

SEGUIMENT DE LES ESPÈCIES DE PEIXOS VULNERABLES SOBRE SUBSTRAT ROCÓS.

INFORME DELS RESULTATS EN EL PERÍODE 2003 - 2023.



Govern de les Illes Balears

Conselleria d'Agricultura,
Pesca i Medi Natural



Cofinanciado por
la Unión Europea



Autors:

Gabriel Morey, Maria Arpa, Joan Palmer, Josep Coll (Tragsatec)

Oliver Navarro (IRFAP)



**Conselleria d'Agricultura,
Pesca i Medi Natural**

Institut de Recerca i Formació
Agroalimentària i Pesquera

Fotografia de portada:

Badia de Cotimplà, a l'extrem occidental de la Reserva Marina del Migjorn de Mallorca.

Citar com:

MOREY, G., M. ARPA, J. PALMER, O. NAVARRO i J. COLL. 2023. La Reserva Marina del Migjorn de Mallorca. Seguiment de les espècies de peixos vulnerables sobre substrat rocós. Informe dels resultats en el període 2003-2023. Informe tècnic per a la Direcció General de Pesca i Medi Marí/Govern de les Illes Balears. Tragsatec. 53 pàgines.

INDEX

Resum executiu.....	1
1. INTRODUCCIÓ I ANTECEDENTS.....	3
2. METODOLOGIA.....	5
2.1. La presa de dades.....	5
2.2. Les àrees d'estudi i el disseny de mostreig.....	6
2.3. Tractament de les dades.....	10
3. RESULTATS.....	12
3.1. La riquesa d'espècies vulnerables.....	12
3.2. La densitat total d'espècies vulnerables.....	18
3.3. La biomassa total d'espècies vulnerables.....	21
3.4. La biomassa de les espècies amb nivell tròfic elevat (NT>3,5).....	29
3.5. Anàlisi de talles de les espècies més freqüents i abundants.....	34
3.5.1. El sard <i>Diplodus sargus</i>	34
3.5.2. La variada <i>Diplodus vulgaris</i>	37
3.5.3. L'anfós <i>Epinephelus marginatus</i>	40
3.5.4. L'escorball <i>Sciaena umbra</i>	43
4. DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS.....	46
5. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES.....	50

RESUM EXECUTIU

Els mesos de juny i juliol de 2023 es va dur a terme la cinquena campanya de seguiment dels peixos de substrat rocós de la Reserva Marina del Migjorn de Mallorca (RMMM). Conjuntament amb les campanyes de 2003, 2010, 2017 i 2019, hem disposat d'una base de dades de 756 transectes de 250 m² i 21 espècies necto-bentòniques d'interès pesquer.

L'àrea parcialment protegida ocupa el 98,7% de la reserva marina i els principals indicadors emprats per a la seva avaluació (la riquesa d'espècies, la densitat i la biomassa mitjanes d'espècies vulnerables), tot i haver incrementat els seus valors respecte de l'inici de l'estudi, no ho han fet d'una forma significativament diferent de com ho han fet les zones control, de manera que no es pot afirmar que s'hagi produït l'efecte reserva. El 2023, la riquesa d'espècies ha presentat uns valors mitjans situats a l'interval 4-4,4 espècies/250 m² dins la RMMM, prou similars als de 2003 però significativament superiors als de les zones no protegides. En general, i amb diferències escasses, aquesta riquesa és major dins la reserva integral i menor a les zones control.

La densitat de peixos, durant la sèrie estudiada, només s'ha incrementat a la RPB (sector de Santanyí). A més, ha minvat a tots els nivells de protecció respecte dels valors obtinguts el 2019, i a la reserva integral ho ha fet de manera continuada des de 2010.

L'indicador més important, la biomassa de peixos (B_t), ha presentat un valor mitjà dins l'interval 2,1-3,7 kg/250 m² a la RMMM, que no difereix gaire dels valors de la major part del litoral sense protecció de les Illes Balears. Tot i això, l'evolució de la B_t és positiva a tots els nivells de protecció considerats. A dins la RMMM s'ha incrementat per un factor que oscil·la entre x1,2 a la reserva integral i x1,5 a la RPA (sector de Lluçmajor). El lloc de mostreig que millor ha respost a la protecció ha estat Sa Comuna, on la B_t ha augmentat x2,7, tot i que el que ha presentat major biomassa el 2023 ha estat Es Pontàs (3,5 kg/250 m²). Amb tot, també s'ha produït un descens de la biomassa d'entre el 25% i el 35% respecte de l'enregistrada el 2019, quan s'assolí el màxim de la sèrie estudiada.

La biomassa del grup d'espècies amb nivell tròfic alt ha experimentat un increment clar entre 2003 i 2023, duplicant o triplicant els seus valors als diferents llocs de mostreig dins la reserva. No obstant, aquests valors es poden considerar discrets, i en cap cas assoleixen 1 kg/250 m², excepte a la reserva integral (1,3 1 kg/250 m²).

La distribució de la biomassa per espècies també ha evolucionat de manera positiva, però amb una intensitat notablement inferior a com s'ha produït a altres àrees marines protegides de les Balears. Així, el sard *Diplodus sargus* i la variada *Diplodus vulgaris*, que en són les dues espècies més importants a fons rocosos superficials de zones no protegides, han anat reduïnt la seva contribució a la biomassa total a la RMMM. No obstant això, continuen essent-hi les majoritàries en termes de biomassa (>60%), i les

espècies bones indicadores dels efectes de la protecció com són l'anfós *Epinephelus marginatus* o l'escorball *Sciaena umbra* esdevenen poc importants i amb una escassa proporció d'individus madurs.

Les causes d'aquests resultats discrets (tot i la tendència positiva en la B_t no s'arriba a assolir el valor llindar de 4-5 kg/250 m²) les trobam, d'una banda, en les característiques de l'hàbitat de la RMMM, dominada per fons detrítics i herbeis de posidònia, i on el substrat rocós litoral queda restringit a una franja estreta que limita la presència de comunitats madures de peixos. Aquest hàbitat rocós, a escassa profunditat, esdevé una zona preferentment de reclutament, d'on els individus migren a mida que van creixent. D'altra banda, el retrocés de la biomassa total enregistrat el 2023 està associat a una anomalia en la temperatura de l'aigua (escalfament), que també s'ha observat durant el seguiment d'altres reserves marines els estius de 2022 i 2023.

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.

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 volantí 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.

En aquest context, cal ressaltar també que l'estudi iniciat tractava en un origen sobre els efectes de canvis en l'esforç i la selectivitat de pesca introduïts en la normativa de la reserva, diferenciant-se així dels estudis més tradicionals, que normalment es realitzen sobre l'efecte de la prohibició total d'alguna o de totes les modalitats pesqueres possibles en una reserva marina. La precisió i l'esforç requerits en la presa de dades va ser important des de l'inici, pensant *a priori* que els canvis que es produïrien a la Reserva de Migjorn serien d'una magnitud inferior als observats fins ara a altres reserves amb una normativa molt més restrictiva. Això no obstant, 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 2019 es realitzà la quarta campanya de censos a la RMMM. D'entre els indicadors estudiats per avaluar com havia evolucionat la reserva, aquells referits al conjunt de les espècies censades no mostraren diferències degudes a la protecció, i només se'n detectaren per a la biomassa i/o la densitat de dues espècies, la variada *Diplodus vulgaris* i l'anfós *Epinephelus marginatus*. La limitada efectivitat de la RMMM ja ha estat discutida a informes anteriors, relacionant-la amb la limitada disposició d'hàbitat (fons rocós) per al conjunt de les espècies que formen part del censos.

En aquest informe es presenten els resultats de l'evolució d'una sèrie d'indicadors entre la primera campanya duta a terme a la RMMM l'any 2003 i la darrera, realitzada entre el 27 de juny i el 4 de juliol de 2023.

2. METODOLOGIA

2.1. La presa de dades

La presa de dades s'ha basat en inventaris visuals fets en immersió amb escafandre autònom, sobre una sèrie de 66 transectes de 50 x 5 m (Harmelin-Vivien *et al.*, 1985) distribuïts entre dues localitats a la Reserva Marina del Migjorn (Llucmajor i Santanyí) i una localitat control situada a la costa d'Andratx (Figures 1 i 2). Aquestes foren les mateixes localitats estudiades en els anys previs (2003, 2010, 2017 i 2019), tot i que ara amb un nombre menor de transectes degut a la provada inexistència de diferències entre dies consecutius de mostreig. Així, el nombre total de transectes per avaluar els efectes de la protecció parcial ha estat de N= 714. A aquests transectes hem d'afegir els realitzats dins la reserva integral, N= 18 el 2010, N=12 el 2017, N=12 el 2019 i N=12 el 2023.

El mètode de presa de dades, basat en els inventaris visuals, permet una avaluació qualitativa i quantitativa relativament ràpida de la ictiofauna d'una zona determinada, i la seva eficàcia en la caracterització i comparació de la ictiofauna litoral sobre substrat rocós a la Mediterrània, ha estat abastament comprovada (Bell, 1983; Harmelin, 1987; Garcia-Rubies i Zabala, 1990; Francour, 1991; entre molts d'altres). A més, l'exactitud dels censos millora considerablement quan el nombre d'espècies és reduït respecte tota la comunitat íctica (l'anomenat *Discret Group Censusing* segons Greene i Alevizon, 1989), tal com s'ha dut a terme aquí, només amb les espècies típiques dels fons rocosos que són més vulnerables a la pesca professional, a la pesca submarina i, parcialment, a la pesca recreativa amb diferents ormeigs. El conjunt d'aquestes espècies es troben dins les categories espacials que Harmelin (1987) descriu com a de baix *home range*; és a dir, espècies amb moviments d'abast mitjà o baix (categories 3, 5 i 6). Així mateix, en no tractar-se d'un mètode de presa de dades destructiu, la seva aplicació és especialment adient en estudis relacionats amb les àrees marines protegides.

Sobre cadascun dels transectes s'identificaren les espècies objectiu i se'n va estimar el nombre d'individus i llur talla. Es va procurar, en tot cas, que l'estima del nombre d'exemplars fos el més acurada possible. Si els peixos formaven moles denses es va atribuir el nombre d'individus estimat a classes d'abundància preestablertes que seguien, aproximadament, una progressió geomètrica de classe 2 (1; 2-4; 5-10; 11-30; 31-50; 51-100; etc). Les talles s'estimaren en classes de 2cm. 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 en la precisió (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 (veure protocol de Bell *et al.*, 1985).

A més de les dades referents als peixos, sobre cada transecte s'ha realitzat una caracterització de l'hàbitat en base als trets més rellevants del fons. Així, s'ha registrat sempre la profunditat mínima, màxima i mitjana, i s'ha tipificat la natura física del substrat en base al tipus de cobertura. Aquesta ha estat diferenciada 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'han estimat en base als percentatges ocupats sobre la llargada total del transecte, assenyalada per la cinta mètrica de 50m que serveix de corda guia. El relleu del fons, o "rugositat" (sensu Lukhurst i Lukhurst, 1978), es va estimar *de visu*, establint-se una escala de 4 graus: 1, relació entre la longitud real i la longitud lineal, igual o lleugerament superior a 1, sense escletxes ni anfractuositats aparents, ni importants variacions verticals; 2: relació entre ambdues longituds clarament superior a 1, amb variacions verticals poc importants (menors de 2m) i poques escletxes i anfractuositats; 3: relació entre longitud real i lineal clarament superior a 1,5, amb escletxes i anfractuositats d'una certa entitat, ocupant, al menys un 25% de la longitud total del transecte i/o variacions verticals de més de 2m; 4: presència de blocs i d'escletxes importants, ocupant més del 50% de la longitud del transecte i/o pregoneres variacions verticals amb una relació entre la longitud real i la lineal propera o superant el 2. Finalment, a cada transecte 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. Les àrees d'estudi i el disseny de mostreig

El mostreig s'ha realitzat tenint en compte, d'una banda, l'estatus de protecció parcial (RP) de la Reserva del Migjorn amb la normativa vigent des de 2003 i, d'altra, una àrea comparable amb cap mesura especial de protecció, situada a la costa d'Andratx (Figures 1 i 2). A més a més, les grans dimensions de la Reserva del Migjorn obligaven a realitzar un mostreig més ampli que el que normalment s'ha realitzat a altres reserves. En aquest sentit, es va dividir la reserva marina en dues grans localitats: la costa de Lluçmajor (RPA) i la costa de Santanyí (RPB) (Fig. 1). Aquesta separació ve justificada també per la diferent pressió pesquera que rep cadascuna, una informació que enregistra el servei de vigilància de la reserva marina i que se mostra a la figura 3. En cadascuna d'aquestes localitats (Andratx, Lluçmajor i Santanyí), separades per més de 30 km, s'han estudiat dues zones que disten com a mínim 1 km una de l'altra, la qual cosa permet analitzar les variacions a una escala espacial de tipus mitjà (Figures 1 i 2). En cadascuna d'aquestes zones s'han realitzat nou transectes de 50 x 5 m, situats a l'atzar i separats com a mínim 10 metres un de l'altre.

Juntament amb la replicació espacial dels transectes, els anys anteriors (2003, 2010, 2017 i 2019) s'han tingut en compte les petites variacions temporals que es puguin donar en la densitat de les espècies objecte d'estudi, que poden dependre de canvis en les condicions meteorològiques, l'estat de la mar, l'hora del dia, la presència de depredadors, etc. Aquest control de les variacions diàries ha estat suggerit en els manuals més tradicionals de censos visuals (Harmelin-Vivien *et al.*, 1985) i és necessari per poder analitzar canvis en períodes de temps superiors (anys) (Underwood, 1997). No obstant això, a les anàlisis d'aquests anys anteriors no s'han observat diferències diàries, per la qual cosa a la campanya de 2023 cada zona ha estat mostrejada un sol dia.

Així, el nombre total de transectes realitzats a cada campanya entre 2003 i 2019 és, per tant de: 3 localitats (2 àrees parcialment protegides (RP) i 1 àrea no protegida o no reserva (NR)) x 2 zones x 9 transectes x 3 dies= 162 transectes/campanya, essent el nombre total d'inventaris visuals a tractar és de 648. Amb els transectes efectuats el 2023 (2 àrees parcialment protegides (RP) i 1 àrea no protegida o no reserva (NR)) x 2 zones x 9 transectes x 1 dia= 54 transectes), el nombre total de transectes analitzats és de 702.

En les campanyes de 2010, 2017, 2019 i 2023 s'estudiaren també 2 zones dins la reserva integral: R1, situada més al sud, i R2, situada més al nord (Fig. 1). A cadascuna d'aquestes zones se realitzaren 9 transectes el 2010 i 6 transectes la resta d'anys, representant aleshores altres 54 transectes.

