,334		0,472	0,304	0,227	0,001
2007	8	0,308	0,147	0,124	1,000	1,000	1,000	0,472		1,000	1,000	0,531
2011	9	0,198	0,074	0,061	0,998	1,000	1,000	0,304	1,000		1,000	0,713
2017	10	0,151	0,049	0,040	0,994	1,000	1,000	0,227	1,000	1,000		0,800
2019	11	0,001	0,000	0,000	0,152	0,288	0,679	0,001	0,531	0,713	0,800	

Tests a posteriori de Tukey entre la biomassa mitjana de parells d'anys dins la zona 1 de la reserva parcial de la RMNM

ANY	TIME	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}
2000	1		1,000	1,000	0,995	0,549	0,098	0,964	0,995	0,122	0,738	0,000
2000	2	1,000		1,000	0,995	0,377	0,026	0,951	0,995	0,037	0,612	0,000
2001	3	1,000	1,000		1,000	0,543	0,055	0,987	0,999	0,075	0,771	0,000
2002	4	0,995	0,995	1,000		0,956	0,363	1,000	1,000	0,431	0,994	0,001
2003	5	0,549	0,377	0,543	0,956		0,994	0,996	0,957	0,998	1,000	0,111
2003	6	0,098	0,026	0,055	0,363	0,994		0,628	0,365	1,000	0,956	0,715
2005	7	0,964	0,951	0,987	1,000	0,996	0,628		1,000	0,699	1,000	0,004
2007	8	0,995	0,995	0,999	1,000	0,957	0,365	1,000		0,434	0,995	0,001
2011	9	0,122	0,037	0,075	0,431	0,998	1,000	0,699	0,434		0,974	0,645
2017	10	0,738	0,612	0,771	0,994	1,000	0,956	1,000	0,995	0,974		0,042
2019	11	0,000	0,000	0,000	0,001	0,111	0,715	0,004	0,001	0,645	0,042	

Tests a posteriori de Tukey entre la biomassa mitjana de parells d'anys dins la zona 2 de la reserva parcial de la RMNM

ANY	TIME	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}
2000	1		1,000	1,000	0,961	0,996	0,957	0,996	0,959	0,001	0,053	0,000
2000	2	1,000		1,000	0,902	0,990	0,892	0,988	0,897	0,000	0,006	0,000
2001	3	1,000	1,000		0,905	0,991	0,896	0,989	0,901	0,000	0,006	0,000
2002	4	0,961	0,902	0,905		1,000	1,000	1,000	1,000	0,014	0,450	0,000
2003	5	0,996	0,990	0,991	1,000		1,000	1,000	1,000	0,003	0,192	0,000
2003	6	0,957	0,892	0,896	1,000	1,000		1,000	1,000	0,015	0,468	0,000
2005	7	0,996	0,988	0,989	1,000	1,000	1,000		1,000	0,003	0,204	0,000
2007	8	0,959	0,897	0,901	1,000	1,000	1,000	1,000		0,015	0,459	0,000
2011	9	0,001	0,000	0,000	0,014	0,003	0,015	0,003	0,015		0,964	0,749
2017	10	0,053	0,006	0,006	0,450	0,192	0,468	0,204	0,459	0,964		0,056
2019	11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,749	0,056	

Tests a posteriori de Tukey entre la biomassa mitjana de parells d'anys dins la zona 2 de l'àrea control no protegida

	TIME	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}
2000	1		1,000	1,000	1,000	0,997	0,997	0,995	0,826	1,000	0,795	0,044
2000	2	1,000		0,997	1,000	0,979	0,979	0,966	0,530	0,999	0,481	0,002
2001	3	1,000	0,997		1,000	1,000	1,000	1,000	0,980	1,000	0,971	0,069
2002	4	1,000	1,000	1,000		1,000	1,000	0,999	0,861	1,000	0,827	0,018
2003	5	0,997	0,979	1,000	1,000		1,000	1,000	0,998	1,000	0,996	0,149
2003	6	0,997	0,979	1,000	1,000	1,000		1,000	0,998	1,000	0,996	0,149
2005	7	0,995	0,966	1,000	0,999	1,000	1,000		0,999	1,000	0,998	0,184
2007	8	0,826	0,530	0,980	0,861	0,998	0,998	0,999		0,956	1,000	0,724
2011	9	1,000	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,956		0,940	0,044
2017	10	0,795	0,481	0,971	0,827	0,996	0,996	0,998	1,000	0,940		0,767
2019	11	0,044	0,002	0,069	0,018	0,149	0,149	0,184	0,724	0,044	0,767	

