

LA RESERVA MARINA DEL MIGJORN DE MALLORCA.
SEGUIMENT DE LES ESPÈCIES DE PEIXOS VULNERABLES
SOBRE SUBSTRAT ROCÓS.

INFORME DELS RESULTATS DE L'ANY 2021.



G CONSELLERIA
O MEDI AMBIENT,
I AGRICULTURA
B I PESCA


Reserves Marines
de les Illes Balears



UNIÓN EUROPEA

FONDO EUROPEO MARÍTIMO
Y DE PESCA (FEMP)



Autors:

Gabriel Morey, Josep Coll

(Tragsatec)

Oliver Navarro

(Serveis de Millora Agrària i Pesquera-Govern de les Illes Balears)



Fotografia de portada: Grívia (*Labrus viridis*) a fons rocós amb comunitat d'algues hemiesciàfiles del sud de Mallorca.

RESUM EXECUTIU

La campanya de seguiment de la Reserva Marina del Migjorn de Mallorca (RMMM) del 2021 es va dur a terme del 12 al 15 de juliol. Es varen realitzar censos visuals en immersió a 4 llocs situats dins la reserva integral, i dos llocs control situats fora de la reserva, al litoral d'Andratx. Aquest seguiment s'ha duit a terme a l'estrat superficial, entre 3 i 15 m de profunditat. En total s'han realitzat 27 transsectes de 50x5 m (250 m²), cobrint una àrea de 6750 m².

El disseny de mostreig ha diferit del d'anys anteriors degut a que l'objectiu principal d'aquesta campanya ha estat incrementar la informació dins la reserva integral, afegint dos nous llocs d'estudi, la qual cosa permetrà millorar el model de la capacitat de càrrega que ofereixen les zones tancades a la pesca a les Illes Balears. D'altra banda, el mostreig de les dues zones control ha permès avaluar les diferències degudes a la protecció, tot i que en aquest informe només es presenta una anàlisi espacial (llocs protegits vs. no protegits), i no l'evolució temporal d'uns i altres. En conjunt s'han enregistrat 15 espècies, 12 de les quals són demersals. Cal destacar l'observació d'un exemplar de *Sparisoma cretense* (una femella de 16 cm TL) dins uns dels transsectes realitzats dins la reserva integral de la RMMM.

La riquesa específica dins la reserva integral, amb $4,7 \pm 0,3$ espècies/250 m², es pot considerar alta en comparació amb altres reserves de les Illes Balears. La densitat ha presentat un valor mitjà discret ($38 \pm 4,7$ individus/250 m²), però que ha duplicat el de les control. Dins la reserva integral, la biomassa total d'espècies demersals ha presentat diferències a escala espacial de cents de metres, amb un dels llocs de mostreig presentat valors alts (10,2 kg/250 m²) en el context de les reserves marines de les Illes Balears. El valor mitjà d'aquest indicador dins la reserva integral ha estat de $6,4 \pm 0,9$ kg/250 m², que la situa en una posició intermitja dins la xarxa de reserves marines de les Balears. Les característiques de l'hàbitat de la RMMM, amb baixa disponibilitat d'hàbitat rocós a la franja litoral i circumscrit a una franja estreta a escassa profunditat, esdevenen factors limitants per a l'establiment de poblacions madures d'espècies que hi troben, a les zones protegides, refugis en front de la pesca. Així, les espècies amb nivell tròfic elevat (superior a 3,5) constitueixen una fracció petita de la biomassa, que està dominada pels espèrids *D. sargus* i *D. vulgaris* com a espècies característiques de fons explotats amb

escassesa d'altres que són indicadors dels efectes de la protecció (e.g. *E. marginatus* i *S. umbra*)

1. INTRODUCCIÓ I ANTECEDENTS

La Reserva Marina del Migjorn de Mallorca (RMMM) va ser declarada per Ordre del conseller d'Agricultura i Pesca de 3 de maig de 2002 entre el cap Blanc i cala Figuera, i fou posteriorment ampliada en el seu sector occidental, abastint aigües més profundes, en l'Ordre de 21 de maig de 2003. L'especificació de les modalitats i els períodes d'utilització dels ormeigs de pesca professional, recreativa i esportiva dins l'àmbit de la reserva marina no s'establí fins la Resolució de 24 de maig de 2003. A més, a la zona de Es Trenc s'hi va delimitar, el 2017, un polígon pertanyent al Parc Natural, en el qual hi són d'aplicació les mateixes regulacions que a la resta de zona de reserva parcial.

El setembre de 2002 es realitzà la primera campanya en aquesta àrea, centrada en l'estudi de tota la comunitat de peixos i en la descripció dels llocs més adients per establir-hi una futura reserva integral (Garcia-Rubies i Coll, 2002). En aquest estudi es va fer palesa la forta fragmentació i distribució discontinua dels hàbitats més adients per als peixos de roca així com la forta pressió pesquera exercida sobre les espècies més vulnerables dins tota l'àrea.

En la segona campanya de camp, realitzada el juliol de 2003, s'estudià d'una forma més acurada l'estructura de les poblacions de peixos de roca amb interès pesquer, amb la replicació adient per detectar canvis en l'espai i el temps (Coll *et al.*, 2003). Els resultats d'aquesta campanya es poden considerar com la descripció de l'estat "zero" o, de forma més realista, d'un estadi incipient de la protecció. Donat el cas de la gran extensió de la reserva marina, amb 22.332 Ha, i de la necessitat de censar els peixos a diferents escales espacials, l'estudi es centrà tan sols en la zona infralitoral superior (< 15 m), on les espècies són objecte principal de la pesca submarina, de la pesca recreativa amb canya des de terra, de la pesca de volanti i de la pesca professional amb arts fixes (tremalls i soltes). Les regulacions que afecten aquestes modalitats de pesca són, per tant, les que més podien influir en l'estat de les poblacions de peixos en l'estrat d'hàbitat i fondària estudiat.

El maig de 2005 s'introduí un nou escenari a estudiar amb la declaració de la reserva integral entre cala Figuereta i cala de s'Almonia, al sector est de la reserva marina. El juliol de 2010, 7 anys després de l'estudi de 2003, es tornaren censar les zones estudiades i s'afegí el cens dins la reserva integral. Els resultats foren molt discrets, destacant els

efectes de la minva en esforç pesquer professional al sector de Llevant (de Cala Figuera al Cap Salines), que repercutiren en un increment significatiu de variada *Diplodus vulgaris* i en una major abundància de juvenils de grans làbrids *Labrus* spp. i càntara *Spondyllosoma cantharus*. Cap de les espècies més indicadores de l'estat de salut de l'ecosistema rocós litoral: peixos adults de *Epinephelus marginatus*, *Sciaena umbra*, *Labrus* spp., *Diplodus sargus*, varen millorar la seva situació després de 7 anys de protecció parcial i tampoc dins la reserva integral. L'existència de colls de botella naturals, com la manca d'hàbitat rocós i de connexió amb fons rocosos profunds, conjuntament amb el gran nombre de modalitats pesqueres recreatives i professionals permeses, limitaren sens dubte el desenvolupament de poblacions de peixos adults (Coll i Morey, 2010).

El juliol de 2017 es realitzà la tercera campanya de censos a la RMMM. Els indicadors més importants dels efectes de la protecció (biomassa i riquesa d'espècies) mostraren un escenari d'estabilitat des de la creació de la reserva marina i no es diferenciaren dels valors de la majoria d'àrees obertes a la pesca del context geogràfic de les Illes Balears. Els resultats pel que fa l'àrea parcialment protegida, per tant, no evidenciaren que es produís l'anomenat "efecte reserva"; és a dir, una major densitat, talla o biomassa dins la zona protegida respecte a zones controls sense protecció. Les variacions observades en sentit positiu (e.g. increment d'espàrids al sector de Santanyí o major densitat d'escorballs al Torrent Fondo) no es produïren d'una forma general a tota la reserva, sinó a llocs concrets i, a més a més, no es diferenciaren dels canvis observats a les zones control, estant en general molt condicionats per processos d'assentament i reclutament de juvenils. La reserva integral sí que va presentar valors de biomassa total més d'acord amb els de zones protegides ($> 4 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$) des de la campanya de 2010, quan tenia 5 anys de vigència, tot i que l'elevada variació a petita escala impedí discernir diferències amb les zones control.

El juliol de 2019 es va realitzar la quarta campanya de seguiment dels peixos de substrat rocós de la RMMM. A l'àrea parcialment protegida, els principals indicadors emprats per a la seva avaluació (la densitat, riquesa i biomassa mitjanes d'espècies vulnerables) no presentaren valors majors respecte de les zones control. L'indicador més important, la biomassa de peixos, va presentar un valor mitjà de $3,6 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$ que no difereix dels valors de la major part del litoral sense protecció de les Illes Balears. En el cas d'espècies concretes, els efectes positius de la reserva parcial es limitaren a una major

densitat i talla d'anfòs respecte de les zones sense protecció, amb una fracció majoritària que no assolía la talla mínima de captura (50 cm).