Les diferències ambientals inherents a cada lloc es varen intentar bloquejar en la mesura que fou possible, és a dir, tots els transectes es varen realitzar a l'atzar, però en un interval estret de fondàries, d'entre 3 i 15 metres, i en fons predominantment rocós i amb un pendent suau. Com ja ha estat explicat, totes les variables ambientals associades als transectes varen ser anotades per ser tingudes en compte en el tractament posterior de les dades.

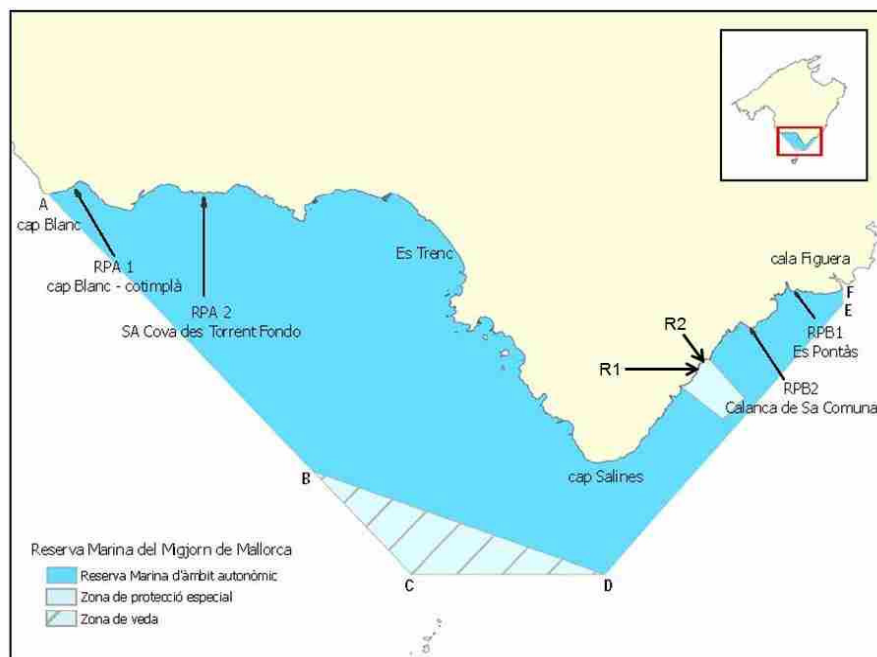


Figura 1. Mapa de la RMMM amb les zones de mostreig (R1, R2, RPA 1, RPA 2, RPB 1 i RPB 2).

Costa sud-oest de Mallorca



Es Rajolí (NR1)



Cala Egos (NR2)



Figura 2. Zones de mostreig a la costa d'Andratx (localitat control): Es Rajolí (NR1) i cala Egos (NR2).

2.3. Tractament de les dades

Amb les dades obtingudes el 2003, 2010, 2017, 2019 i 2023 es va calcular el nombre d'espècies vulnerables, la densitat i biomassa totals; i la densitat i biomassa per a cada espècie dins cada transsecte, prenent aquest com a unitat de mostra o rèplica. Per al càlcul de la biomassa de cada espècie s'utilitzaren les relacions talla:pes descrites per Morey *et al.* (2003).

L'efecte del temps de protecció parcial a la Reserva del Migjorn respecte la costa no protegida d'Andratx es va comprovar mitjançant una anàlisi de la variància replicat a dues escales espacials; és a dir, un factor fix, anomenat "Protecció" (Ph), que recull les diferències entre localitats i es replica, espacialment, en "zones" (Zi), aleatòries i encaixades dins la localitat. Per a aquests factors espacials s'analitzà l'efecte de la interacció amb el temps Tj . Així, cada rèplica o transsecte ($Xhijk$) es pot definir com la suma de la mitjana global (μ) de totes les rèpliques efectuades, més la variació creada per l'efecte protecció (=localitat) (Ph), més la variació deguda a la zona i en la localitat h $Zi(h)$, més l'efecte dels anys 2003, 2010, 2017 i 2019 Tj , més la interacció del temps amb cada zona $Tj \times Zi(h)$, més la interacció del temps amb la protecció $Tj \times Ph$, més el terme d'error degut a la variació entre rèpliques ($ehijk$). El model lineal queda, doncs:

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

Prèviament a l'anàlisi es comprovà 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 es varen transformar logarítmicament ($x' = \log(x+1)$). En qualsevol cas, les dades foren analitzades malgrat que no s'acomplissin totes aquestes condicions. Si no s'assolí l'homogeneïtat de les variàncies, l'anàlisi es va dur a terme amb les dades originals, prenent-se 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).

Per a l'anàlisi dels efectes de la reserva integral, la sèrie de dades es restringí a 2010, 2017, 2019 i 2023, contrastant-se l'efecte de la protecció entre 4 grups o tractaments: Controls, Lluçmajor (RPA), Santanyí (RPB) i Reserva Integral; i l'efecte de variació espacial a mitjana escala niat dins cada tractament: l'efecte zona. El model resultant fou, per tant:

$$Xhij = \mu + Ph + Tj + Zi(h) + Tj \times Zi(h) + Tj \times Ph + ehij.$$

Tant en l'anàlisi de la interacció entre temps i protecció parcial com en l'anàlisi sobre l'efecte de la reserva integral, es va procedí a realitzar un *pooling* dels termes d'error i de l'efecte zona quan les diferències detectades per a aquest efecte niat presentaren una probabilitat d'acceptació de la hipòtesi nul·la quan aquesta és

vertadera $> 0,25$ (Underwood, 1997). D'aquesta manera s'incrementa el poder de detectar diferències degudes a la interacció o entre els diferents nivells de protecció. A cada anàlisi, i en els casos en què es pogué realitzar el *pooling*, es presenten els resultats amb l'efecte zona i sense l'efecte zona (*pooling*). Totes les anàlisis foren realitzades amb el programa estadístic Statistica 6.0.

També es va analitzar l'evolució de les talles mitjanes de les espècies més freqüents i abundants (*Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris*, *Epinephelus marginatus* i *Sciaena umbra*), i la seva estructura de talles durant l'any 2023. La talla és un bon indicador de fenòmens com el reclutament o el nivell d'explotació al què es troba sotmesa una població. La comparació es va fer entre els diferents nivells de protecció.

3. RESULTATS

3.1. La riquesa d'espècies vulnerables

En les cinc campanyes dutes a terme entre 2003 i 2023 s'han censat 21 espècies (Taula 1), de les quals 4 corresponen a la categoria 1 d'Harmelin (1987) i no són considerades a les anàlisis. Per nivells de protecció, 13 corresponen a la reserva integral, 17 a la RPA (sector de la costa de Lluçmajor), 17 a la RPB (sector de la costa de Santanyi) i 18 a les zones control (Andratx-Estellencs). Les categories més importants quant a l'abundància de les seves espècies han estat les categories 3 i 5, destacant sobretot la categoria 3, que inclou les dues espècies més abundants: el sard *Diplodus sargus* i la variada *Diplodus vulgaris*.

Efectes de la reserva parcial en el període 2003-2023.

Els resultats de la riquesa a cada zona i per a cada any de mostreig es mostren a la figura 3. En general, els valors han estat superiors a la reserva parcial, que des de la declaració de la reserva han experimentat una millora (tot i que lleugera) que no s'ha observat a les zones control, les quals han mantingut uns valors més estables. El 2003, la riquesa de les quatre zones de reserva parcial es va situar en e l'interval 3,2-3,6 espècies/250 m², molt similar al de les zones control (3,2-3,5). El 2023, les zones protegides presentaren uns valors compresos en l'interval 3,4-4,9 espècies/250 m², superior al dels controls (3 espècies/250 m²).

L'anàlisi de la variància (Taula 2) indica una interacció dels factors Temps i Nivell de Protecció amb un nivell de probabilitat prou baix ($p=0,0114$) com per, tot i no ser estrictament significatiu per mor de la manca d'homogeneïtat, considerar que existeixen diferències temporals degudes a la protecció. Això està en consonància amb els efectes del temps i de la protecció per separat, que han resultat molt significatius ($p<0,0001$). Així, s'ha analitzat l'existència de diferències entre els tres nivells de protecció tant a l'any inicial de la sèrie (2003) com al darrer (2023), detectant-se'n només al darrer (Taules 3 i 4), i que el test *a posteriori* ha identificat que són degudes a una menor riquesa a les zones control respecte de les dues zones de reserva parcial (Taula 5).

Taula 1. Abundància de les espècies enregistrades a les campanyes del període 2003-2023 a cadascun dels nivells de protecció mostrejats.

	R				RPA					RPB					NR				
	2010	2017	2019	2023	2003	2010	2017	2019	2023	2003	2010	2017	2019	2023	2003	2010	2017	2019	2023
Categoria 1																			
<i>Dentex dentex</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Seriola dumerili</i>	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Sphyraena viridensis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	4	81	0
Categoria 3																			
<i>Diplodus puntazzo</i>	13	8	12	3	49	29	50	45	4	24	27	20	39	6	19	36	40	33	5
<i>Diplodus sargus</i>	263	125	88	12	669	427	316	329	17	538	716	613	509	17	294	345	435	295	15
<i>Diplodus vulgaris</i>	466	274	267	12	658	436	683	902	18	528	805	846	843	18	705	440	853	979	18
<i>Lithognathus mormyrus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparus aurata</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	10	0	0	2	7	61	8	0	6	1	149	18	2	5	21	61	7	35	4
Categoria 5																			
<i>Epinephelus costae</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Epinephelus marginatus</i>	8	13	18	11	28	11	90	31	12	43	21	74	33	11	43	15	8	7	5
<i>Mycteroperca rubra</i>	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	2	0	1	0	0	0
<i>Labrus merula</i>	23	2	5	6	1	28	2	9	2	1	25	3	14	2	0	13	9	6	0
<i>Labrus viridis</i>	5	4	3	2	0	5	0	1	0	0	6	7	5	1	1	2	5	1	0
<i>Sciaena umbra</i>	19	2	5	4	41	18	21	27	4	2	11	4	9	4	6	2	4	4	5
Categoria 6																			
<i>Gymnothorax unicolor</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Muraena helena</i>	1	0	0	0	3	3	4	3	3	1	5	3	4	3	2	2	3	2	1
<i>Scorpaena notata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scorpaena porcus</i>	0	0	0	0	1	13	0	1	4	0	12	3	0	3	0	2	3	6	0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
Nombre d'espècies	9	8	9	9	10	12	10	10	11	9	11	13	10	14	8	13	13	13	8
Nombre de transectes	18	12	12	12	54	54	54	54	18	54	54	54	54	18	54	54	54	54	18

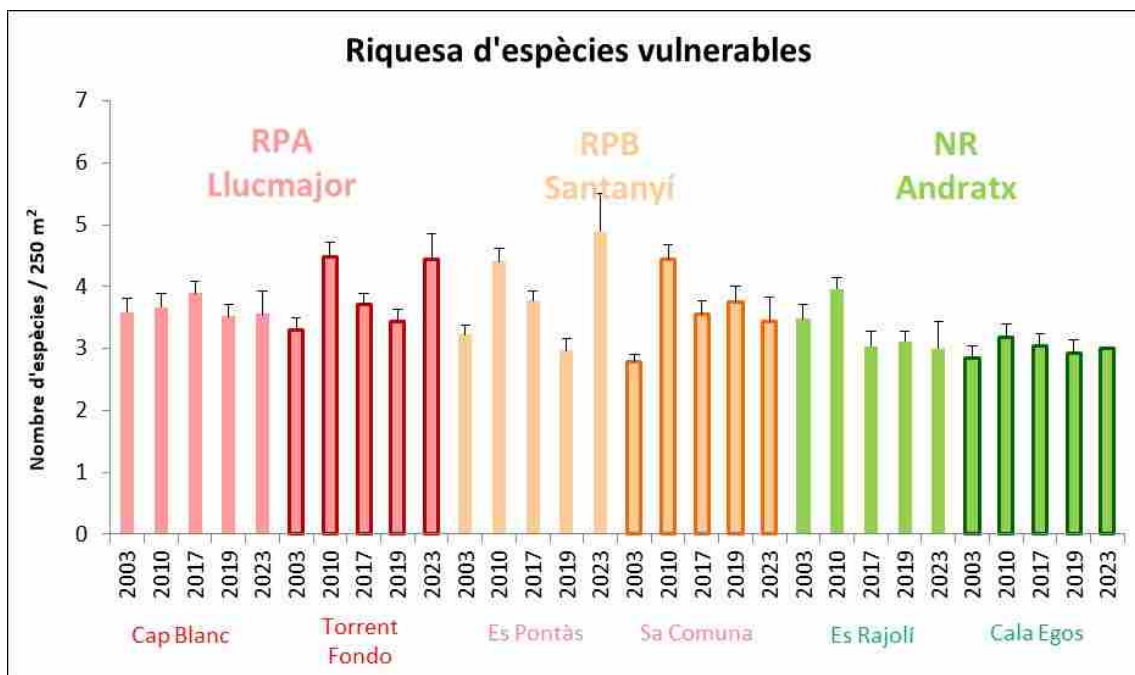


Figura 3. Evolució del nombre d'espècies vulnerables (mitjana \pm EE) a les zones mostrejades entre 2003 i 2023.

Taula 2. Anàlisi de la variància per al nombre d'espècies. SQ: suma de quadrats; GL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F: F test; p= nivell de significació. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

A)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	7334,617	1	7334,617	1928,909	0,000026
Temps	64,795	4	16,199	5,000	0,013210
Protecció	39,287	2	19,644	5,166	0,106742
Temps*Protecció	23,980	8	2,998	0,925	0,529287
Zona(Protecció)	11,407	3	3,802	1,304	0,313075
Temps*Zona(Protecció)	38,877	12	3,240	2,800	0,000959
Error	777,630	672	1,157		
<i>POOLING</i>					
B)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	7334,617	1	7334,617	6094,330	0,000000
Temps	64,795	4	16,199	13,460	0,000000
Protecció	39,287	2	19,644	16,322	0,000000
Temps*Protecció	23,980	8	2,998	2,491	0,011420
Error	826,815	687	1,204		

Taula 3. Anàlisi de la variància del nombre d'espècies entre els tres nivells de protecció per a l'any 2003. SQ: suma de quadrats; GL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F: F test; p= nivell de significació. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	1662,722	1	1662,722	1685,693	0,000000
Protecció	5,444	2	2,722	2,760	0,066337
Error	156,833	159	0,986		

Taula 4. Anàlisi de la variància del nombre d'espècies entre els tres nivells de protecció per a l'any 2023. SQ: suma de quadrats; GL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F: F test; p= nivell de significació. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	748,1667	1	748,1667	403,7725	0,000000
Protecció	14,3333	2	7,1667	3,8677	0,027295
Error	94,5000	51	1,8529		

Taula 5. Test *a posteriori* (test de Newman-Keuls) per a les diferències en la riquesa d'espècies entre les zones d'estudi per a la campanya de 2023. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

	NR	RPA	RPB
NR		0,032170	0,034511
RPA	0,032170		0,715028
RPB	0,034511	0,715028	

Efectes de la reserva integral en els anys 2010, 2017, 2019 i 2023

El valor més alt de riquesa a cadascun dels quatre nivells de protecció es va donar el 2010 (Figura 4), amb 4,5 espècies/250 m² a la reserva integral, 4,1 espècies/250 m² a la RPA, 4,4 espècies/250 m² a la RPB, i totes elles per sobre de les 3,6 espècies/250 m² a les zones control. A les dues campanyes següents s'observà un descens general, mentre que el 2023 la riquesa s'ha recuperat a dins la reserva, assolint valors molt propers als de 2010 (4,4 espècies/250 m², 4 espècies/250 m² i 4,2 espècies/250 m² a la reserva integral, la RPA i la RPB, respectivament), mentre que les zones control han presentat el valor més baix de la sèrie (3 espècies/250 m²).

Aquesta major riquesa els anys 2010 i 2023 es veu confirmada per l'anàlisi de la variància (Taula 6), que indica aquestes diferències temporals per al conjunt de les zones estudiades (Taula 7); així com detecta diferències degudes a la protecció, essent la riquesa de la reserva integral superior a la de les dues reserves parcials (RPA i RPB) i, a

la vegada, les tres zones protegides presenten major riquesa que les zones control (Taula 8). Amb tot, però, l'ANOVA no detecta diferències temporals degudes a la protecció (interacció Temps*Protecció: $p=0,909$; Taula 6).

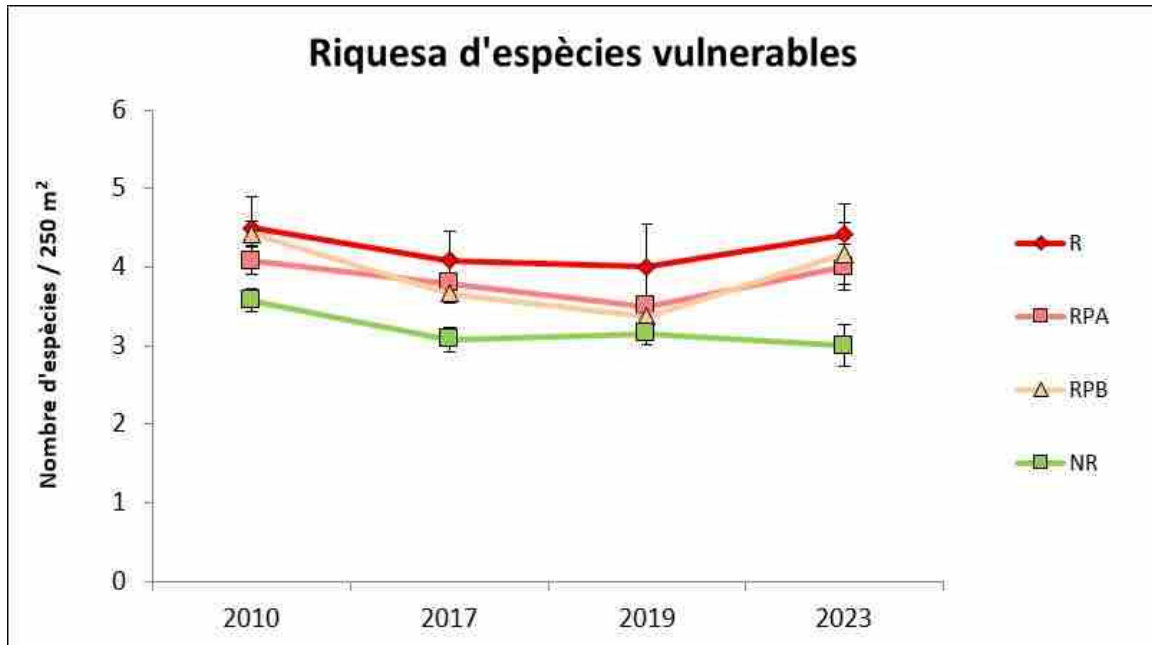


Figura 4. Evolució del nombre d'espècies vulnerables (mitjana \pm EE) als nivells de protecció mostrejats entre 2010 i 2023.

Taula 6. Anàlisi de la variància per al nombre d'espècies entre 2010 i 2023 a la reserva integral, reserva parcial (RPA i RPB) i zones control d'Andratx. SQ: suma de quadrats; GL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F: F test; p= nivell de significació. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

A)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	5785,340	1	5785,340	2058,982	0,000000
Temps	29,996	3	9,999	3,669	0,035538
Protecció	60,993	3	20,331	6,655	0,046773
Temps*Protecció	11,352	9	1,261	0,406	0,909388
Zona(Protecció)	12,477	4	3,119	1,072	0,407065
Temps*Zona(Protecció)	38,320	12	3,193	2,404	0,004859
Error	746,444	562	1,328		

B)	SQ	GL	MQ	F	p
<i>POOLING</i>					
Intercept	5785,340	1	5785,340	4199,252	0,000000
Temps	29,996	3	9,999	7,257	0,000087
Protecció	60,993	3	20,331	14,757	0,000000
Temps*Protecció	11,352	9	1,261	0,916	0,511012
Error	796,315	578	1,378		

Taula 7. Test *a posteriori* (test de Newman-Keuls) per a les diferències en la riquesa d'espècies entre els 4 anys en què s'ha analitzat la reserva integral. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

	2010	2017	2019	2023
2010		0,001388	0,000030	0,133045
2017	0,001388		0,263124	0,046317
2019	0,000030	0,263124		0,005294
2023	0,133045	0,046317	0,005294	

Taula 8. Test *a posteriori* (test de Newman-Keuls) per a les diferències en la riquesa d'espècies entre els 4 nivells de protecció durant el 2023. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

	NR	RPA	RPB	R
NR		0,000244	0,000236	0,000008
RPA	0,000244		0,775286	0,007674
RPB	0,000236	0,775286		0,006702
R	0,000008	0,007674	0,006702	

3.2. La densitat total d'espècies vulnerables

Efectes de la reserva parcial en els anys 2003, 2010, 2017, 2019 i 2023.

La resposta d'aquest indicador ha estat desigual a les distintes zones (Figura 5). Així, a la RPA (sector de Lluçmajor) la densitat ha minvat entre 2003 i 2023 (de 27 a 20 individus/250 m² tant al Cap Blanc com al Torrent Fondo). En canvi, a la RPB (sector de Santanyi), s'ha mantingut en 24 individus/250 m² a Es Pontàs i s'ha incrementat a Sa Comuna (de 19 a 23 individus/250 m²). Les zones control han mostrat més contrast encara, minvant a Es Rajolí (de 20 a 14 individus/250 m²), i augmentant lleugerament a Cala Egos (de 21 a 22 individus/250 m²). Amb tot, cal destacar que no s'observa una tendència a cap de les zones esmentades, alternant-se increments i descensos de la densitat durant el transcurs de la sèrie estudiada. I, de manera important, que en cap cas la densitat màxima s'ha donat el 2023, minvant en comparació a 2019.

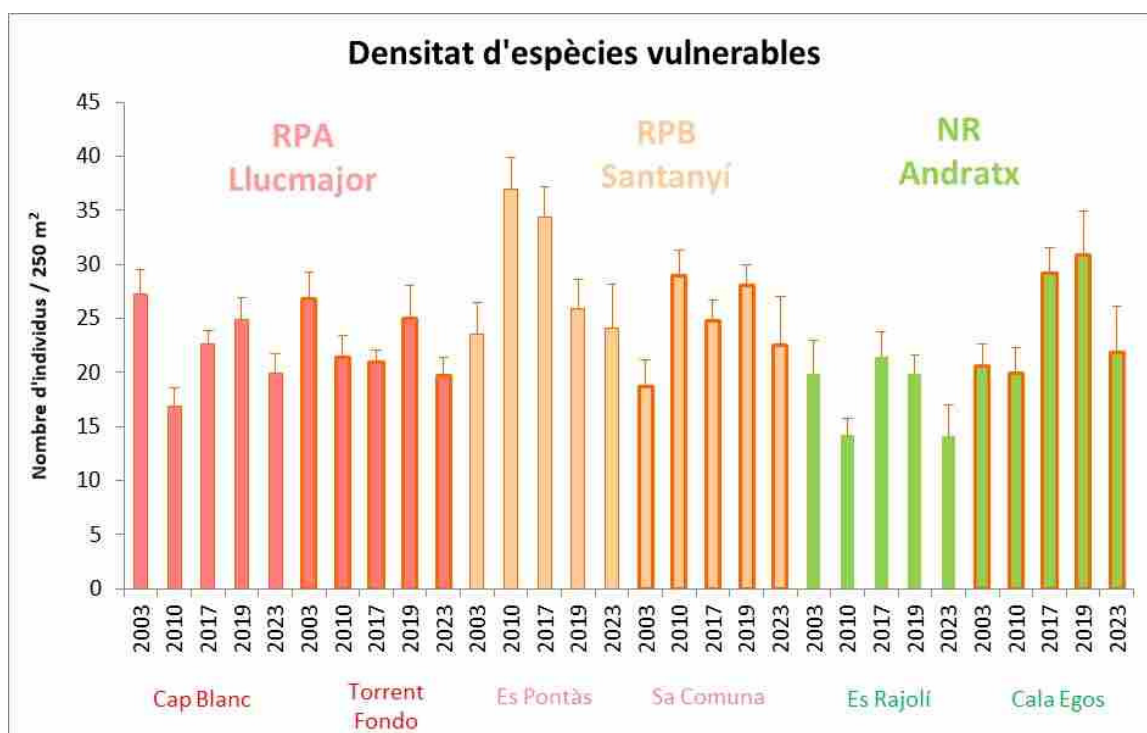


Figura 5. Evolució de la densitat total d'espècies vulnerables (mitjana ± EE) a les zones mostrejades entre 2003 i 2023.

L'anàlisi de la variància detectà diferències per a la interacció entre els factors Temps i Protecció ($p=0,0066$; Taula 9). A continuació, s'analitzà si existiren diferències entre els tres nivells de protecció els anys 2003 i 2023, no detectant-se'n a cap dels dos (Taula 10 i 11, respectivament. Noti's que, essent les dades no homogènies, el llinard

de significança és $p=0,01$), la qual cosa indica que les diferències entre nivells de protecció s'han donat als anys intermitjos de la sèrie.

Taula 9. Anàlisi de la variància per a la densitat total d'espècies vulnerables. SQ: suma de quadrats; GL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F: F test; p= nivell de significació. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	319616,8	1	319616,8	314,9821	0,000390
Temps	2006,6	4	501,7	2,6949	0,082048
Protecció	3302,5	2	1651,2	1,6273	0,332188
Temps*Protecció	7438,7	8	929,8	4,9950	0,006601
Zona(Protecció)	3044,1	3	1014,7	5,6120	0,008067
Temps*Zona(Protecció)	2233,8	12	186,2	1,2257	0,260669
Error	102057,0	672	151,9		

Taula 10. Anàlisi de la variància de la densitat total d'espècies vulnerables entre els tres nivells de protecció per a l'any 2003. SQ: suma de quadrats; GL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F: F test; p= nivell de significació. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	84050,00	1	84050,00	477,4399	0,000000
Protecció	1467,15	2	733,57	4,1670	0,017224
Error	27990,85	159	176,04		

Taula 11. Anàlisi de la variància de la densitat total d'espècies vulnerables entre els tres nivells de protecció per a l'any 2023. SQ: suma de quadrats; GL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F: F test; p= nivell de significació. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	22407,41	1	22407,41	218,6251	0,000000
Protecció	265,48	2	132,74	1,2951	0,282716
Error	5227,11	51	102,49		

Efectes de la reserva integral en els anys 2010, 2017, 2019 i 2023

La densitat total havia experimentat un descens continuat a la reserva integral entre 2010 i 2019, de 45 a 33 individus/250 m², que ha continuat el 2023 fins a situar-se en 25 individus/250 m² (Figura 6). De la mateixa manera, la RPB ha seguit un descens continuat des de 2003, passant de 33 a 23 individus/250 m². La RPA, on la densitat havia augmentat el 2017 i el 2019, ha tornat a un valor similar al de 2010 (20 individus/250 m²). I això mateix ha ocorregut a les zones control, situant-se en 18 individus/250 m² el 2023. En conjunt, les diferències entre els quatre nivells de protecció han minvat respecte dels anys anteriors, trobant-se el 2023 en l'interval 18-25 individus/250 m². L'anàlisi de la variància no ha detectat diferències per a cap factor ni la seva interacció (Taula 12).

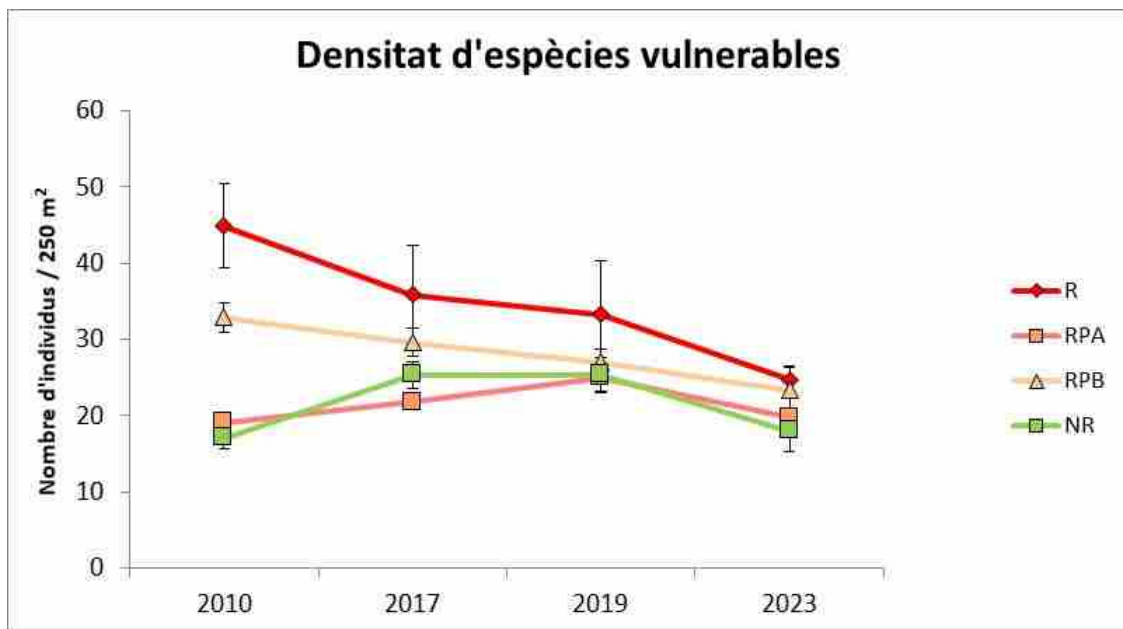


Figura 6. Evolució de la densitat total d'espècies vulnerables (mitjana ± EE) als nivells de protecció mostrejats entre 2010 i 2023.