La reserva integral va mostrar una major riquesa d'espècies respecte als controls des de la primera campanya de 2010. La biomassa també va resultar més alta que a la resta de zones de la RMMM i les zones control, però amb una variació entorn de la mitjana prou elevada perquè els resultats no es diferenciïn significativament de les mitjanes observades a la reserva parcial i als controls. Però, d'altra banda, és important assenyalar que la no detecció d'un efecte de la protecció a la RMMM va estar influït per l'augment de la biomassa de peixos a les zones control d'Andratx, fenomen que també s'havia observat a zones control d'altres reserves marines de les Illes Balears (Coll *et al.*, 2018, 2019b).

En aquest informe es presenta la comparació espacial, només per a l'any 2021, d'una sèrie d'indicadors avaluats a la zona de reserva integral de la i a les zones control d'Andratx. L'objectiu d'aquesta campanya ha estat doble. Per una banda, s'ha abordat una ampliació del nombre de llocs o estacions d'estudi en l'estrat superficial de fondària (5-15 m), passant dels 2 llocs tradicionals a 4 llocs. Aquest objectiu està emmarcat dins un projecte de major abast, a escala balear, on es pretén conèixer la variació de la biomassa verge (no pescada) dins les zones de màxima protecció o reserves integrals. Dels estudis citats anteriorment es coneix prou bé que la reserva integral de la Reserva Marina de la Badia de Palma ha mostrat sempre valors baixos de biomassa de peixos respecte altres indrets de màxima protecció dins la Xarxa Balear d'AMPs, de la qual cosa es desprèn que el nivell de protecció *per se*, no és un bon predictor de la biomassa de peixos. Conèixer altres factors implicats en aquesta variació era una tasca pendent. Tot i que ja es va abordar aquesta problemàtica en l'estudi de Coll *et al.*, (2013), l'increment de biomassa observat a altres reserves marines, transcorreguts més de 15 anys de protecció total, feia necessari actualitzar els resultats i ampliar l'escala espacial d'estudi. Això ens permetrà determinar els condicionants locals per assolir una capacitat de càrrega (Coll *et al.*, 2012) i determinar a partir d'ella punts de referència a llocs explotats (Caddy i Mahon, 1995; McClanahan *et al.*, 2011, 2019). L'esforç de mostreig ha estat més enfocat per tant en conèixer la variació a mitjana escala espacial, entre llocs separats cents de metres dins de la reserva integral, que no a nivell local, tal com es feia en el seguiment. En aquest informe tècnic es presenten els resultats preliminars d'aquest estudi de major abast geogràfic.

D'altra banda, també s'ha avaluat l'efecte de la protecció, comparant els dos llocs tradicionals dins la zona de reserva integral amb les dos llocs control, situats fora de la reserva.

1. ÀREES D'ESTUDI I METODOLOGIA

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

2.1.1. Els llocs d'estudi

La RMBP ocupa una àrea de 22.332 ha marines (Figura 2.1) i està dividida en dos nivells de protecció: la reserva integral, que abasta 304 ha, i la reserva parcial. Dins la reserva integral es varen seleccionar quatre llocs de mostreig: els dos tradicionals (assenyalats com R1 i R2), i dos nous (R3 i R4) (Fig. 2.2). Aquests llocs es caracteritzen per presentar fons de roca circumscrits a la franja de costa, assolint poca amplària i profunditat. Els fons adjacents presenten, majoritàriament, herbeis de *Posidonia oceanica* i zones més o manco extenses d'arena.



Figura 2.1. Mapa amb els límits actuals i zonificació de la Reserva Marina del Migjorn de Mallorca.

2.1.2. La presa de dades

La unitat de mostra la constituí 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 dos bussejadors, 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. El primer bussejador, més avançat, censava les espècies més mòbils. El segon bussejador, sempre per darrera del primer, censava les espècies més críptiques o amagades a caus i esclotxes. Les espècies tractades s'agrupen en la seva majoria 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 i amb una distància entre transsectes contigus superior a 20 m per tal d'evitar casos d'autocorrelació (Ordines *et al.*, 2005).

A cada lloc es varen realitzar 4 rèpliques (transsectes).

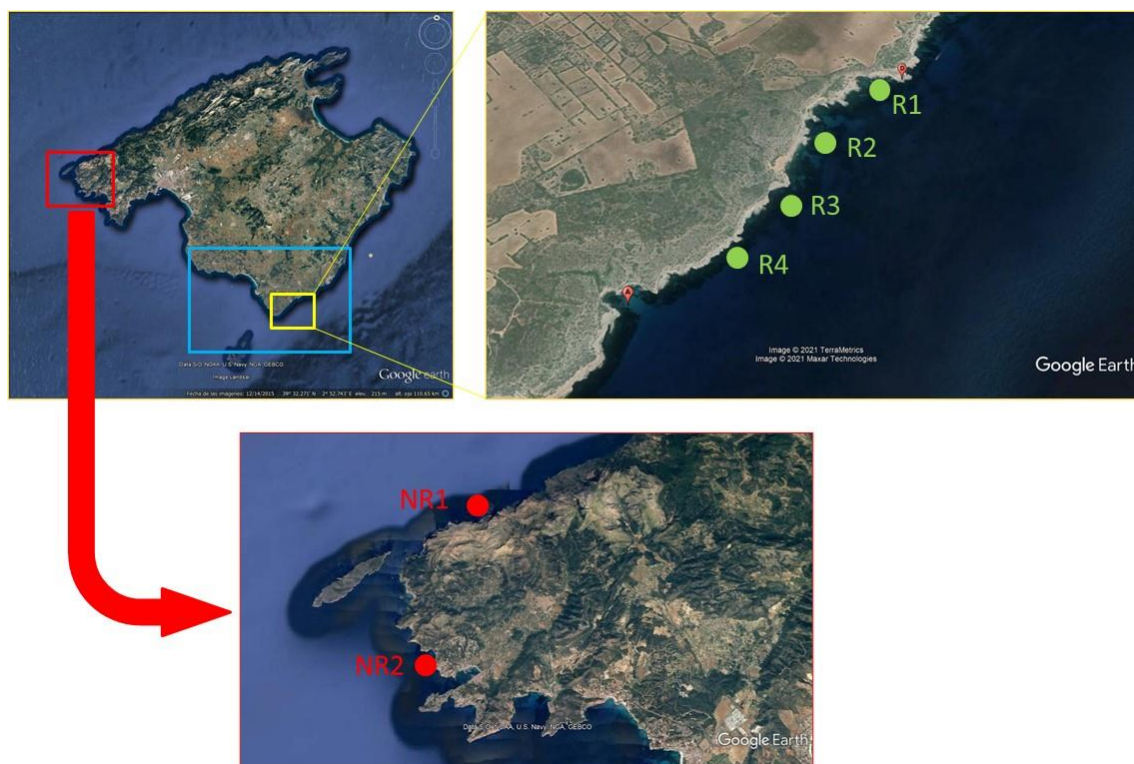


Figura 2.2. Situació de les zones d'estudi dins la reserva integral (punts verds: R1, R2, R3 i R4), i a fora de la reserva marina (NR1: Es Rajolí, i NR2: Cala Egos). En blau, la Reserva Marina del Migjorn de Mallorca (RMMM). En groc, zona ampliada on es troba la reserva integral de la RMMM.

Sobre cadascun dels transectes 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'estima visual de les talles s'ha demostrat com a mínim en exemplars de fins a 20 cm de longitud total, però s'incrementa, tendint a una certa subestima, en classes de talla superiors. En qualsevol cas, i malgrat l'error inherent a l'observador, 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 (*Spondyllosoma cantharus*) o l'orada (*Sparus aurata*) en són representants típics.

Categoria 5: Peixos necto-bentònics mesòfags i macròfags carnívors, marcadament sedentaris, amb desplaçaments verticals i horitzontals poc importants. Els grans làbrids (*Labrus* spp.) i els 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.

2.2. Tractament estadístic de les dades

A partir de les dades d'espècies i talles es va generar una matriu de mostres/espècie/densitat i una altra matriu de mostres/espècie/biomassa. Cada transsecte es va prendre com a unitat de mostra o rèplica, i es va calcular el nombre d'espècies vulnerables, la densitat total de peixos, la biomassa total, la biomassa d'espècies amb nivell tròfic elevat ($NT > 3,5$ segons Froese i Pauly, 2021), 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 es va calcular per a tot el conjunt d'espècies vulnerables, mentre que la resta d'indicadors tan sols es calculà per a les espècies demersals més residents, amb *home range* reduït, obviant les espècies de caire més divagant o pelàgic (categoria 1 d'Harmelin (1987)).

Es varen dur a terme dues anàlisis separades. En primer lloc, una comparació entre els quatre llocs mostrejats a dins la reserva integral. L'anàlisi entre llocs va estar dirigit en gran mesura a determinar l'efecte de les covariables d'hàbitat sobre cada transsecte: la fondària mitjana, la rugositat i el pendent. Així, per a cada indicador s'efectuà un anàlisi de la covariància, amb el lloc o estació com a factor fixo principal, tot extraient l'efecte de les covariables esmentades, preses com a variables contínues.