Taula 12. Anàlisi de la variància per a la densitat total d'espècies vulnerables entre 2010 i 2023 a la reserva integral, reserva parcial (RPA i RPB) i zones control d'Andratx. SQ: suma de quadrats; GL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F: F test; p= nivell de significació. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	279989,2	1	279989,2	396,9025	0,000019
Temps	2469,5	3	823,2	2,8793	0,067512
Protecció	10065,4	3	3355,1	4,2224	0,097326
Temps*Protecció	6148,4	9	683,2	2,1447	0,105026
Zona(Protecció)	3271,7	4	817,9	2,7129	0,072029
Temps*Zona(Protecció)	3909,6	12	325,8	1,9540	0,026279
Error	93708,1	562	166,7		

3.3. La biomassa total d'espècies vulnerables

Efectes de la reserva parcial en els anys 2003, 2010, 2017, 2019 i 2023.

La biomassa d'espècies vulnerables va experimentar un augment a totes les localitats i zones mostrejades, tant a dins com a fora de la reserva (Figura 7). Els valors de biomassa corresponents a cada zona de mostreig durant el 2023 foren: al sector de Lluçmajor (RPA), 2,5 kg/250 m² (increment x1,3 respecte del 2003) al Cap Blanc i 2,1 kg/250 m² (increment x1,6) al Torrent Fondo; al sector de Santanyí (RPB), 3,5 kg/250 m² (increment x1,5) a Es Pontàs i 2,3 kg/250 m² a Sa Comuna (x2,7); i a les zones control, 1,8 kg/250 m² a Es Rajolí (valor pràcticament idèntic al de 2003) i 2,2 kg/250 m² (x1,7) a Cala Egos. Tot i aquests increments, cal remarcar que els valors màxims de biomassa a totes les zones es varen donar el 2019, i que per tant els valors obtinguts el 2023 representen un retrocés respecte d'aquest màxim. Aquestes diferències es veren corroborades a l'anàlisi de la variància (diferències per al factor Temps, p<0,001; Taula 13), que a l'anàlisi *a posteriori* (Taula 14) s'identificaren entre l'any 2019 (amb major B_t) i 2023 i 2017; i a la vegada, aquests tres anys amb major biomassa que els dos primers de la sèrie (2003 i 2010). També, el 2023, Es Pontàs (RPB1) ha presentat una biomassa nominalment superior a la de la resta de zones.

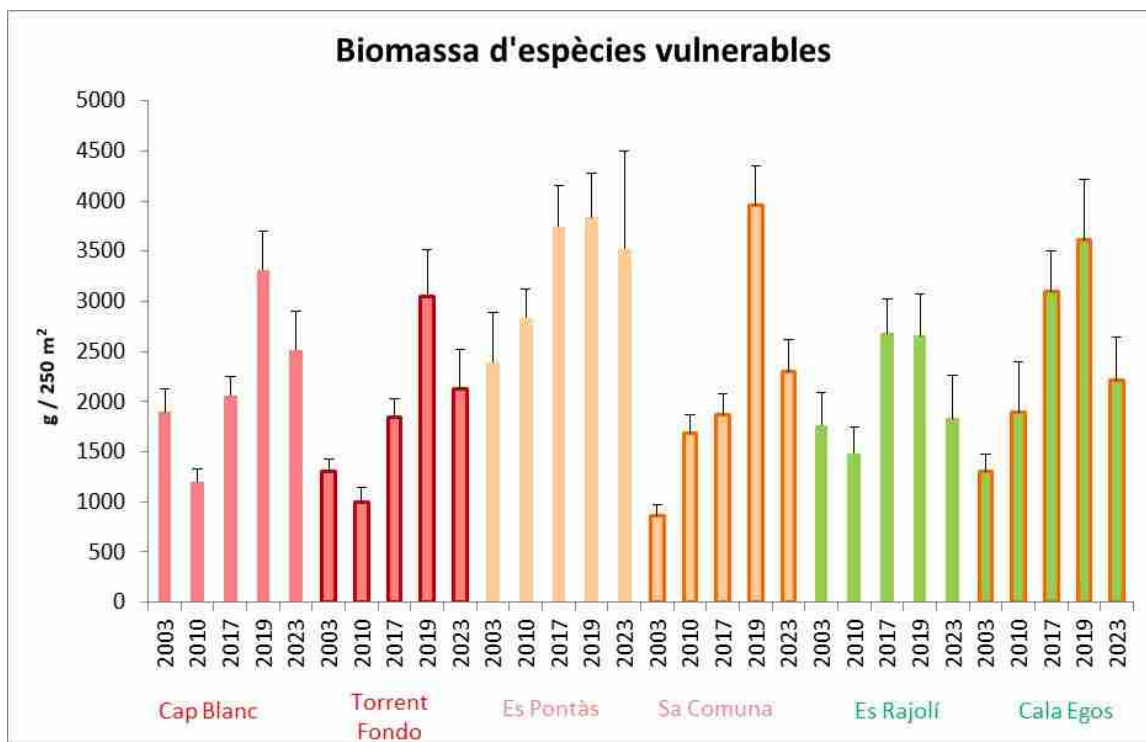


Figura 7. Evolució de la biomassa total d'espècies vulnerables (mitjana \pm EE) a les zones mostrejades entre 2003 i 2023.

Taula 13. Anàlisi de la variància per a la biomassa total d'espècies vulnerables. SQ: suma de quadrats; GL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F: F test; p= nivell de significació. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	3,140E+09	1	3,140E+09	128,89	0,001466
Temps	3,517E+08	4	8,792E+07	23,00	0,000015
Protecció	4,480E+07	2	2,240E+07	0,92	0,488166
Temps*Protecció	3,831E+07	8	4,789E+06	1,25	0,349664
Zona(Protecció)	7,309E+07	3	2,436E+07	6,57	0,004278
Temps*Zona(Protecció)	4,587E+07	12	3,823E+06	1,24	0,248846
Error	2,066E+09	672	3,075E+06		

Taula 14. Test *a posteriori* (test de Newman-Keuls) per a les diferències en la biomassa total d'espècies vulnerables entre els 5 anys. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

	2003	2010	2017	2019	2023
2003		0,676833	0,000177	0,000017	0,000908
2010	0,676833		0,000508	0,000008	0,001415
2017	0,000177	0,000508		0,000225	0,568668
2019	0,000017	0,000008	0,000225		0,000078
2023	0,000908	0,001415	0,568668	0,000078	

Efectes de la reserva integral en els anys 2010, 2017, 2019 i 2023

El 2019 s'assolí el màxim de biomassa als quatre nivells de protecció. El 2023, aquests valors han minvat, situant-se en 3,7 kg/250 m² a la reserva integral, 2,3 kg/250 m² a la RPA, 2,9 kg/250 m² a la RPB i 2 kg/250 m² als controls; Figura 8). Malgrat totes les zones han experimentat un increment respecte del 2010 (x1,2 la reserva integral, x2,1 la RPA, x1,3 la RPB i x1,2 els controls), a totes elles s'ha produït un descens en comparació als valors enregistrats el 2019 (interval: x1,3-1,5; equivalent a una minva del 25-35%). És important destacar que, amb l'excepció de la reserva integral l'any 2019 (5,4 kg/250 m²), a cap de les zones estudiades s'han superat els 5 kg/250 m², valor que se sol considerar com el llindar d'un bon estat.

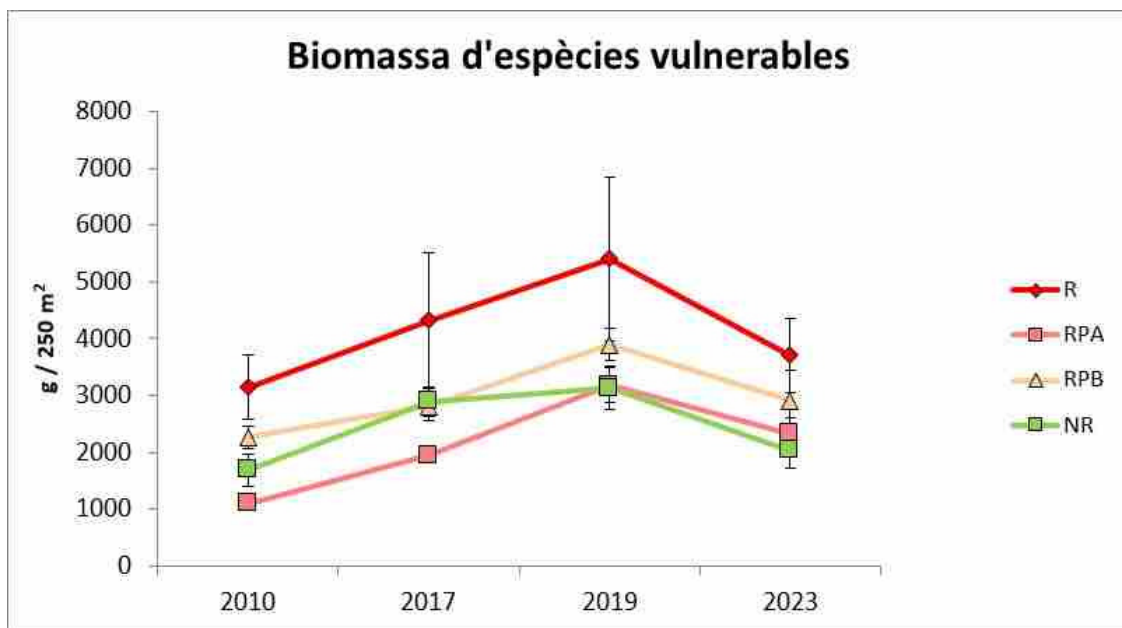


Figura 8. Evolució de la biomassa total d'espècies vulnerables (mitjana ± EE) als nivells de protecció mostrejats entre 2010 i 2023.

L'únic factor per al qual l'ANOVA ha indicat diferències ha estat el Temps (Taula 15), essent els valors de 2019 superiors als de la resta d'anys, i els de 2010 inferiors als de tots els anys posteriors (Taula 16).

Taula 15. Anàlisi de la variància per a la biomassa total d'espècies vulnerables entre 2010 i 2023 a la reserva integral, reserva parcial (RPA i RPB) i zones control d'Andratx. SQ: suma de quadrats; GL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F: F test; p= nivell de significació. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	3,422E+09	1	3,422E+09	284,93	0,000030
Temps	2,230E+08	3	7,435E+07	11,61	0,000220
Protecció	1,750E+08	3	5,832E+07	4,38	0,091538
Temps*Protecció	2,661E+07	9	2,957E+06	0,42	0,900964
Zona(Protecció)	5,465E+07	4	1,366E+07	2,04	0,141735
Temps*Zona(Protecció)	8,606E+07	12	7,172E+06	1,75	0,053493
Error	2,304E+09	562	4,100E+06		

Taula 16. Test *a posteriori* (test de Newman-Keuls) per a les diferències en la biomassa total d'espècies vulnerables entre els 4 anys. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

	2010	2017	2019	2023
2010		0,002970	0,000008	0,001362
2017	0,002970		0,000730	0,937615
2019	0,000008	0,000730		0,001586
2023	0,001362	0,937615	0,001586	

Els valors de biomassa total, de la biomassa del grup de les espècies amb nivell tròfic alt (NT>3,5) i de cadascuna de les espècies censades a cada campanya es presenten a la taula 17.

Taula 17. Biomassa total, biomassa del grup d'espècies amb nivell tròfic >3,5, i per espècie (mitjana \pm EE; kg) obtinguda a les campanyes de 2003, 2010, 2017, 2019 i 2023 a cadascun dels nivells de protecció mostrejats.

RESERVA INTEGRAL	2010 (N=18)		2017 (N=12)		2019 (N=12)		2023 (N=12)	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
Biomassa total	3145,8	577,4	4320,4	1201,6	5409,2	1440,7	3703,3	643,0
Biomassa NT>3,5	668,5	257,5	459,6	257,9	1399,1	583,4	1315,1	410,5
<i>Epinephelus costae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epinephelus marginatus</i>	194,8	86,7	290,1	169,7	828,4	319,4	993,6	408,9
<i>Gymnothorax unicolor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Labrus merula</i>	155,8	51,2	17,3	12,7	144,9	77,0	146,9	47,0
<i>Labrus viridis</i>	39,5	21,0	47,0	26,5	52,2	46,7	35,7	24,9
<i>Lithognathus mormyrus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Muraena helena</i>	69,0	69,0	0	0	0	0	0	0
<i>Mycteroperca rubra</i>	0	0	27,8	19,4	0	0	0	0
<i>Sciaena umbra</i>	209,4	176,6	77,5	77,5	305,3	208,7	138,9	64,9
<i>Scorpaena notata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scorpaena porcus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparus aurata</i>	0	0	0	0	68,3	68,3	0	0
<i>Diplodus puntazzo</i>	124,9	51,6	145,9	61,8	179,2	73,7	48,0	26,4
<i>Diplodus sargus</i>	1174,2	204,7	1833,5	574,8	1566,8	391,0	1022,0	324,1
<i>Diplodus vulgaris</i>	1167,0	239,5	1881,4	733,8	2264,1	724,1	1300,6	149,5
<i>Sparisoma cretense</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	11,2	3,6	0	0	0	0	17,5	12,1
<i>Dentex dentex</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0	0	0	0	127,5	86,0	0	0
<i>Seriola dumerili</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sphyrna viridensis</i>	0	0	0	0	0	0	682,3	682,3

Taula 17. (cont.).