En segon lloc, es va procedir a la valoració dels efectes de la protecció, considerant únicament l'any 2021, a cadascun dels dos nivells considerats en aquesta campanya (reserva integral vs. zones control). És a dir, sense tenir en compte l'evolució al llarg del temps dels llocs estudiats. Així, es varen analitzar els dos llocs de la reserva integral estudiats des de 2000, i els dos llocs control. Això 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 "llocs" (Z_i), aleatoris i encaixats dins el nivell de protecció. Així, cada rèplica o transsecte (X_{hijk}) es pot definir com la suma de la mitjana global (μ) de totes les rèpliques efectuades, més la variació creada per l'efecte protecció (Ph), més la variació deguda al lloc i en el nivell de protecció h ($Z_i(h)$), més el terme d'error degut a la variació entre rèpliques ($ehijk$). El model lineal queda, doncs: $X_{hijk} = \mu + Ph + Z_i(h) + ehijk$. Prèviament a l'anàlisi es va comprovar l'homogeneïtat de les variàncies (mitjançant el test de Cochran (Zar, 1984)), l'absència de correlació entre mitjanes i desviacions típiques, i la normalitat de les dades. En el cas, freqüent, que no s'acomplissin aquests requeriments, les dades foren transformades logarítmicament ($x' = \log(x+1)$). En qualsevol cas, les dades varen ser analitzades malgrat que no s'acomplissin totes aquestes condicions, prenent la precaució d'eleva el nivell de significació fins a 0,01 (en lloc de l'habitual $p < 0,05$) per tal d'evitar el risc de cometre un error de tipus I, és dir, d'afirmar que hi ha diferències quan realment no n'hi ha (Underwood, 1997).

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

En els casos en què es detectaren diferències entre llocs, o degudes al nivell de protecció, s'analitzaren les diferències entre els llocs o entre els diferents nivells de protecció mitjançant els tests *a posteriori* de Newman-Keuls.

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

3. RESULTATS

3.1. Variació espacial dels indicadors dins la reserva integral

3.1.1. Les espècies i la riquesa

Als 4 llocs de la reserva integral mostrejats el 2021 s'han censat 3 espècies vulnerables de la categoria 1, i 10 de les categories 3, 5 i 6 (Taula 3.1.1), mentre que els anys anteriors (2010, 2017 i 2019) se n'enregistraren 11 als dos llocs mostrejats tradicionalment (Morey et al. 2019). De la mateixa manera que als anys anteriors i a la resta de zones estudiades, la variada *Diplodus vulgaris* i el sard *Diplodus sargus* han estat les dues espècies més abundants, essent presents a tots els transsectes realitzats. D'entre les espècies enregistrades el 2021, destaca un exemplar femella de *Sparisoma cretense*, amb una talla de 16 cm, observada a una profunditat aproximada de 7 m.

Taula 3.1.1. Abundància de les espècies enregistrades el 2021 a cadascun dels llocs mostrejats dins la reserva integral de la RMMM.

	S1	S2	S3	S4
Categoria 1				
<i>Dentex dentex</i>	2	0	0	0
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0	1	0	0
<i>Sphyraena viridensis</i>	0	0	2	1
Categoria 3				
<i>Diplodus puntazzo</i>	1	3	1	8
<i>Diplodus sargus</i>	38	24	54	27
<i>Diplodus vulgaris</i>	93	54	153	70
<i>Sparisoma cretense</i>	0	0	1	0
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	0	0	1	4
Categoria 5				
<i>Epinephelus marginatus</i>	3	7	8	4
<i>Labrus merula</i>	7	0	3	1
<i>Labrus viridis</i>	0	0	0	1
<i>Sciaena umbra</i>	0	1	2	0
Categoria 6				
<i>Scorpaena porcus</i>	1	0	0	0
Nombre d'espècies	7	6	9	8

Els valors mitjans de riquesa han estat semblants entre els 4 llocs estudiats, oscil·lant entre 4,25 i 5,25 espècies/250 m² (Figura 3.1.1). L'anàlisi de la variància (Taula 3.1.2) ha confirmat aquesta elevada homogeneïtat. Les covariables analitzades (profunditat

mitjana, rugositat i pendent) han presentat valors prou semblants entre transsectes com per no influir en els resultats.

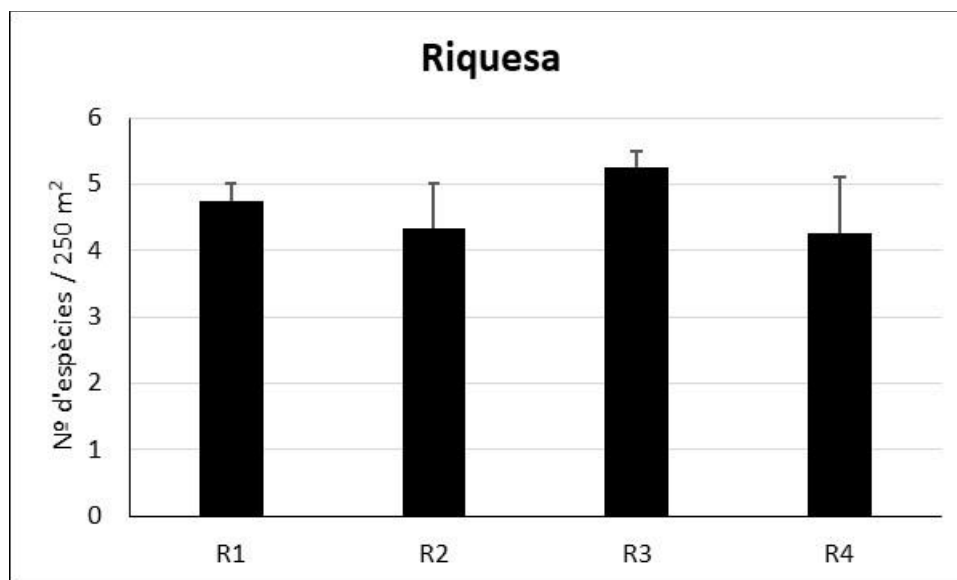


Figura 3.1.1. Variació de la riquesa mitjana d'espècies ($\pm EE$) entre les 4 estacions de la reserva integral de la RMMM.

Taula 3.1.2. A) Anàlisi de la covariància per a la riquesa d'espècies entre les 4 zones censades dins la reserva integral. B) Anàlisi de la covariància per a la riquesa d'espècies entre les 4 zones censades dins la reserva integral i les covariables: ProfM (profunditat mitjana), Rugositat i Pendent. SQ: suma de quadrats; GL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p= nivell de significança (en vermell si significatiu; $p < 0,05$).

A)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	318,776	1	318,776	271,473	0,000000
Zona	2,417	3	0,806	0,686	0,579065
Error	12,917	11	1,174		
B)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	2,520	1	2,520	2,515	0,151463
Zona	4,615	3	1,538	1,535	0,278639
ProfM	1,474	1	1,474	1,471	0,259778
Rugositat	1,129	1	1,129	1,127	0,319510
Pendent	0,156	1	0,156	0,156	0,703432
Error	8,017	8	1,002		

3.1.2. L'abundància de peixos

Als llocs R1 i R2, mostrejats els anys 2010, 2017 i 2019, s'hi havien observat tendències diferents en el període assenyalat: mentre que a R1 s'hi va produir una minva de la densitat mitjana (de 50, a 22 individus/250 m²), a R2 va ser molt més estable (40-44 individus/250 m²). El 2021 s'ha observat un nou augment dins R1 (35,75 individus/250 m², dins l'interval obtingut en els anys anteriors), mentre que R2, amb 29,7 individus/250 m², s'ha situat per davall dels valors d'anys precedents (Taula 3.1.3). En canvi, R3 s'ha mostrat com el lloc on s'han enregistrat el major valor de densitat (55,75 individus/250 m²), i R2 ha mostrat un valor gairebé coincident amb el de R2 (Figura 3.1.3).

Taula 3.1.3. Densitat mitjana (nombre de peixos/250 m² ± EE) de les espècies censades als 4 llocs de la reserva integral de la RMMM. Dt: densitat total; D_{NT>3,5}: densitat del conjunt de les espècies amb nivell tròfic >3,5.

	R1		R2		R3		R4	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
Dt	35,75	4,87	29,67	12,72	55,75	11,03	28,75	3,90
D _{NT>3,5}	2,75	0,25	2,67	0,67	3,25	0,63	1,5	0,65
<i>D. puntazzo</i>	0,25	0,25	1	0,58	0,25	0,25	2	1,22
<i>D. sargus</i>	9,5	3,10	8	2,08	13,5	1,19	6,75	0,48
<i>D. vulgaris</i>	23,25	3,30	18	11,50	38,25	11,65	17,5	2,66
<i>E. marginatus</i>	0,75	0,25	2,33	0,88	2	0,41	1	0,71
<i>L. merula</i>	1,75	0,25	0	0	0,75	0,25	0,25	0,25
<i>L. viridis</i>	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25
<i>M. helenae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. umbra</i>	0	0	0,33	0,33	0,5	0,5	0	0
<i>S. porcus</i>	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0
<i>S. aurata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. cretense</i>	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0
<i>S. cantharus</i>	0	0	0	0	0,25	0,25	1	0,58

La diferència de densitat entre R3 (55,75 individus/250 m²) i la resta de llocs (interval: 28,75 – 35,75 individus/250 m²) no ha resultat estadísticament significativa (Taula 3.1.4), i tampoc han influït les covariables analitzades.

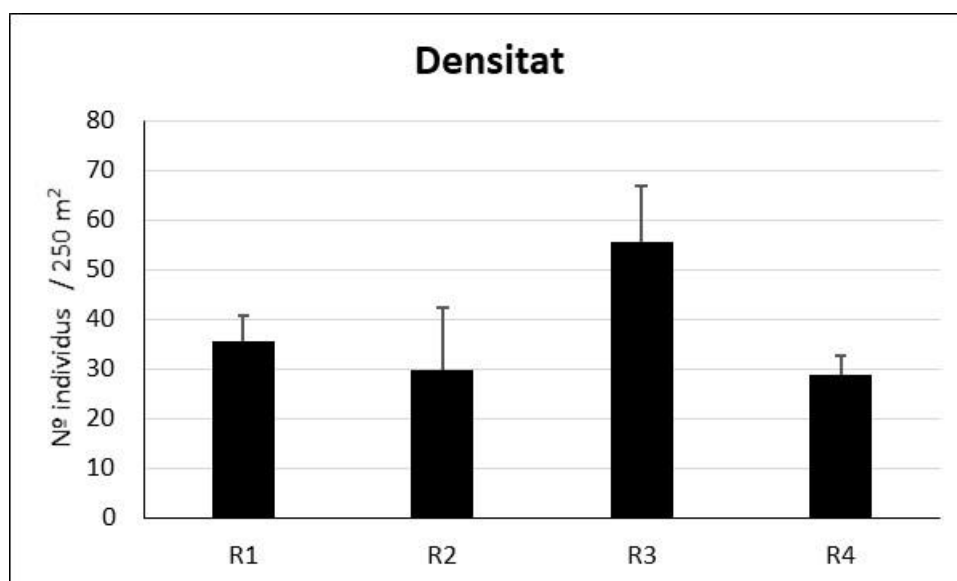


Figura 3.1.2. Variació de la densitat mitjana d'espècies vulnerables ($\pm$ EE) entre les 4 estacions de la reserva integral de la RMMM.

Taula 3.1.4. A) Anàlisi de la covariància per a la densitat d'espècies entre les 4 zones censades dins la reserva integral. B) Anàlisi de la covariància per a la densitat d'espècies entre les 4 zones censades dins la reserva integral i les covariables: ProfM (profunditat mitjana), Rugositat i Pendent. SQ: suma de quadrats; GL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p= nivell de significança (en vermell si significatiu; $p < 0,05$).

A)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	20746,16	1	20746,16	78,722	0,000002
Zona	1831,08	3	610,36	2,316	0,132120
Error	2898,92	11	263,54		
B)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	13,624	1	13,624	0,047	0,833948
Zona	1552,196	3	517,399	1,782	0,228342
ProfM	138,750	1	138,750	0,478	0,508990
Rugositat	108,732	1	108,732	0,374	0,557598
Pendent	168,306	1	168,306	0,580	0,468335
Error	2323,286	8	290,411		

3.1.3. La biomassa d'espècies demersals

El valor de biomassa total a R1 (4,5 kg/250 m²; Taula 3.1.5) ha estat superior a l'obtingut a la resta d'anys anteriors (interval: 3,5-3,8 kg/250 m²; Morey et al. 2019). A R2, el valor de 2021 (6,4 kg/250 m²) ha estat semblant al de 2019 (7,2 kg/250 m²), i així mateix superior al dels dos primers anys d'estudi (2,7-4,8 kg/250 m²). Quant als dos nous llocs mostrejats, R3 ha mostrat el valor més alt enregistrat dins la reserva integral al llarg de tota la sèrie (10,2 kg/250 m²), mentre que a R4 s'ha obtingut un valor semblant al de R1 (4,4 kg/250 m²; Figura 3.1.3)

Taula 3.1.5. Biomassa mitjana (g/250 m² ± EE) de les espècies censades als 4 llocs de la reserva integral de la RMMM. Biomassa NT>3,5: biomassa del conjunt de les espècies amb nivell tròfic >3,5.

	R1		R2		R3		R4	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
Biomassa total	4499,4	825,2	6433,6	2052,7	10184,8	1993,9	4373,5	470,8
Biomassa NT>3,5	1020,5	128,2	1024,9	456,9	822,8	211,0	315,8	169,1
<i>D. dentex</i>	4,6	2,9	0	0	0	0	0	0
<i>D. labrax</i>	0	0	395,7	395,7	0	0	0	0
<i>D. puntazzo</i>	22,5	22,5	379,0	229,5	63,3	63,3	640,3	395,5
<i>D. sargus</i>	1237,3	401,3	2991,0	1050,7	2816,5	322,8	1685,5	168,2
<i>D. vulgaris</i>	2219,1	657,5	2038,7	1683,7	6444,5	2084,8	1724,5	140,4
<i>E. marginatus</i>	221,0	75,5	911,7	527,5	447,1	94,8	142,6	123,5
<i>L. merula</i>	791,2	125,9	0	0	269,0	120,6	172,8	172,8
<i>L. viridis</i>	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5
<i>M. helena</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. umbra</i>	0	0	113,2	113,2	106,6	106,6	0	0
<i>S. porcus</i>	8,3	8,3	0	0	0	0	0	0
<i>S. aurata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. cretense</i>	0	0	0	0	14,9	14,9	0	0
<i>S. viridensis</i>	0	0	0	0	218,3	126,5	929,5	929,5
<i>S. cantharus</i>	0	0	0	0	22,8	22,8	7,4	6,7

La diferències entre zones detectades per l'ANOVA (Taula 3.1.6 A i B) es troben al límit de la significància estadística. Quan tenim en compte les covariables d'hàbitat (Taula 3.1.6 C) es demostra que, tot i no ser significatives, expliquen la major importància de R3.

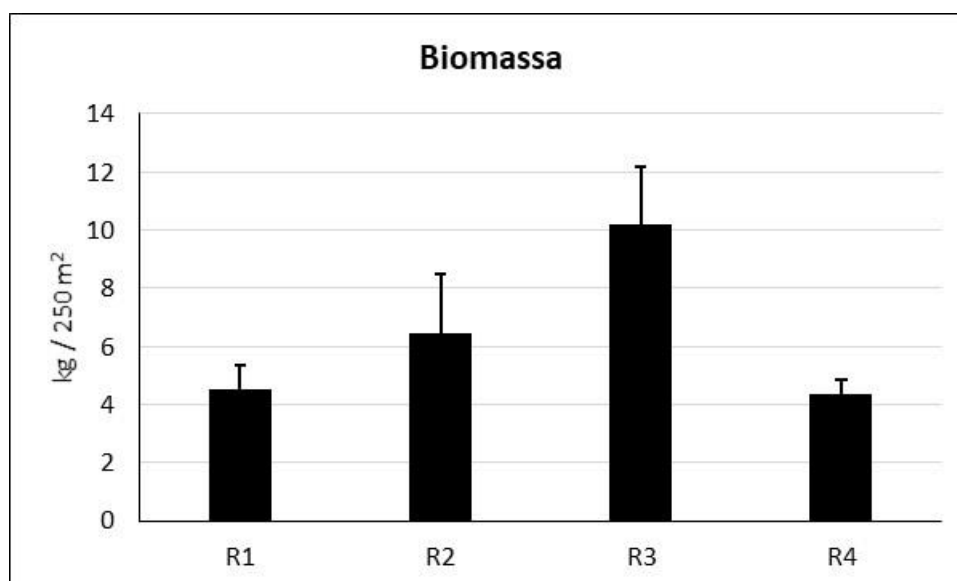


Figura 3.1.3. Variació de la biomassa mitjana d'espècies vulnerables ($\pm EE$) entre les 4 estacions de la reserva integral de la RMMM.

Taula 3.1.6. A) Anàlisi de la covariància per a la biomassa d'espècies entre les 4 zones censades dins la reserva integral. B) comparació a posteriori entre parells de zones mitjançant el test de Newman-Keuls. C) Anàlisi de la covariància per a la biomassa d'espècies entre les 4 zones censades dins la reserva integral i les covariables: ProfM (profunditat mitjana), Rugositat i Pendent. SQ: suma de quadrats; GL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p= nivell de significança (en vermell si significatiu; $p < 0,05$).

A)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	599817200	1	599817200	78,716	0,000002
Zona	88163507	3	29387836	3,857	0,041470
Error	83820043	11	7620004		
B)	R2	R3	R4		
R1	0,361687	0,042465	0,951811		
R2		0,092043	0,583771		
R3			0,064093		
C)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	1756902	1	1756902	0,202	0,664854
Zona	76179452	3	25393151	2,923	0,100049
ProfM	826761	1	826761	0,095	0,765585
Rugositat	2696617	1	2696617	0,310	0,592669
Pendent	4589499	1	4589499	0,528	0,488041
Error	69497784	8	8687223		

3.1.4. La distribució de la biomassa entre les espècies

La biomassa del conjunt d'espècies censades ha estat dominada per la variada *D. vulgaris* i el sard *D. sargus*, que en conjunt han representat el 83% d'aquesta biomassa, amb una major importància de *D. vulgaris* (49%) respecte de *D. sargus* (34%). A la figura 3.1.4 es representa la contribució de les distintes espècies a cadascun dels quatre llocs mostrejats dins la reserva integral, on es veu que les dues espècies esmentades hi suposen entre el 75% i el 90% de tota la biomassa enregistrada. Quant a les espècies residents i de nivell tròfic elevat, només l'anfós *E. marginatus* arriba a assolir certa importància a R2, amb el 14,2%.