RPA (LLUCMAJOR)	2003 (N=54)		2010 (N=54)		2017 (N=54)		2019 (N=54)		2023 (N=18)	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
Biomassa total	1601,4	137,1	1100,4	96,4	1952,1	135,2	3181,6	301,9	2322,5	271,0
Biomassa NT>3,5	362,6	84,0	275,5	54,6	368,1	67,0	778,8	137,2	634,2	124,9
<i>Epinephelus costae</i>	0	0	0	0	1,1	1,1	0	0	0	0
<i>Epinephelus marginatus</i>	153,2	44,1	95,7	34,5	207,4	44,4	478,2	104,7	341,1	84,5
<i>Gymnothorax unicolor</i>	0	0	7,4	7,4	0	0	0	0	0	0
<i>Labrus merula</i>	2,0	2,0	60,4	15,9	5,3	3,7	30,7	14,6	21,5	17,5
<i>Labrus viridis</i>	0	0	4,8	2,4	0	0	15,6	15,6	0	0
<i>Lithognathus mormyrus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	20,3	20,3
<i>Muraena helena</i>	50,7	33,4	42,8	30,2	65,1	39,2	23,6	14,6	148,4	97,5
<i>Mycteroperca rubra</i>	37,8	37,8	0	0	13,9	13,9	0	0	0	0
<i>Sciaena umbra</i>	117,5	32,5	52,1	18,3	75,3	21,3	225,7	84,6	78,2	45,3
<i>Scorpaena notata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scorpaena porcus</i>	1,5	1,5	11,5	4,1	0	0	5,0	5,0	24,6	12,9
<i>Scorpaena scrofa</i>	0	0	1,0	1,0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparus aurata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diplodus puntazzo</i>	97,9	16,3	57,3	17,0	116,4	22,3	138,2	27,5	70,1	34,6
<i>Diplodus sargus</i>	624,5	72,1	427,6	48,4	546,2	60,9	949,1	168,4	489,2	123,7
<i>Diplodus vulgaris</i>	511,9	66,5	309,8	51,7	903,2	99,6	1315,5	136,3	1099,2	159,8
<i>Sparisoma cretense</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>SpondylIOSoma cantharus</i>	4,5	3,2	30,1	6,7	18,3	7,8	0	0	29,8	12,0
<i>Dentex dentex</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	23,2	23,2
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Seriola dumerili</i>	0	0	0	0	0	0	639,5	639,5	0	0
<i>SphyrAena viridensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Taula 17. (cont.).

RPB (SANTANYÍ)	2003 (N=54)		2010 (N=54)		2017 (N=54)		2019 (N=54)		2023 (N=18)	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
Biomassa total	1629,0	273,9	2260,7	188,0	2808,6	262,6	3896,2	291,4	2911,7	520,9
Biomassa NT>3,5	285,9	72,7	265,4	38,5	276,1	53,2	623,5	123,3	932,2	339,6
<i>Epinephelus costae</i>	0	0	0,2	0,2	0	0	0	0	5,4	5,4
<i>Epinephelus marginatus</i>	248,2	65,3	132,9	34,9	160,0	43,8	409,5	81,6	568,8	262,1
<i>Gymnothorax unicolor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Labrus merula</i>	2,7	2,7	39,9	8,8	5,3	3,3	33,2	12,8	48,4	35,1
<i>Labrus viridis</i>	0	0	6,9	3,2	16,0	6,5	28,7	15,4	9,0	9,0
<i>Lithognathus mormyrus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Muraena helena</i>	0,3	0,3	36,5	16,9	31,5	19,7	68,1	39,5	185,7	104,5
<i>Mycteroperca rubra</i>	0	0	0	0	11,6	9,0	0	0	21,7	15,3
<i>Sciaena umbra</i>	10,2	7,4	33,3	14,0	40,2	25,1	84,1	40,3	65,1	34,5
<i>Scorpaena notata</i>	0	0	0	0	1,0	0,6	0	0	0	0
<i>Scorpaena porcus</i>	0	0	15,7	5,7	4,5	2,9	0	0	10,2	8,6
<i>Scorpaena scrofa</i>	0	0	0	0	5,9	5,9	0	0	0	0
<i>Sparus aurata</i>	24,5	14,6	0	0	0	0	0	0	17,9	17,9
<i>Diplodus puntazzo</i>	43,0	10,4	61,2	13,7	68,4	17,4	136,3	30,0	70,8	27,2
<i>Diplodus sargus</i>	945,8	242,7	1096,5	145,3	1307,9	199,3	1733,0	215,9	979,7	209,2
<i>Diplodus vulgaris</i>	353,7	44,1	735,1	126,5	1134,4	116,5	1400,6	127,7	902,8	135,9
<i>Sparisoma cretense</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0,5	0,5	102,5	19,5	21,7	6,9	2,8	2,4	26,2	11,4
<i>Dentex dentex</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	24,7	24,7
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Seriola dumerili</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sphyraena viridensis</i>	0	0	0	0	0	0	19,4	19,4	0	0

Taula 17. (cont.).

CONTROLS (ANDRATX)	2003 (N=54)		2010 (N=54)		2017 (N=54)		2019 (N=54)		2023 (N=18)	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
Biomassa total	1,53	0,18	1,69	0,28	2,89	0,26	3,13	0,37	2,03	0,30
Biomassa NT>3,5	0,35	0,08	0,19	0,07	0,25	0,07	0,23	0,07	0,37	0,13
<i>Epinephelus costae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,01
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,32	0,08	0,11	0,06	0,08	0,03	0,13	0,06	0,13	0,05
<i>Gymnothorax unicolor</i>	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0	0
<i>Labrus merula</i>	0	0	0,04	0,01	0,06	0,02	0,04	0,02	0	0
<i>Labrus viridis</i>	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,02	0,00	0,00	0	0
<i>Lithognathus mormyrus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Muraena helena</i>	0,01	0,01	0,01	0,00	0,05	0,03	0,02	0,02	0,12	0,12
<i>Mycteroperca rubra</i>	0	0	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0
<i>Sciaena umbra</i>	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,04	0,03	0,11	0,05
<i>Scorpaena notata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scorpaena porcus</i>	0	0	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0	0
<i>Scorpaena scrofa</i>	0	0	0,00	0,00	0,01	0,01	0	0	0	0
<i>Sparus aurata</i>	0	0	0,02	0,02	0	0	0	0	0	0
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,05	0,02	0,09	0,02	0,10	0,02	0,12	0,03	0,07	0,03
<i>Diplodus sargus</i>	0,46	0,07	0,94	0,25	1,26	0,19	1,04	0,19	0,37	0,09
<i>Diplodus vulgaris</i>	0,66	0,12	0,43	0,06	1,28	0,16	1,67	0,27	1,18	0,23
<i>Sparisoma cretense</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0,02	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,07	0,02	0,03	0,02
<i>Dentex dentex</i>	0	0	0	0	0	0	0,04	0,04	0	0
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Seriola dumerili</i>	0	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0	0
<i>Sphyraena viridensis</i>	0	0	0	0	0,03	0,02	0,64	0,40	0	0

3.4. La biomassa de les espècies amb nivell tròfic elevat (NT>3,5)

Efectes de la reserva parcial en els anys 2003, 2010, 2017, 2019 i 2023.

Aquest indicador ha evolucionat positivament a totes les zones de la reserva, tot i que la magnitud d'aquesta evolució ha estat diferent entre elles (Figura 9). Així, al Cap Blanc s'han assolit 0,6 kg/250 m² el 2023, representant un increment x1,3 respecte del 2003. El Torrent Fondo ha presentat, el 2023, 0,7 kg/250 m² (increment x2,5). Al sector de Santanyí, Es Pontàs, amb 0,9 kg/250 m², ha augmentat x3,5; i Sa Comuna, amb 0,4 kg/250 m², x2,9. Les zones control presentaren tendències oposades: mentre que Cala Egos també mostrà un increment clar (assolint 0,4 kg/250 m²; increment x3,4), Es Rajolí experimentà un descens (x0,4, passant de 0,6 a 0,2 kg/250 m²). Per a l'any 2023, la proporció de la B_{NT>3,5} respecte de la B_t s'ha trobat dins l'interval 23-37% dins la reserva marina; mentre que a les zones control ha variat entre el 13% i el 23%.

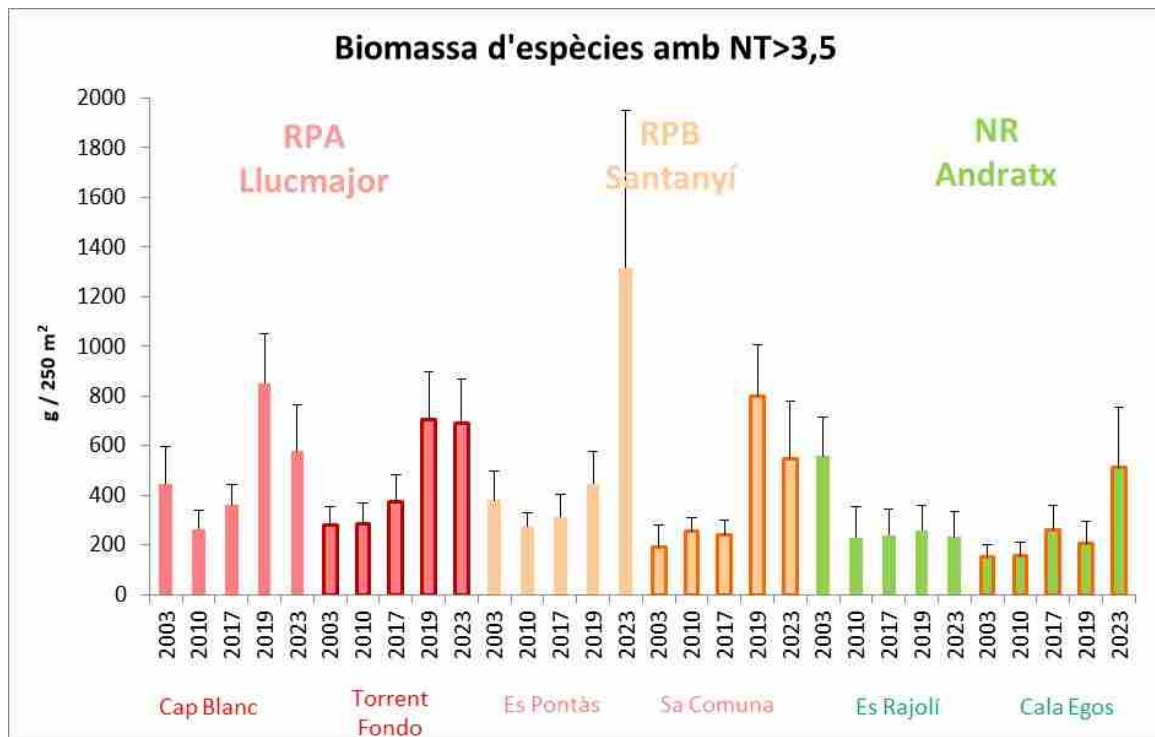


Figura 9. Evolució de la biomassa d'espècies vulnerables amb nivell tròfic elevat (mitjana ± EE) a les zones mostrejades entre 2003 i 2023.

L'anàlisi de la variància (Taula 18), una vegada realitzat el *pooling* de les zones, assenyalà diferències entre anys (essent la $B_{NT>3,5}$ de 2023 superior a la de la resta d'anys) i entre nivells de protecció (les dues zones de reserva parcial superiors als controls). Així mateix, existiren diferències per a la interacció entre ambdós factors, i per tant s'anàlisi si aquestes es produïren dins el primer i el darrer any de la sèrie (Taula 19 i 20). Aquest anàlisi a posteriori no indicà diferències en la $B_{NT>3,5}$ entre nivells de protecció a cap dels dos anys, de manera que les diferències assenyalades abans s'han donat dins el període 2010-2019.

Taula 18. Anàlisi de la variància per a la biomassa d'espècies amb nivell tròfic >3,5. SQ: suma de quadrats; GL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F: F test; p= nivell de significació. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

A)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	1569,255	1	1569,255	1555,720	0,000036
Temps	14,643	4	3,661	2,445	0,103379
Protecció	49,294	2	24,647	24,435	0,013910
Temps*Protecció	28,216	8	3,527	2,355	0,087674
Zona(Protecció)	3,026	3	1,009	0,672	0,580741
Temps*Zona(Protecció)	17,970	12	1,498	0,989	0,457842
Error	1017,726	672	1,514		
<i>POOLING</i>					
B)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	1569,255	1	1569,255	1036,509	0,000000
Temps	14,643	4	3,661	2,418	0,047366
Protecció	49,294	2	24,647	16,280	0,000000
Temps*Protecció	28,216	8	3,527	2,330	0,017973
Error	1040,105	687	1,514		

Taula 19. Anàlisi de la variància de la biomassa d'espècies amb nivell tròfic >3,5 entre els tres nivells de protecció per a l'any 2003. SQ: suma de quadrats; GL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F: F test; p= nivell de significació. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	336,1744	1	336,1744	197,7967	0,000000
Protecció	0,9148	2	0,4574	0,2691	0,764402
Error	270,2357	159	1,6996		

Taula 20. Anàlisi de la variància de la biomassa d'espècies amb nivell tròfic >3,5 entre els tres nivells de protecció per a l'any 2023. SQ: suma de quadrats; GL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F: F test; p= nivell de significació. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	221,1420	1	221,1420	144,8602	0,000000
Protecció	7,6791	2	3,8396	2,5151	0,090837
Error	77,8560	51	1,5266		

Efectes de la reserva integral en els anys 2010, 2017, 2019 i 2023

Amb l'excepció de l'any 2017, la reserva integral ha presentat els valors més alts de $B_{NT>3,5}$. A més, aquests valors s'han incrementat als quatre nivells de protecció (Figura 10). El 2023, la reserva integral ha assolit 1,3 kg/250 m² (increment x2 respecte de 2010); a la reserva parcial del sector de Lluçmajor (RPA) s'han enregistrat 0,6 kg/250 m² (augment x2,3); al sector de Santanyí (RPB), 0,9 kg/250 m² (x3,5); i als controls, 0,4 kg/250 m² (x2). Quant a la proporció d'aquest grup d'espècies respecte de la biomassa total, ha resultat major a la reserva integral i la RPB (36% i 32%, respectivament); a la RPA ha representat el 27%, i el 18% a les zones control.

Aquests resultat es veuen confirmats mitjançant l'anàlisi de la variància (Taula 21), que indica diferències per al factors Temps i Protecció (tot i que no per a la seva interacció). L'anàlisi *a posteriori* ha indicat que les diferències temporals (Taula 22) han estat degudes a majors valors durant 2023 (tot i que contrasta amb el que mostra la Figura 10). I, com s'esmentava anteriorment, les diferències entre nivells de protecció (Taula 23) es deuen a la major biomassa a la reserva integral respecte dels altres tres nivells; i també a que les dues reserves parcials presenten biomassa més elevada que les zones control.