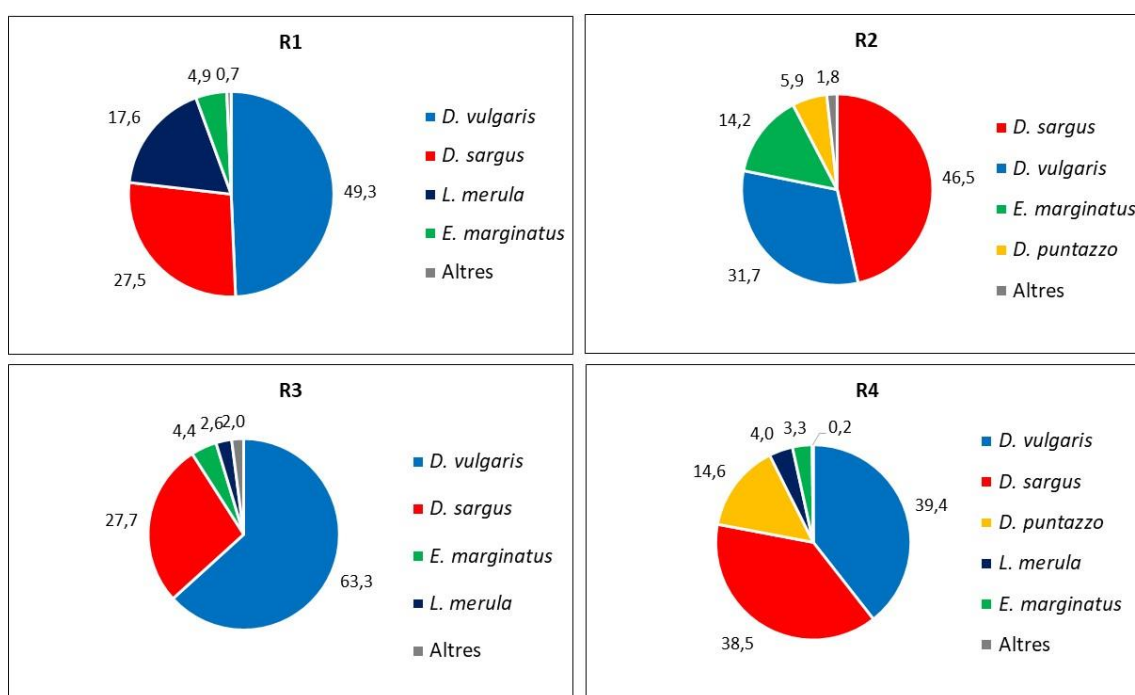


Figura 3.1.4. Contribució relativa a la biomassa total (%) de les espècies observades a la reserva integral el 2021.

3.1.5. La biomassa d'espècies d'elevat nivell tròfic

A l'apartat anterior s'ha explicat que la major part de la biomassa enregistrada als quatre llocs de la reserva integral pertany a dues espècies, *D. vulgaris* i *D. sargus*, que són espècies amb nivell tròfic inferior a 3,5. Això provoca que la relació entre biomassa d'espècies amb $NT > 3,5$ i la biomassa total sigui baixa, essent del 23%, 16%, 8% i 7%, respectivament, als llocs R1, R2, R3 i R4. Als dos primers llocs, aquesta major proporció és deguda a la major importància relativa de dues espècies, el tord massot *L. merula* en el primer cas i l'anfós *E. marginatus* en el segon, tot i que les seves biomasses han estat baixes (0,8 i 0,9 kg/250 m², respectivament). Els valors de $B_{NT > 3,5}$ es troben representats a la figura 3.1.4, on s'observen valors gairebé idèntics a R1 i R2 (1,02 kg/250 m²), seguits per R3 (0,82 kg/250 m²), i més distanciat de R4 (0,32 kg/250 m²).

Malgrat aquestes diferències, més marcades entre R1 i R2 respecte de R4, l'anàlisi de la variància no ha detectat diferències significatives entre llocs (Taula 3.1.7), i tampoc s'ha detectat una incidència de les covariables d'hàbitat analitzades.

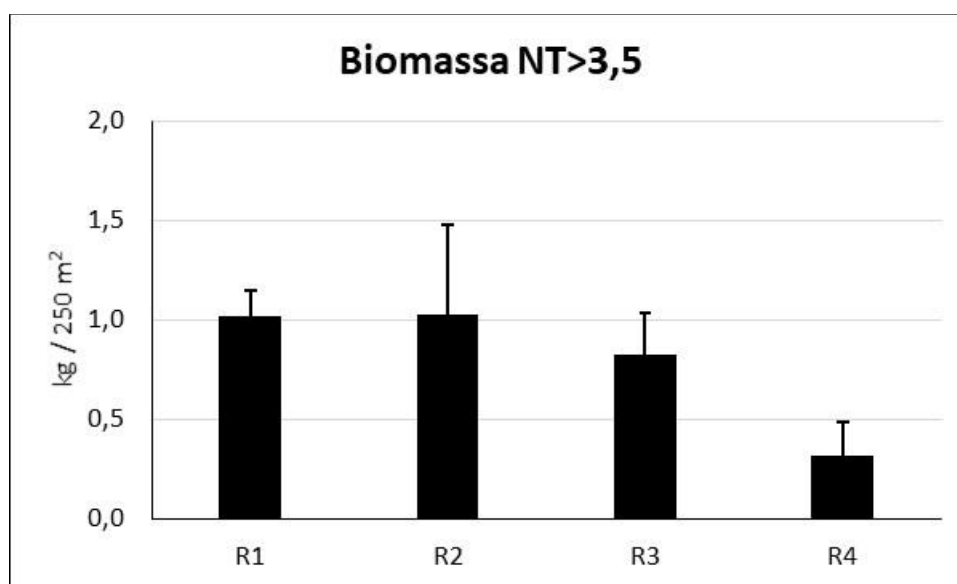


Figura 3.1.4. Variació de la biomassa mitjana ($\pm EE$) d'espècies vulnerables amb nivell tròfic $> 3,5$ entre les 4 estacions de la reserva integral de la RMBP.

Taula 3.1.7. A) Anàlisi de la covariància per a la biomassa d'espècies amb nivell tròfic >3,5 entre les 4 zones censades dins la reserva integral. B) Anàlisi de la covariància per a la biomassa d'espècies amb nivell tròfic >3,5 entre les 4 zones censades dins la reserva integral i les covariables: ProfM (profunditat mitjana), Rugositat i Pendent. SQ: suma de quadrats; GL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p= nivell de significança (**en vermell si significatiu; p<0,05**).

A)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	9358023	1	9358023	44,229	0,000036
Zona	1280380	3	426793	2,017	0,169972
Error	2327395	11	211581		
B)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	90524	1	90523,7	0,484	0,506273
Zona	881815	3	293938,2	1,572	0,270370
ProfM	896	1	896,4	0,005	0,946501
Rugositat	53560	1	53560,0	0,286	0,607068
Pendent	674801	1	674801,0	3,609	0,094015
Error	1495919	8	186989,8		

3.2. Comparació espacial dels indicadors entre la reserva integral i les zones control

3.2.1. Les espècies i la riquesa

El nombre d'espècies observat als transsectes als dos llocs de la reserva integral i als dos llocs control ha resultat baix, dins un interval de 6-8 espècies (Taula 3.2.1). El patró d'abundància de les espècies objecte d'estudi ha estat el mateix que l'observat per als quatre llocs de la reserva integral, essent les espècies més abundants el sard *D. sargus* i la variada *D. vulgaris*. Malgrat aquesta similitud de valors, la riquesa mitjana ha resultat més elevada a dins la reserva integral respecte de les zones control (Figura 3.1.1), corroborat per l'anàlisi de la variància, que ha mostrat diferències significatives entre els dos nivells de protecció (Taula 3.2.2).

Taula 3.2.1. Abundància de les espècies enregistrades el 2021 a cadascun dels llocs mostrejats a la reserva integral (R1 i R2) i als llocs control (NR1 i NR2) al ponent de Mallorca.

	Reserva Integral		No Reserva	
	R1	R2	Es Rajolí	Cala Egos
Categoria 1				
<i>Dentex dentex</i>	2	0	0	0
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0	1	0	0
<i>Sphyrna viridensis</i>	0	0	0	0
Categoria 3				
<i>Diplodus puntazzo</i>	1	3	3	5
<i>Diplodus sargus</i>	38	24	20	22
<i>Diplodus vulgaris</i>	93	54	88	82
<i>Sparus aurata</i>	0	0	1	0
<i>Sparisoma cretense</i>	0	0	0	0
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	0	0	0	0
Categoria 5				
<i>Epinephelus marginatus</i>	3	7	0	1
<i>Labrus merula</i>	7	0	1	1
<i>Labrus viridis</i>	0	0	1	1
<i>Sciaena umbra</i>	0	1	2	2
Categoria 6				
<i>Muraena helena</i>	0	0	1	1
<i>Scorpaena porcus</i>	1	0	0	0
Nombre d'espècies	7	6	8	8

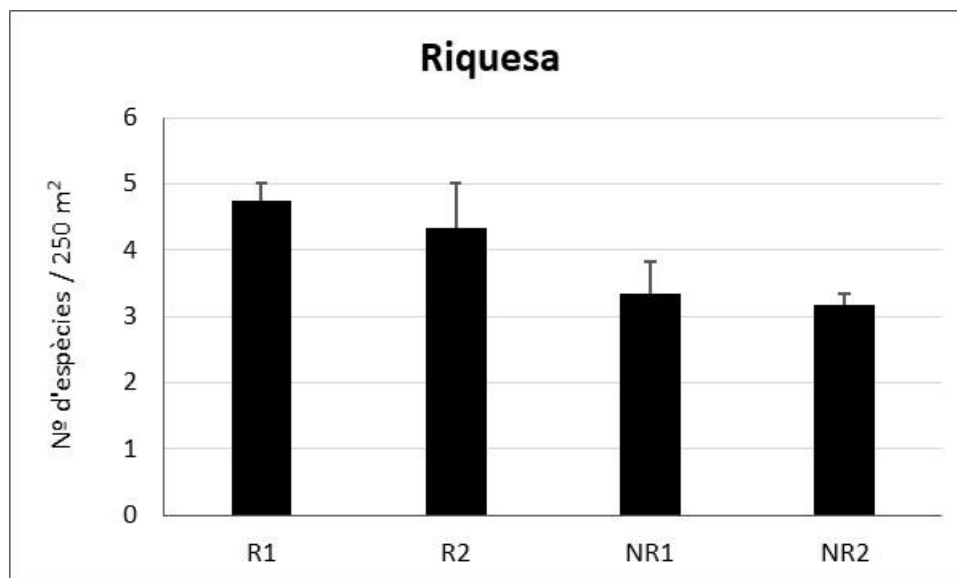


Figura 3.2.1. Variació de la riquesa mitjana d'espècies ($\pm$ EE) entre les 2 estacions de la reserva integral de la RMMM i les dues estacions control al ponent de Mallorca.

Taula 3.2.2. A) Anàlisi de la covariància per a la riquesa de peixos censats a les 2 zones dins la reserva integral i les 2 zones control. SQ: suma de quadrats; GL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p= nivell de significança (**en vermell si significatiu; $p < 0,05$**). B) Anàlisi mitjançant integració (*pooling*) de les sumes de quadrats de l'efecte Zona i de l'error. C) comparació a posteriori entre parells de zones mitjançant el test de Newman-Keuls.

A)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	264,9167	1	264,9167	1133,350	0,000017
Prot	7,2803	1	7,2803	31,146	0,007645
Zona (Prot)	0,3810	2	0,1905	0,247	0,784514
Error	11,5833	15	0,7722		
B)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	270,457	1	270,457	384,291	0,000000
Prot	7,720	1	7,720	10,969	0,004122
Error	11,964	17	0,704		
C)	R	NR			
R		0,004267			
NR	0,004267				

3.2.2. L'abundància de peixos

La densitat mitjana del conjunt de peixos censats ha resultat clarament superior a la reserva integral (36 i 30 individus/250 m² a R1 i R2, respectivament), en comparació als llocs control situats a zones no protegides (19 individus/250 m²) (Taula 3.2.3 i Figura 3.2.2). Aquestes diferències han estat corroborades per l'ANOVA (Taula 3.2.4), la qual ha indicat un efecte degut al nivell de protecció (reserva integral vs. zones control).

Taula 3.2.3. Densitat mitjana (nombre de peixos/250 m² ± EE) de les espècies censades als 2 llocs de la reserva integral de la RMMM i als 2 llocs control (NR1 i NR2). Dt: densitat total.

	R1		R2		NR1		NR2	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
Dt	35,75	4,87	29,67	12,72	19,5	5,21	19,17	5,91
<i>D. puntazzo</i>	0,25	0,25	1	0,58	0,5	0,34	0,83	0,65
<i>D. sargus</i>	9,5	3,10	8	2,08	3,33	0,56	3,67	1,09
<i>D. vulgaris</i>	23,25	3,30	18	11,50	14,67	4,91	13,67	4,74
<i>E. marginatus</i>	0,75	0,25	2,33	0,88	0	0	0,17	0,17
<i>L. merula</i>	1,75	0,25	0	0	0,17	0,17	0,17	0,17
<i>L. viridis</i>	0	0	0	0	0,17	0,17	0,17	0,17
<i>M. helenae</i>	0	0	0	0	0,17	0,17	0,17	0,17
<i>S. umbra</i>	0	0	0,33	0,33	0,33	0,21	0,33	0,33
<i>S. porcus</i>	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0
<i>S. aurata</i>	0	0	0	0	0,17	0,17	0	0
<i>S. cretense</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. cantharus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0

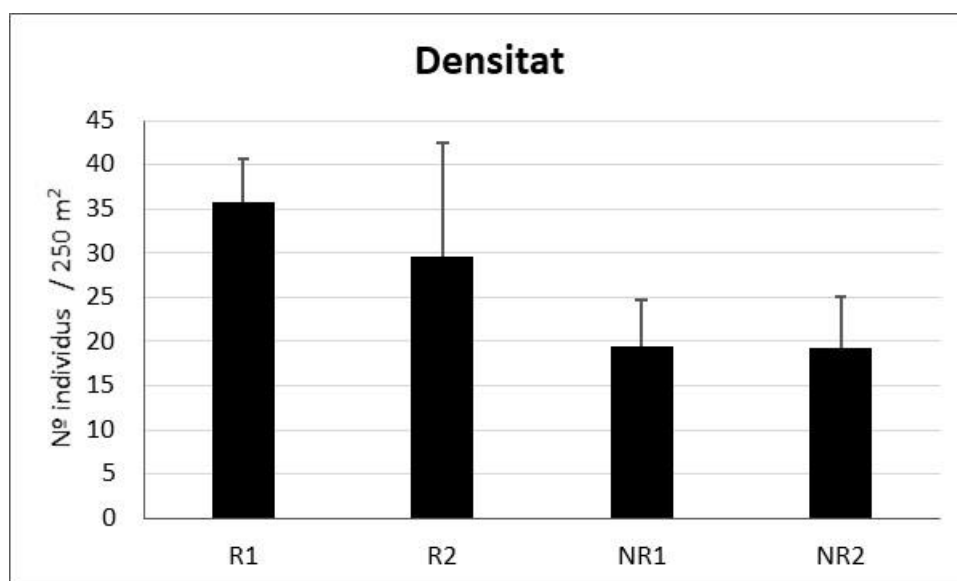


Figura 3.2.2. Variació de la densitat mitjana d'espècies vulnerables ($\pm EE$) a les dues estacions de la reserva integral (R1 i R2) i les dues estacions control (NR1 i NR2).

Taula 3.2.4. A) Anàlisi de la covariància per a la densitat mitjana de peixos censats a les 2 zones dins la reserva integral i les 2 zones control. SQ: suma de quadrats; GL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p= nivell de significança (**en vermell si significatiu; $p < 0,05$**). B) Anàlisi mitjançant integració (*pooling*) de les sumes de quadrats de l'efecte Zona i de l'error. C) comparació a posteriori entre parells de zones mitjançant el test de Newman-Keuls.

A)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	11818,19	1	11818,19	262,830	0,000038
Prot	780,61	1	780,61	17,360	0,011097
Zona (Prot)	63,77	2	31,89	0,154	0,859021
Error	3115,75	15	207,72		
B)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	12174,48	1	12174,48	65,093	0,000000
Prot	843,11	1	843,11	4,508	0,048721
Error	3179,52	17	187,03		
C)	R	NR			
R		0,048844			
NR	0,048844				

3.2.3. La biomassa d'espècies demersals

La biomassa total enregistrada als llocs R1 i R2 la reserva integral ha estat superior a l'obtinguda als llocs control (Taula 3.2.5 i Figura 3.2.3), suposant-ne el doble i el triple, respectivament, a les zones protegides respecte de les no protegides. Això s'ha vist confirmat mitjançant l'anàlisi de la variància, que assenyala aquestes diferències entre els dos nivells de protecció considerats (Taula 3.2.6).

Taula 3.2.5. Biomassa mitjana (g/250 m² ± EE) de les espècies censades als 2 llocs de la reserva integral (R1 i R2) de la RMMM i als dos llocs control (NR1 i NR2). Biomassa_{NT>3,5}: biomassa del conjunt de les espècies amb nivell tròfic >3,5.