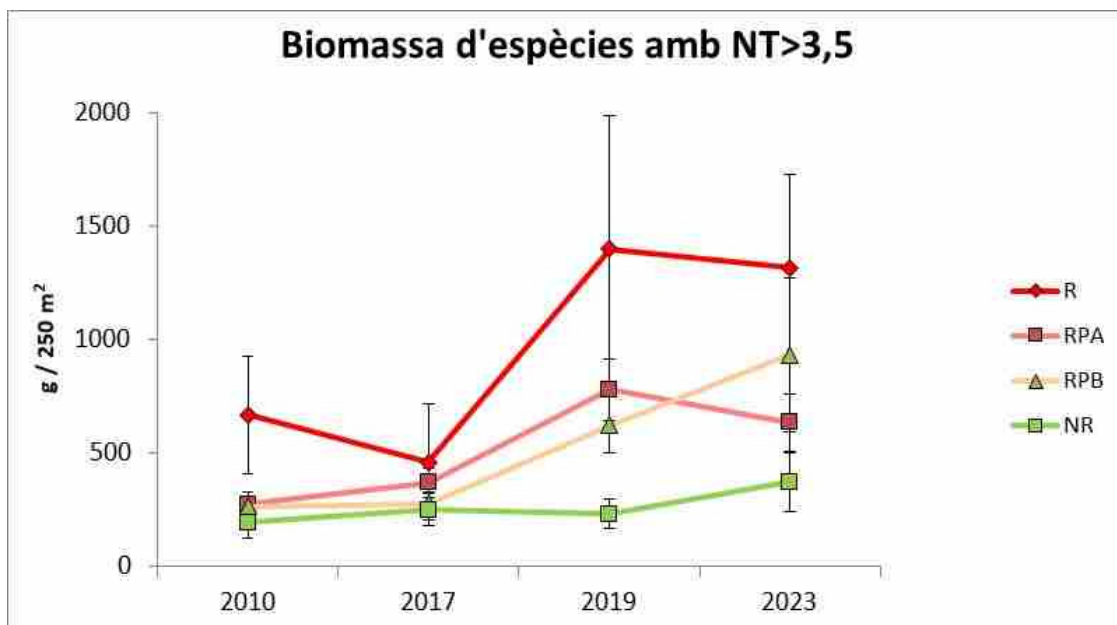


Figura 10. Evolució de la biomassa total d'espècies vulnerables amb nivell tròfic elevat (mitjana \pm EE) als nivells de protecció mostrejats entre 2010 i 2023.

Taula 21. Anàlisi de la variància per a la biomassa d'espècies amb nivell tròfic >3,5 entre 2010 i 2023 a la reserva integral, reserva parcial (RPA i RPB) i zones control d'Andratx. SQ: suma de quadrats; GL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F: F test; p= nivell de significació. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	1381,154	1	1381,154	988,3751	0,000000
Temps	15,517	3	5,172	5,3698	0,004324
Protecció	76,434	3	25,478	18,3417	0,006570
Temps*Protecció	14,489	9	1,610	1,9385	0,127897
Zona(Protecció)	5,548	4	1,387	1,5414	0,226597
Temps*Zona(Protecció)	9,611	12	0,801	0,5533	0,879310
Error	813,590	562	1,448		

Taula 22. Test *a posteriori* (test de Newman-Keuls) per a les diferències en la biomassa d'espècies amb nivell tròfic >3,5 entre els 4 anys. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

	2010	2017	2019	2023
2010		0,796541	0,892164	0,000729
2017	0,796541		0,918228	0,000656
2019	0,892164	0,918228		0,000842
2023	0,000729	0,000656	0,000842	

Taula 23. Test *a posteriori* (test de Newman-Keuls) per a les diferències en la biomassa d'espècies amb nivell tròfic >3,5 entre els 4 nivells de protecció. S'indiquen en vermell les diferències significatives.

	NR	RPA	RPB	R
NR		0,000023	0,000014	0,000008
RPA	0,000023		0,592257	0,025025
RPB	0,000014	0,592257		0,015187
R	0,000008	0,025025	0,015187	

3.5. Anàlisi de talles de les espècies més freqüents i abundants

3.5.1. El sard *Diplodus sargus*

Els intervals de talles observats han estat similars entre els quatre nivells de protecció, trobant-se, en conjunt entre 4 cm i 36 cm (Taula 24 i Figura 11). La talla mitjana del sard s'ha incrementat en el període analitzat a cadascun dels nivells de protecció. En general, s'observa un augment a partir de 2017, que respecte de les talles mitjanes obtingudes el 2010 és de 5,7 cm a la reserva integral, 2,2 cm a la RPA, 2 cm a la RPB i 1,2 cm als controls. Aquesta progressió continuà el 2019, i ha estat seguida per un descens el 2023 a tots els nivells de protecció. Les causes d'aquest descens són difícils d'esbrinar, donat que hom podria pensar que es deu a un episodi de major reclutament. No obstant, l'abundància de sards el 2023 és sensiblement menor que la de 2019, la qual cosa no concorda amb aquesta hipòtesi. A més, les talles modals del 2023 a dins la reserva es troben en l'interval 16-22 cm (Figura 12), que es corresponen amb edats aproximades d'entre 1,5 i 3,5 anys (Gordoa i Molí, 1997).

A la campanya de 2023, la reserva integral ha presentat la major talla mitjana ($19,2 \pm 4,9$ cm), i la major proporció d'individus madurs (39%). La importància de la fracció de sards madurs als altres tres nivells de protecció ha estat menor (29% a la RPA, 23% a la RPB i 26% als controls).

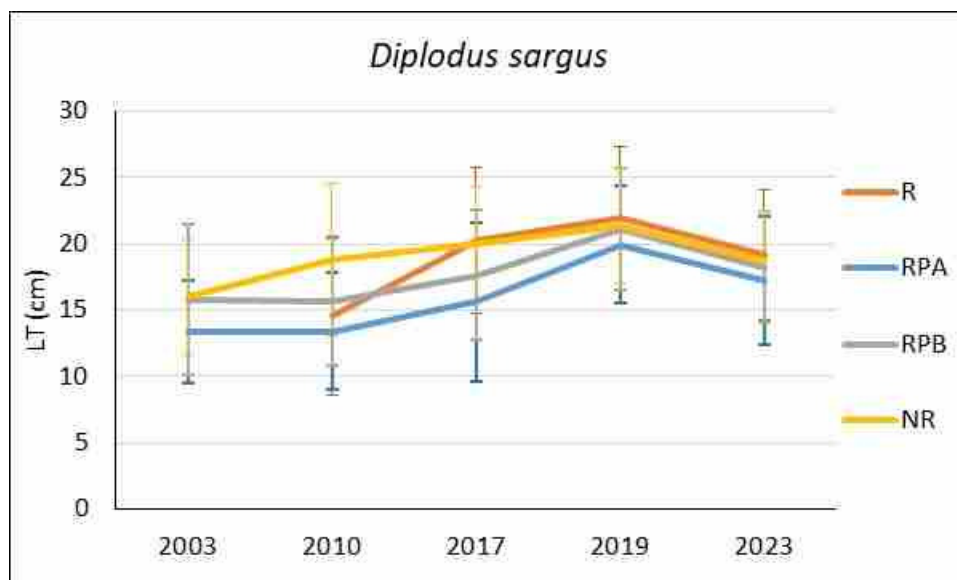


Figura 11. Evolució de la talla mitjana (\pm desviació estàndard) de *Diplodus sargus* als quatre nivells de protecció estudiats en el període 2003-2023.

Taula 24. Estadística descriptiva de la talla (cm) del sard *Diplodus sargus* als quatre nivells de protecció estudiats en el període 2003-2023. N: nombre d'individus. DE: desviació estàndard.

	N	Mitjana	DE	Mínima	Màxima
R					
2010	263	14,6	5,9	6	28
2017	125	20,3	5,5	6	36
2019	88	22,0	5,4	4	30
2023	87	19,2	4,9	6	26
RPA					
2003	669	13,4	3,9	6	28
2010	427	13,4	4,4	6	28
2017	316	15,6	6,0	3	30
2019	329	20,0	4,4	4	30
2023	83	17,2	4,9	8	26
RPB					
2003	538	15,8	5,7	6	34
2010	716	15,6	4,8	5	31
2017	613	17,6	4,9	6	30
2019	509	21,1	4,6	3	33
2023	147	18,3	4,2	10	30
NR					
2003	294	16,0	4,4	4	26
2010	345	18,8	5,7	6	30
2017	435	20,0	4,3	8	32
2019	295	21,4	4,4	10	32
2023	54	18,7	3,8	8	26

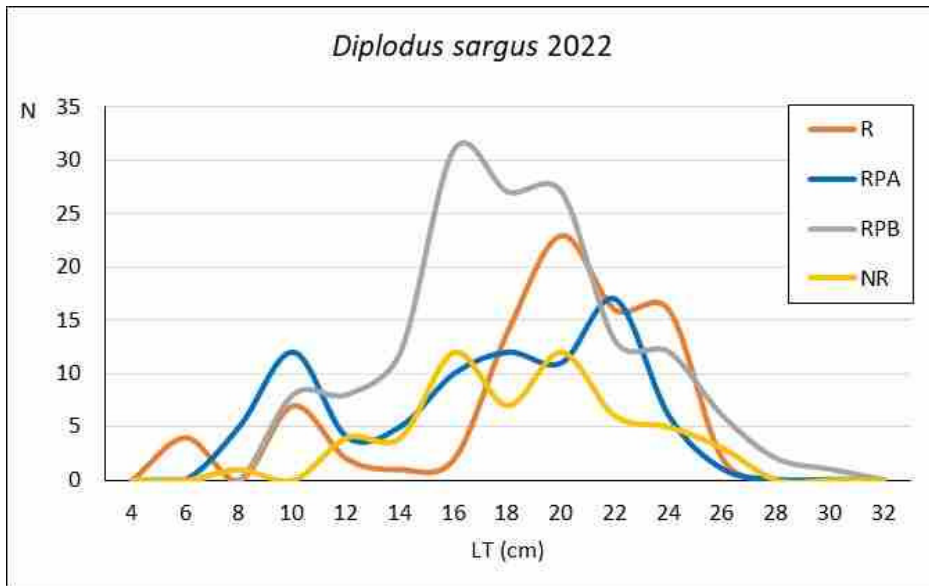


Figura 12. Distribució de talles (LT; intervals de 2 cm) de *Diplodus sargus* als quatre nivells de protecció mostrejats el 2023. N: nombre d'individus.

3.5.2. La variada *Diplodus vulgaris*

La talla mitjana ha augmentat als quatre nivells de protecció (4,3 cm a la reserva integral, 4,1 a la RPA, 3,5 a la RPB i 3,1 als controls; Figura 13 i Taula 25). Amb tot, la talla mitjana ha resultat similar entre ells, amb l'excepció de la RPB (interval: 17,2-17,6 cm a la reserva integral, RPA i controls; i 15,8 cm a la RPB). Com en el cas del sard, també existeix un increment generalitzat en la talla mitjana a partir de 2017. Però, per a la variada, i amb l'excepció de la RPB, el 2023 la talla mitjana no ha minvat respecte de la campanya anterior.

La distribució de talles del 2023 (Figura 14) mostra modes situades als 18-20 cm a la reserva integral, la RPA (sector de Lluçmajor) i els controls; mentre que a la RPB (sector de Santanyí) la moda és de 14-16 cm. Això es tradueix en una menor proporció de sards madurs a la RPB (42%) en comparació amb les altres zones (67% a la reserva integral; 59% a la RPA, i 56% als controls).

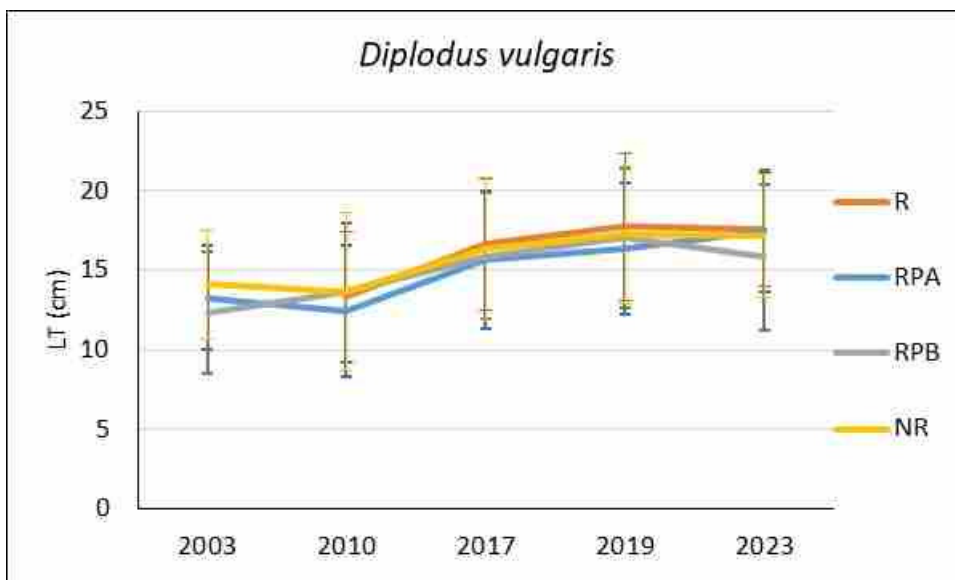


Figura 13. Evolució de la talla mitjana (\pm desviació estàndard) de *Diplodus vulgaris* als quatre nivells de protecció estudiats en el període 2003-2023.

Taula 25. Estadística descriptiva de la talla (cm) de la variada *Diplodus vulgaris* als quatre nivells de protecció estudiats en el període 2003-2023. N: nombre d'individus. DE: desviació estàndard.

	N	Mitjana	DE	Mínima	Màxima
R					
2010	466	13,3	4,0	4	22
2017	274	16,6	4,1	4	27
2019	267	17,8	4,6	4	28
2023	170	17,6	3,6	6	24
RPA					
2003	658	13,3	3,3	4	26
2010	436	12,4	4,1	4	24
2017	683	15,7	4,4	4	28
2019	902	16,4	4,1	4	27
2023	216	17,4	3,8	6	24
RPB					
2003	528	12,3	3,8	4	26
2010	805	13,6	4,4	4	24
2017	846	15,9	4,0	4	27
2019	843	17,0	4,4	4	27
2023	218	15,8	4,5	4	24
NR					
2003	705	14,1	3,4	4	26
2010	440	13,7	5,0	5	28
2017	853	16,4	4,5	4	28
2019	979	17,2	4,3	4	28
2023	239	17,2	3,9	8	24

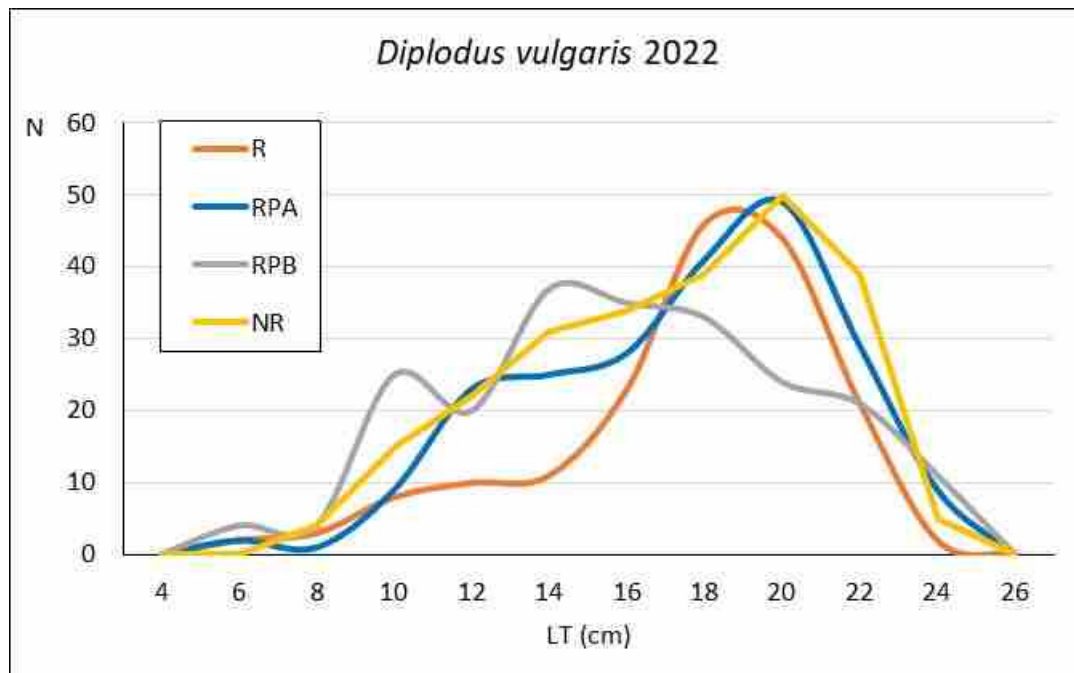


Figura 14. Distribució de talles (LT; intervals de 2 cm) de *Diplodus vulgaris* als quatre nivells de protecció mostrejats el 2023. N: nombre d'individus.