	R1		R2		NR1 (Es Rajolí)		NR2 (Cala Egos)	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
Biomassa total	4499,4	825,2	6433,6	2052,7	2131,7	664,2	2147,4	941,0
Biomassa NT>3,5	1020,5	128,2	1024,9	456,9	465,6	274,5	281,0	158,0
<i>D. puntazzo</i>	22,5	22,5	379,0	229,5	119,4	76,4	140,2	111,6
<i>D. sargus</i>	1237,3	401,3	2991,0	1050,7	350,8	78,8	450,9	230,5
<i>D. vulgaris</i>	2219,1	657,5	2038,7	1683,7	1195,9	446,7	1275,3	656,0
<i>E. marginatus</i>	221,0	75,5	911,7	527,5	0	0	70,6	70,6
<i>L. merula</i>	791,2	125,9	0	0	40,8	40,8	31,6	31,6
<i>L. viridis</i>	0	0	0	0	30,8	30,8	27,0	27,0
<i>M. helenae</i>	0	0	0	0	249,7	249,7	49,8	49,8
<i>S. umbra</i>	0	0	113,2	113,2	90,5	57,2	101,9	101,9
<i>S. porcus</i>	8,3	8,3	0	0	0	0	0	0
<i>S. aurata</i>	0	0	0	0	53,8	53,8	0	0
<i>S. cretense</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. cantharus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0

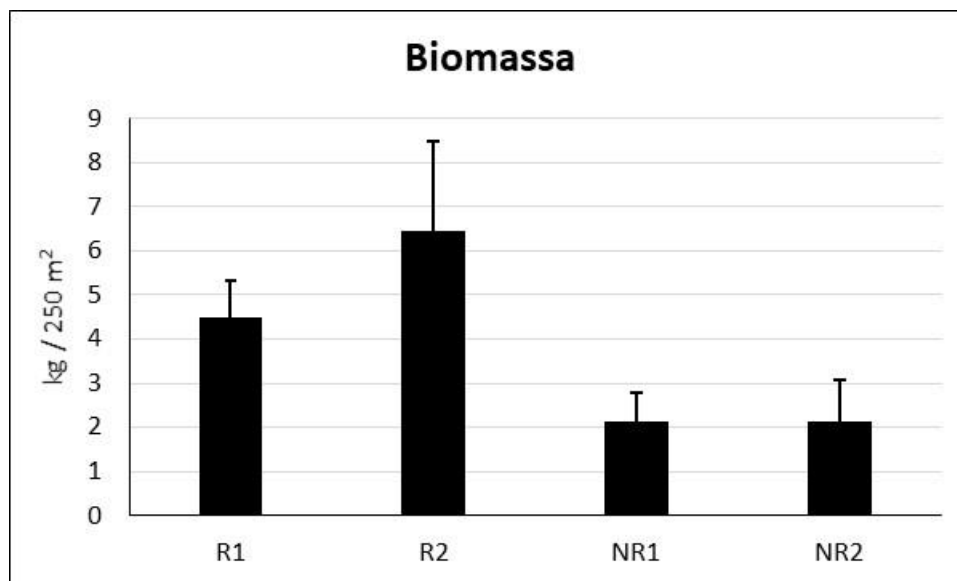


Figura 3.2.3. Variació de la biomassa mitjana d'espècies vulnerables ($\pm$ EE) a les dues estacions de la reserva integral (R1 i R2) i les dues estacions control (NR1 i NR2).

Taula 3.2.6. A) Anàlisi de la covariància per a la biomassa mitjana de peixos censats a les 2 zones dins la reserva integral i les 2 zones control. SQ: suma de quadrats; GL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p= nivell de significança (**en vermell si significatiu; $p < 0,05$**). B) Anàlisi mitjançant integració (*pooling*) de les sumes de quadrats de l'efecte Zona i de l'error. C) comparació a posteriori entre parells de zones mitjançant el test de Newman-Keuls.

A)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	252444277	1	252444277	75,767	0,006112
Prot	48298667	1	48298667	14,496	0,043120
Zona (Prot)	6414332	2	3207166	0,657	0,532826
Error	73252094	15	4883473		
B)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	246558600	1	246558600	52,613	0,000001
Prot	44954319	1	44954319	9,593	0,006543
Error	79666427	17	4686260		
C)	R	NR			
R		0,006707			
NR	0,006707				

3.2.4. La distribució de la biomassa entre les espècies

Tal com s'ha vist a l'apartat 3.1.4, el sard *D. sargus* i la variada *D. vulgaris* han estat les espècies més abundants i que més han contribuït a la biomassa del conjunt de les espècies censades als quatre llocs estudiats dins la reserva integral. A R1 i R2 han suposat, juntes, entre el 75% i el 80% de la biomassa total, i tan sols *L. merula* a R1 i *E. marginatus* a R2 hi han contribuït en més del 10% (Figura 3.2.4). La dominància del sard i la variada també s'ha donat a les dues zones control, amb valors similars (73% i 80%, respectivament) als obtinguts a dins la reserva integral. De la resta d'espècies, únicament la morena *Muraena helena*, a Es Rajolí, ha contribuït en més del 10%.

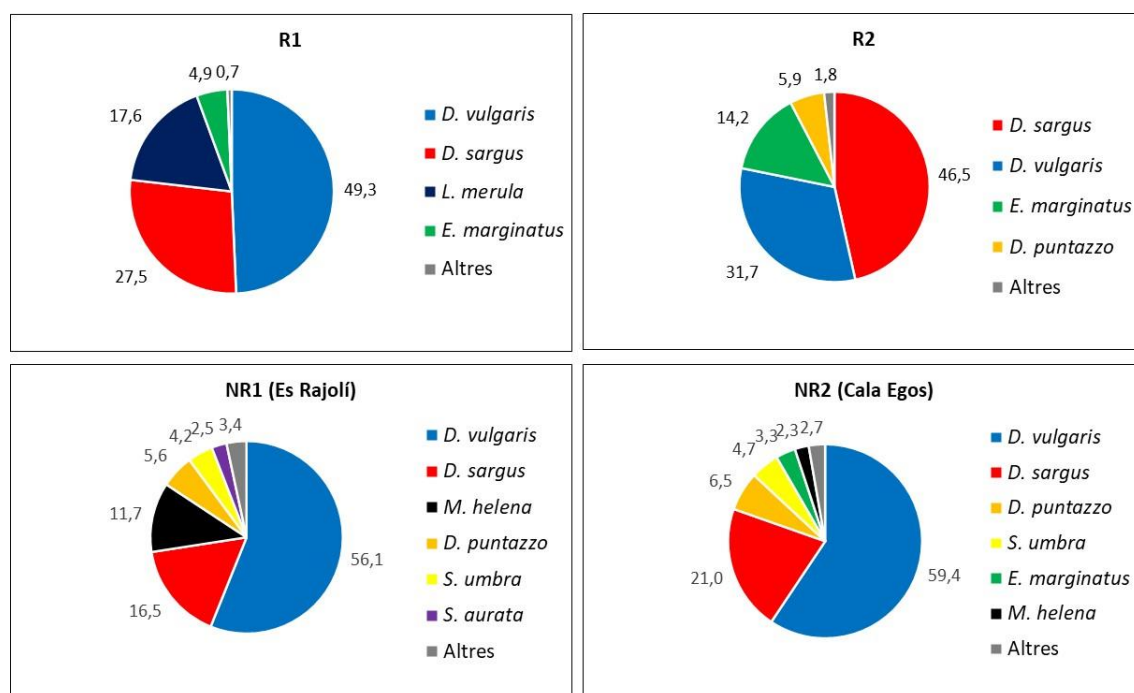


Figura 3.2.4. Contribució relativa a la biomassa total (%) de les espècies observades a la reserva integral i a les zones control el 2021.

3.2.5. La biomassa d'espècies d'elevat nivell tròfic

La major abundància de peixos pertanyents a espècies de nivell tròfic $>3,5$ a dins la reserva integral ha originat unes diferències notables respecte de les dues zones control, on la seva presència ha estat molt menor (Taules 3.2.1, 3.2.5 i Figura 3.2.5). Amb tot, els valors de biomassa són baixos ($1 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$ a la reserva integral i $0,3\text{-}0,5 \text{ kg}/250 \text{ m}^2$ a les zones control), associats tant a la escassa presència d'aquestes espècies com a les seves talles (e.g. *E. marginatus*, el qual ha presentat un interval de talles de 16-38 cm, o *S. umbra*, amb un interval de 26-30 cm; totes elles per devall o al límit de la talla mínima per a la seva captura). Com es veu a la Figura 3.2.5, existeixen diferències clares per a aquest descriptor entre els dos llocs de la reserva integral i els dos llocs control (és a dir, en funció del nivell de protecció), la qual cosa s'ha corroborat en l'anàlisi de la variància (Taula 3.2.7).

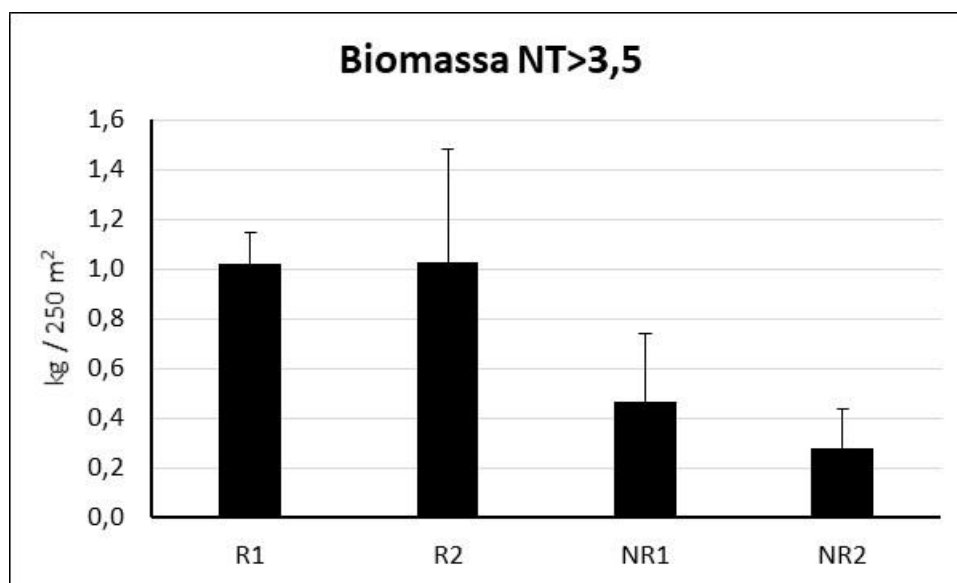


Figura 3.2.5. Variació de la biomassa mitjana ($\pm EE$) d'espècies vulnerables amb nivell tròfic $>3,5$ entre les 2 estacions de la reserva integral (R1 i R2) i les dues estacions control (NR1 i NR2).

Taula 3.2.7. A) Anàlisi de la covariància per a la biomassa mitjana de peixos amb nivell tròfic >3,5 censats a les 2 zones dins la reserva integral i les 2 zones control. SQ: suma de quadrats; GL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p= nivell de significança (**en vermell si significatiu; $p < 0,05$**). B) Anàlisi mitjançant integració (*pooling*) de les sumes de quadrats de l'efecte Zona i de l'error. C) comparació a posteriori entre parells de zones mitjançant el test de Newman-Keuls.

A)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	8503897	1	8503897	122,376	0,000298
Prot	1840227	1	1840227	26,482	0,005993
Zona (Prot)	102366	2	51183	0,172	0,843491
Error	4459687	15	297312		
B)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	8611876	1	8611876	32,091	0,000028
Prot	1862620	1	1862620	6,941	0,017390
Error	4562053	17	268356		
C)	R	NR			
R		0,017541			
NR	0,017541				

4. CONCLUSIONS

- 1) La riquesa específica ha experimentat una recuperació respecte dels darrers valors observats a la RMMM. Morey et al. (2019) enregistraren un descens de la riquesa des de 2010 fins a 2019, quan a dins la reserva integral es va obtenir un valor de 3,8 espècies/250 m². Els valors de 2021 han estat superiors als quatre llocs mostrejats dins la reserva integral (mitjana: $4,7 \pm 0,27$ espècies/250 m²; interval: 4,25 – 5,25 espècies/250 m²). Espacialment, no han existit diferències entre els quatre llocs de la reserva integral, però sí respecte dels llocs control, on la riquesa mitjana ha estat de 3,2 espècies/250 m².
- 2) La densitat tampoc ha presentat diferències espacials dins la reserva integral, amb un valor mitjà de $38 \pm 4,7$ individus/250 m² (interval: 29,7 – 55,75 individus/250 m²), però sí entre la reserva integral i els llocs control (mitjana: $19,3 \pm 3,7$ individus/250 m²).
- 3) Dins la reserva integral, la biomassa d'espècies vulnerables ha estat més alta al lloc 3 (10,2 kg/250 m²) que a la resta (interval: 4,5 – 6,4 kg/250 m²). A més, el valor mitjà per a la reserva integral ($6,4 \pm 0,9$ kg/250 m²) ha estat significativament superior al dels llocs control ($2,1 \pm 0,6$ kg/250 m²). Aquests valors de biomassa observats a la reserva integral estan clarament relacionats amb les característiques de l'hàbitat, i la seva heterogeneïtat a escala espacial de cents de metres (separació mínima de 200 m entre els llocs de mostreig) causa la variabilitat en els valors de biomassa. Cal destacar, a més, que la biomassa enregistrada al lloc 3 de la reserva integral està fortament condicionada per l'abundància, a dos els 4 transsectes, de variades amb TL>20 cm.
- 4) En el context de les zones de màxima protecció (i.e. reserves integrals) de les reserves marines de les Illes Balears, i pel que fa a la biomassa d'espècies demersals, dos dels llocs mostrejats el 2021 se situen a la cua (amb valors de 4,5 kg/250 m²), només per sobre d'un lloc de la Reserva Marina del Nord de Menorca. L'esmentat lloc 3 de la RMMM presenta un valor similar al de s'Espardell (Reserva Marina dels Freus), mentre que el lloc 2, amb 6,4 kg/250 m², se situa en posicions intermitges. Així mateix, un bon nombre de llocs situats dins les zones de reserva parcial de les reserves marines de les Illes Balears presenten valors superiors als de la reserva integral de la RMMM. Algunes d'aquestes reserves parcials compten amb un menor temps de protecció que la RMMM, la qual cosa posa de manifest la influència de l'hàbitat i la seva capacitat de càrrega en la consecució dels objectius de les AMPs.
- 5) Dins la reserva integral de la RMMM existeix una gran homogeneïtat de les variables d'hàbitat considerades en les anàlisis (rugositat, pendent i profunditat mitjana dels transsectes).
- 6) La biomassa d'espècies de nivell tròfic elevat (NT>3,5) ha resultat baixa, en relació amb els valors de biomassa del conjunt d'espècies demersals. Els valors de B_{NT>3,5}

s'han situat a l'interval 0,31 – 1,02 kg/250 m² dins la reserva integral, i 0,3 – 1 kg/250 m² als controls. No obstant això, s'han observat diferències en la contribució d'aquestes espècies a la biomassa total, i no necessàriament en concordança amb el nivell de protecció. Així, la proporció $B_{NT>3,5}/B_t$ ha estat de 0,23, 0,16, 0,08 i 0,07 als llocs 1, 2, 3 i 4, respectivament, de la reserva integral, mentre que als controls ha estat de 0,24 i 0,14.

- 7) Les espècies més importants en termes de biomassa han estat el sard *D. sargus* i la variada *D. vulgaris*, que n'han suposat entre el 77% i el 91% a la reserva integral, i entre el 73% i el 80% als controls. La contribució d'espècies sedentàries i bones indicadores de l'efecte reserva, com són l'anfós *E. marginatus* i l'escorball *S. umbra*, han representat un 7% a la reserva integral i un 8% als controls.

5. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- BELL, J. D., CRAIK, G.J.S., POLLARD, D.A i B.C. RUSSELL. 1985. Estimating length frequency distributions of large reef fish underwater. *Coral Reefs*, 4: 41-44.
- COLL, J i G. MOREY. 2010. Avaluació dels efectes de la protecció a la Reserva Marina del Migjorn de Mallorca. Anàlisi de les sèries de dades de 2003 i 2010 sobre el speixos de fons rocosos. Informe Tècnic de la Direcció General de Pesca. Tragasatec-Govern de les Illes Balears-UE. 54 pàg.
- COLL, J, A. GARCIA-RUBIES i B. HEREU. 2003. Estat actual de les poblacions de peixos vulnerables a la pesca en els fons rocosos de la Reserva Marina del Migjorn (Sud de Mallorca). Juliol de 2003. Informe tècnic de la Direcció General de Pesca/Tragsa i CEAB/CSIC. 45 pp.
- COLL, J., A. GARCIA-RUBIES, G. MOREY i A.M. GRAU. 2012. The carrying capacity and the effects of protection level in three MPAs in the Balearic Islands (NW Mediterranean). *Scientia Marina*, 76(4): 809-826.
- COLL, J., A. GARCIA-RUBIES, G. MOREY, O. REÑONES, D. ÁLVAREZ-BERASTEGUI, O. NAVARRO i A.M. GRAU. 2013. Using no-take marine reserves as a tool for evaluating rocky-reef fish resources in the western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science*, 70(3): 578-590.
- COLL, J., G. MOREY, 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-Tragasatec 58 pàgines.
- COLL, J., G. MOREY i O. NAVARRO. 2019. La Reserva Marina del Nord de Menorca. Seguiment de les poblacions de peixos de substrat rocós en el període 2000-2019. Informe Tècnic de la Direcció General de Pesca i Medi Marí-Govern de les Illes Balears-Tragasatec 58 pàgines. 72 pàgines.
- FROESE, R. i D. PAULY. Editors. 2021. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, versió (08/2021).
- GARCÍA-RUBIES, A i J. COLL. 2002. Estudi de les comunitats de peixos a la Reserva de Migjorn. Informe tècnic. CEAB, 50 pàgines.
- GREENE, L.E. i ALEVIZON, W.S. 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.
- LUKHURST, B.E. i K. LUKHURST. 1978. Analysis of the influence of substrate variables on coral reef fish communities. *Marine Biology* 49: 317-323.

- MOREY, G., J. MORANTA., E. MASSUTI, A. GRAU, M. LINDE, F. RIERA i B. MORALES-NIN.** 2003. Weight-length relationship of littoral to lower slope fishes from the western Mediterranean. *Fisheries Research*, 62: 89-96.
- MOREY, G., COLL, J., VERGER, F. i O. NAVARRO.** 2019. La Reserva Marina del Migjorn de Mallorca. Seguiment de les espècies de peixos vulnerables sobre substrat rocós. Informe dels resultats en el període 2003-2019. Informe tècnic per a la Direcció General de Pesca i Medi Marí/Govern de les Illes Balears. Tragsatec. 73 pàgines.
- 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.
- UNDERWOOD, A.J.** 1997. Experiments in ecology. Their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge. University Press.
- ZAR, J. H.** 1984. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, Inc. New Jersey.