3.5.3. L'anfós *Epinephelus marginatus*

La talla mitjana de l'anfós ha crescut als quatre nivells de protecció, tot i que aquest increment és discret (interval: 2-5,2 cm). Els trets més destacables d'aquesta evolució són, d'una banda, la minva de la talla mitjana el 2017 a dins la RMMM (i que no es produeix als controls); i de l'altra, els màxims assolits el 2019 (Figura 15 i Taula 26). La menor talla mitjana del 2017 coincideix amb les màximes abundàncies d'anfós enregistrades als dos sectors de la reserva parcial, que a més presenten una talla mitjana pràcticament idèntica ($16,5 \pm 7,6$ cm a la RPA, i $16,6 \pm 6,8$ cm a la RPB). Aquest fenomen és conseqüència d'un pic de reclutament, que no es va observar a les zones control situades a la costa d'Andratx (la fracció d'anfossos joves, d'edat inferior a 1 any, va suposar el 70% de la població dins la reserva i només el 12% als controls; Coll *et al.* 2017).

La freqüència d'aparició d'anfossos madurs ha estat baixa a totes les campanyes. De fet, dins cada nivell de protecció són majoria les campanyes en què no se n'ha censat cap (Taula 26). La distribució de talles de la campanya de 2023 (Figura 16) mostra una talla modal de 20 cm a dins la RMMM, i de 30 cm als controls (tot i que amb una abundància notablement inferior). La proporció d'individus madurs, per tant, esdevé molt baixa: 11% a la reserva integral i 13% a la RPB (sector de Santanyi); i cap exemplar madur a la RPA i als controls.

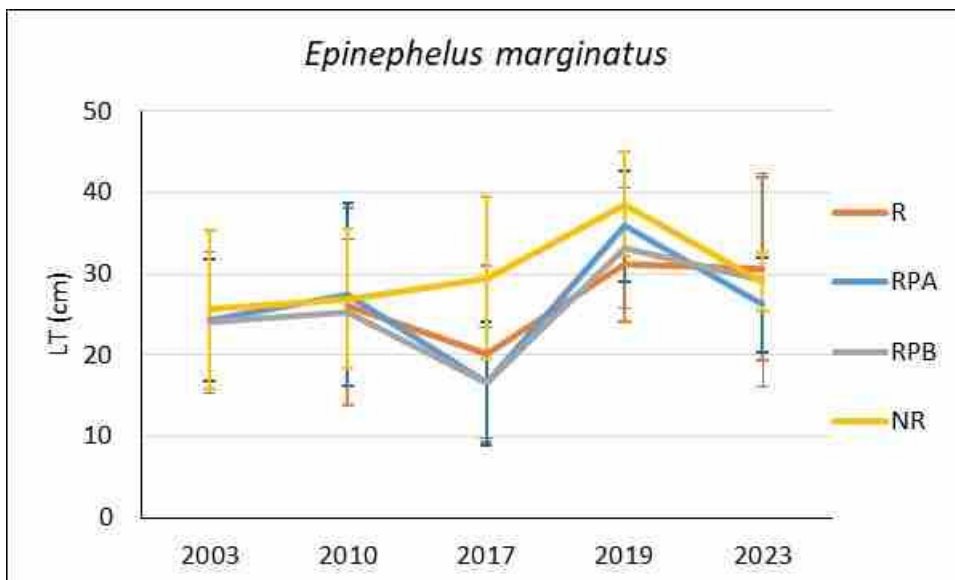


Figura 15. Evolució de la talla mitjana (\pm desviació estàndard) de *Diplodus vulgaris* als quatre nivells de protecció estudiats en el període 2003-2023.

Taula 26. Estadística descriptiva de la talla (cm) de l'anfós *Epinephelus marginatus* als quatre nivells de protecció estudiats en el període 2003-2023. N: nombre d'individus. DE: desviació estàndard.

	N	Mitjana	DE	Mínima	Màxima
R					
2010	8	26,0	12,2	8	40
2017	13	20,2	10,8	10	50
2019	18	31,1	7,1	20	44
2023	18	30,6	11,3	16	54
RPA					
2003	28	24,2	7,5	12	46
2010	11	27,5	11,3	8	40
2017	90	16,5	7,6	8	46
2019	31	35,9	6,8	24	54
2023	19	26,2	5,8	18	40
RPB					
2003	43	24,0	8,6	10	46
2010	21	25,2	9,1	10	40
2017	74	16,6	6,8	10	50
2019	33	33,2	7,4	16	46
2023	15	29,2	13,2	12	62
NR					
2003	43	25,6	9,8	16	56
2010	15	26,9	8,6	16	46
2017	8	29,5	9,9	12	42
2019	7	38,6	6,5	26	47
2023	6	29,0	3,5	24	34

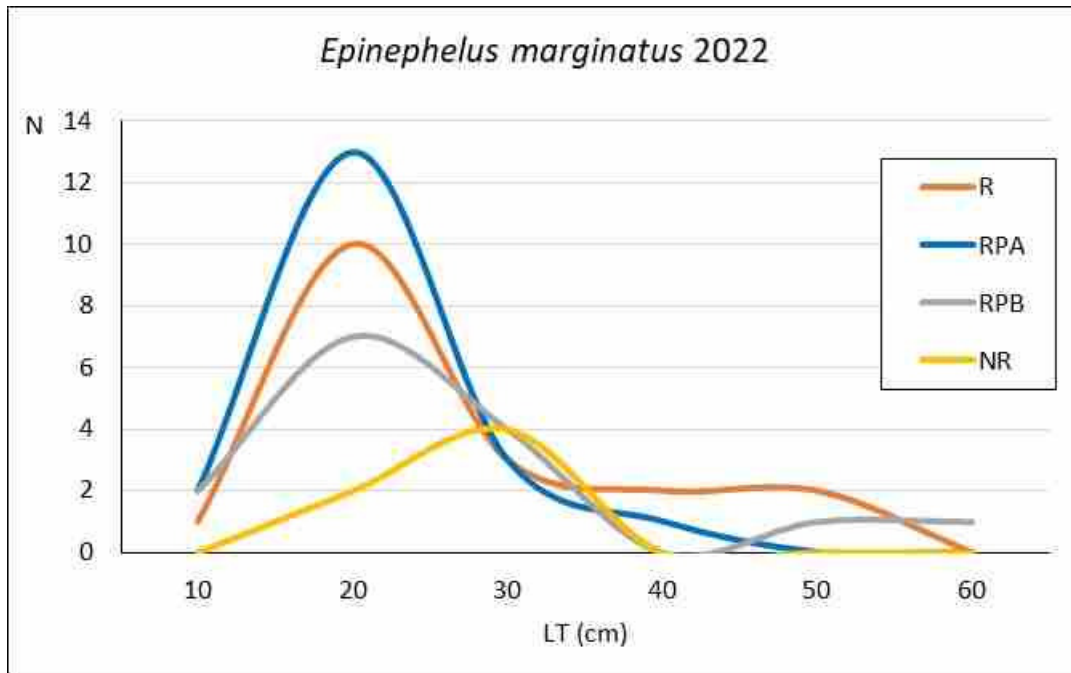


Figura 16. Distribució de talles (LT; intervals de 2 cm) de *Diplodus sargus* als quatre nivells de protecció mostrejats el 2023. N: nombre d'individus.

3.5.4. L'escorball *Sciaena umbra*

El nombre d'escorballs censats ha resultat, en general, bastant baix, i en la majoria de combinacions nivell de protecció-campanya de mostratge no s'ha arribat als 10 individus (Taula 27), per la qual cosa es fa difícil extreure conclusions en comparar-ne les talles. Per al període 2003-2023, es dona un increment de la talla mitjana a la RPA (1,9 cm) i als controls (5,4 cm), mentre que a la RPB minva 4,3 cm (Figura 17). A la reserva integral, en el període 2010-2023 s'incrementa 1,1 cm. Tot i que al 2023 són els controls els que presenten una major talla mitjana (27,4 cm), les talles mitjanes més elevades al llarg de la sèrie s'han donat a dins la reserva, i no necessàriament associades a les talles màximes enregistrades.

Quant a la proporció d'exemplars madurs (LT>30 cm; Grau *et al.* 2009), ha resultat superior als controls (29%) respecte de la reserva parcial (14% tant a RPA com a RPB) i de la integral (0%). No obstant això, als dos sectors de reserva parcial i als controls s'han censat més escorballs de talles petites que a dins la reserva integral, on no s'han observat individus de menys de 24 cm (Figura 18).

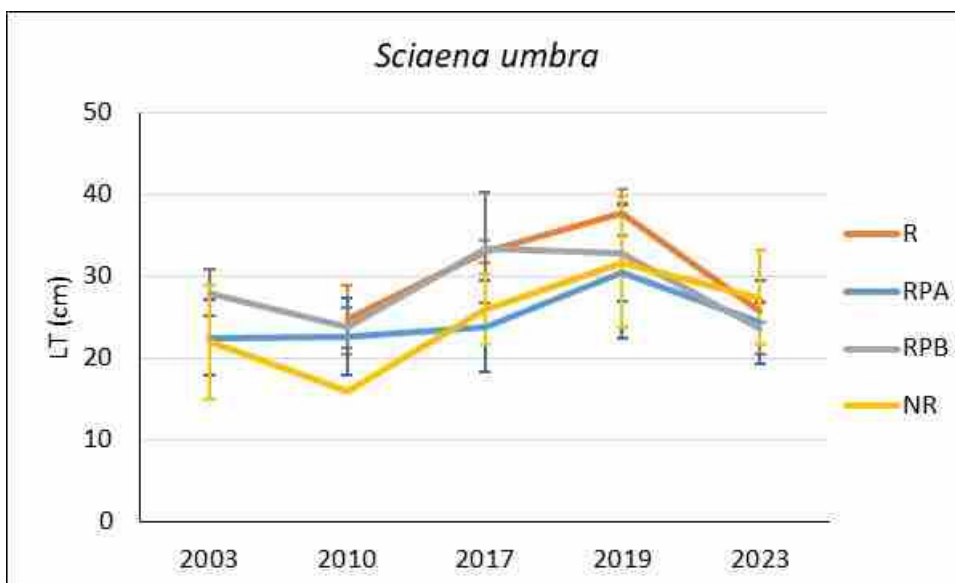


Figura 17. Evolució de la talla mitjana (\pm desviació estàndard) de *Sciaena umbra* als quatre nivells de protecció estudiats en el període 2003-2023.

Taula 27. Estadística descriptiva de la talla (cm) de l'escorball *Sciaena umbra* als quatre nivells de protecció estudiats en el període 2003-2023. N: nombre d'individus. DE: desviació estàndard.

	N	Mitjana	DE	Mínima	Màxima
R					
2010	19	24,7	4,2	14	32
2017	2	33,0	1,4	32	34
2019	5	37,8	2,9	34	41
2023	8	25,8	1,3	24	28
RPA					
2003	41	22,5	4,6	16	32
2010	18	22,6	4,8	12	34
2017	21	23,9	5,5	16	34
2019	27	30,6	8,1	20	44
2023	7	24,4	5,2	20	35
RPB					
2003	2	28,0	2,8	26	30
2010	11	23,7	2,4	18	26
2017	4	33,5	6,8	28	42
2019	9	32,9	5,9	23	38
2023	7	23,7	3,1	20	30
NR					
2003	6	22,0	6,9	16	34
2010	2	16,0	0,0	16	16
2017	4	26,0	4,3	22	32
2019	4	31,8	7,9	25	42
2023	7	27,4	5,9	22	36

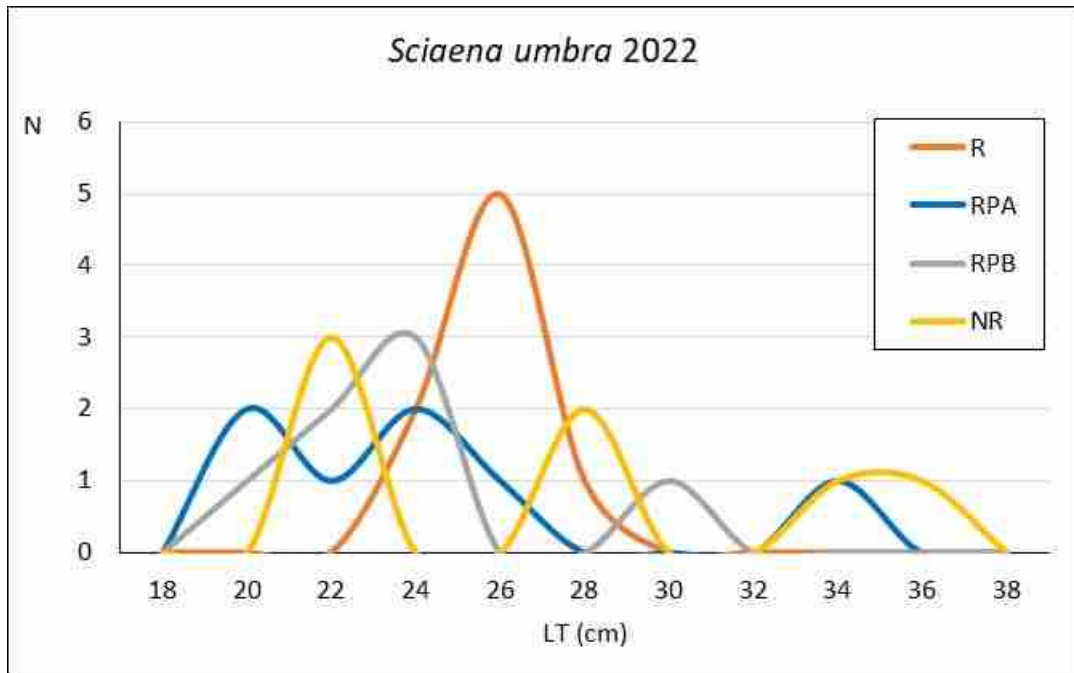


Figura 18. Distribució de talles (LT; intervals de 2 cm) de *Sciaena umbra* als quatre nivells de protecció mostrejats el 2023. N: nombre d'individus.

4. DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS

La Reserva Marina del Migjorn de Mallorca va ser creada el maig de 2002, i la primera campanya de seguiment del conjunt de peixos vulnerables a la pesca sobre substrat rocós es va dur a terme el 2003. Posteriorment, l'abril de 2005 es va establir l'àrea de protecció especial (o reserva integral). Entre el 27 de juny i el 4 de juliol de 2023 s'ha realitzat la cinquena campanya, que abasta una sèrie temporal de 21 anys per a la reserva parcial (2003-2023), i de 14 anys d'estudi per a la reserva integral (2010-2023; quatre campanyes). A més d'aquestes campanyes, el 2021 se'n dugué a terme una altra que, amb uns objectius diferents del seguiment tradicional que aquí s'exposa, es va centrar en la reserva integral. Els resultats de la campanya de 2021 no formen part de la sèrie històrica analitzada en aquest informe, però serveixen per discutir alguns dels resultats obtinguts en el marc de la campanya de 2023.

De manera general, els resultats obtinguts el 2023 són coincidents amb els corresponents a les campanyes anteriors, no observant-se un efecte significatiu de la protecció. Com s'esmentava als dos informes anteriors (Coll *et al.* 2017; Morey *et al.* 2019), "tot i que un bon nombre dels indicadors analitzats mostren increments, o bé les diferències temporals no han estat prou importants o bé aquests increments s'han produït de forma generalitzada (és a dir, també a les zones control obertes a la pesca), impedit associar-los a la protecció". Aquesta situació es repeteix el 2023. Però, a més, es dóna un fet que cal destacar i que és la minva de la majoria d'indicadors respecte dels valors obtinguts a la campanya anterior, la del 2019. Així, a totes les zones d'estudi s'ha observat un descens de la densitat de peixos vulnerables i de la seva biomassa. Les úniques excepcions d'aquesta tendència s'observen per a la biomassa d'espècies de nivell tròfic alt a dues zones: Es Pontàs (reserva parcial al sector de Santanyi) i a Cala Egos (zona control al litoral d'Andratx). La riquesa d'espècies, en canvi, s'ha mostrat més estable, amb lleugeres variacions (positives dins la reserva i negatives als controls) respecte de la darrera campanya, i resultant el 2023 en un gradient significatiu Reserva Integral>Reserva Parcial>No Reserva.

La campanya realitzada el 2021, tot i tenir un abast espacial menor (es varen mostrejar 4 llocs només dins la reserva integral, i es varen comparar amb els mateixos controls de sempre), permet completar la visió de com s'han anat produint les variacions dels distints indicadors, de manera que es redueix el lapse entre les campanyes de 2019 i 2023. Si consideram l'evolució observada per la reserva integral el 2021 com a representativa de tota la RMMM, veim que la majoria d'indicadors mostraren una evolució positiva o, si més no, es varen mantenir estables respecte del 2019. Així, la riquesa d'espècies va ser la major dins tot el període d'estudi, i la densitat i la B_t presentaren valors molt similars als de 2019. Aquesta consideració és important perquè el 2021 no és un any identificat com a d'onada de calor marina, com sí ho són 2022 i 2023 (Marullo *et al.* 2023; Boudouresque *et al.* 2024; Fernández-Álvarez *et al.* 2025).

Esmentam això perquè, com s'ha posat de manifest a través del seguiment d'altres reserves marines de Balears, els anys 2022 i 2023, coincidint amb aquestes onades de calor s'ha donat un descens de la majoria dels indicadors tant dins com fora de les àrees marines protegides mostrejades aquest bienni. Si ens fixam en la biomassa total, que es considera l'indicador més important d'entre els analitzats, a les reserves marines de la Badia de Palma, de l'Illa del Toro i les Illes Malgrats, i del Llevant de Mallorca-Cala Rajada, es produí un descens el 2022 respecte de les campanyes anteriors (Arpa *et al.* 2022a; Morey *et al.* 2022a; Morey *et al.* 2022b). L'escalfament de l'aigua també afectà a la Reserva Marina de sa Dragonera (Coll *et al.* 2022a). I, per al 2023, també s'ha enregistrat un descens de la B_t a l'estrat superficial de la Reserva Marina del Nord de Menorca (Morey *et al.* 2023). L'elevada temperatura de l'aigua durant la darrera campanya d'estudi de la RMMM es fa evident mitjançant els registres obtinguts per la l'estació de la xarxa T-MEDNet (<https://t-mednet.org/>) existent a l'illot de Na Foradada (Parc Nacional Marítim-Terrestre de l'Arxipèlag de Cabrera), localitzada a no més de 25 km dels llocs de mostreig de la RMMM. El sensor situat a 10 m de profunditat (coincident amb l'estrat de mostreig d'aquest estudi) a aquesta estació va registrar una anomalia tèrmica que abastà el final de juny i tot el mes de juliol de 2023. Així, la mitjana per al mes de juliol de 2023 va ser de 27,2 °C, que resultà entre 1,5 °C i 1,7 °C més elevada que les dels mesos de juliol de 2010, 2017 i 2019 (les tres campanyes anteriors). Amb caràcter més general es poden ressenyar els registres de 31,4°C i 31,2°C a la boia de Dragonera (Red de Puertos del Estado) durant els estius de 2022 i 2023, respectivament. I també que "les anomalies tèrmiques més grans de 2023 es varen registrar a l'estiu amb valors de +2-2,2 °C (sempre respecte a la climatologia de 1982-2015), i es varen observar a l'est de Cabrera, al canal de Mallorca i al sud de Formentera" (Barrientos *et al.* 2024).

Malgrat aquestes consideracions sobre els efectes de la temperatura de l'aigua en els resultats obtinguts, cal destacar que els valors de biomassa total d'espècies vulnerables són prou discrets a tota la sèrie de campanyes d'estudi. Tenint en compte el valor de 4-5 kg/250 m² de biomassa total com a lllindar que, de manera genèrica, permet diferenciar zones que compten amb algun tipus de protecció de les que no estan sotmeses a regulacions especials en els fons rocosos litorals a l'estrat superficial a les Illes Balears (Coll, 2022), a la RMMM només s'ha assolit aquest valor a la reserva integral el 2019. Considerant que els resultats del seguiment de la RMMM mitjançant censos visuals s'han de circumscriure a aquesta franja d'entre 5 i 15 m de profunditat, es posen de manifest les limitacions d'aquesta reserva per assolir alguns dels objectius de les àrees marines protegides, essent-ne la principal causa l'escassetat d'hàbitat rocós i, de manera important, les seves característiques. La gran majoria dels fons rocosos de la RMMM es troben restringits a la franja costanera, a molt poca profunditat, amb poc pendent, i delimitats pels dos hàbitats majoritaris a la reserva: els fons detrítics (arena) i els herbeis de posidònia. Així, aquests fons rocosos de la RMMM esdevenen, principalment, àrees de reclutament i de creixement per a les espècies que, a altres reserves marines de les Illes Balears, han esdevingut bones indicadores d'una evolució

positiva com a efecte de la protecció. Els dos exemples més clars en són l'anfós i l'escorball, que a dins la RMMM presenten una proporció molt baixa d'individus madurs. A més de les migracions ontogèniques reconegudes per a aquestes dues espècies (Reñones *et al.* 2012; Brazo *et al.* 2021), amb desplaçament en fondària a mida que creixen, cal tenir en compte l'efecte deleteri que la pesca submarina pugui tenir sobre la seva abundància i la distribució de talles, limitant la recuperació de les seves poblacions tant pel que fa a la seva abundància com a l'estructura poblacional (i per tant en el seu potencial reproductiu a través de la proporció de sexes o la fecunditat).

Com apuntàvem a l'informe anterior (Morey *et al.* 2019), la distribució de la biomassa entre les espècies objecte d'estudi també és un bon indicador de l'estat i l'evolució de la comunitat íctica. Un efecte, ja descrit, de la protecció sobre la comunitat de peixos dins àrees protegides és l'increment en la importància dels depredadors (Guidetti i Sala, 2007; Sala *et al.*, 2012; Garcia-Rubies *et al.*, 2013), especialment de les espècies sedentàries. Aquest procés ha estat ben descrit a les reserves marines de les Illes Balears (e.g. a l'Illa del Toro -Morey *et al.*, 2018- o a la dels Freus d'Eivissa i Formentera -Arpa *et al.* 2022b-), on des de la seva declaració hi ha hagut una recuperació molt clara d'espècies longeves i de nivell tròfic alt (NT>3,5 segons Froese i Pauly, 2019), principalment representades per l'anfós *Epinephelus marginatus* i l'escorball *Sciaena umbra*. A la RMMM també s'hi ha observat aquest procés, però amb una magnitud molt menor. De la mateixa manera que a les zones no protegides, el sard *Diplodus sargus* i la variada *Diplodus vulgaris* segueixen representant la majoria de la biomassa de les espècies vulnerables (63% a la RI, 68% a la RPA, 65% a la RPB i 77% als controls; Figura 19). Entre 2019 i 2023, l'anfós ha incrementat la seva importància, assolint el 27% a la reserva integral, el 15% a la RPA i el 20% a la RPB, mentre que als controls només en representa el 7%. L'escorball, en canvi, ha minvat la seva contribució (4% a la reserva integral, 3% a la RPA, 2% a la RPB i 6% als controls). Novament, emperò, hem de tenir en compte la influència de l'hàbitat i d'altres factors locals, que condicionen l'estructura de la comunitat íctica. En són exemples algunes reserves marines de les Illes Balears, on els dos principals espèrids (*D. sargus* i *D. vulgaris*) segueixen constituïnt més del 50% de la biomassa.

Com a conclusió, l'evolució dels indicadors és positiva, amb un increment dels seus valors des de l'establiment de la reserva. No obstant, el 2023 se'n produeix una minva respecte dels obtinguts el 2019. Aquest fenomen s'ha observat arreu de les Balears el 2022 i el 2023, coincidint amb onades de calor a la mar que ja han estat documentades fefaentment no només a la Mar Balear sinó arreu del Mediterrani. Amb tot, però, els indicadors analitzats presenten uns valors discrets, associats a les limitacions que, en termes de qualitat d'hàbitat, ofereix la RMMM.

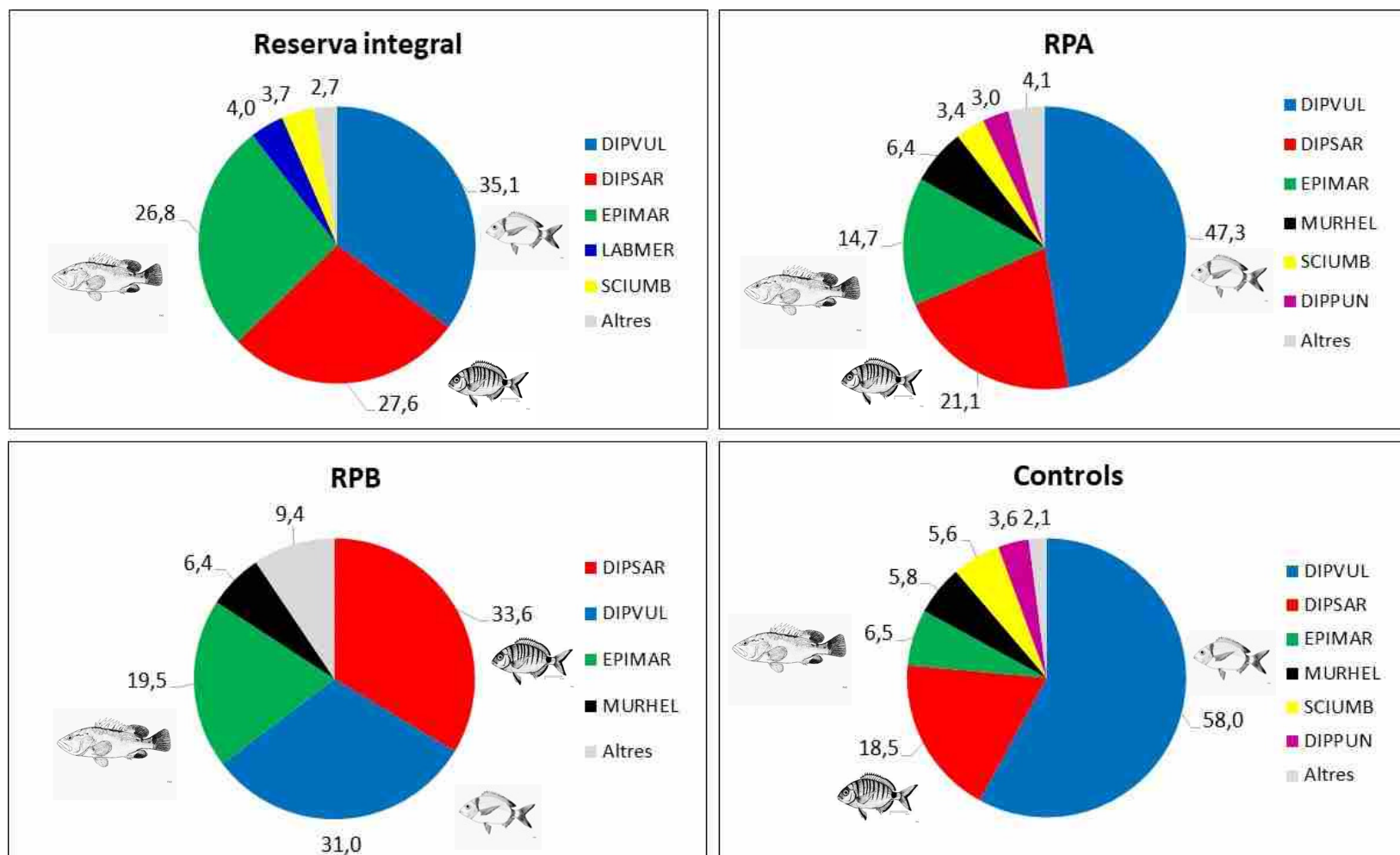


Figura 19. Contribució relativa a la biomassa total (%) de les espècies observades durant la campanya de 2023 als distints nivells de protecció. Dins la categoria "Altres" s'hi inclouen les espècies la contribució de les quals no assolí, individualment, el 3%.

5. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- ARPA M., G. MOREY, J. COLL i O. NAVARRO. 2022a. La Reserva Marina de la Badia de Palma. Seguiment de les espècies íctiques vulnerables sobre substrat rocós. Desembre de 2022. Informe Tècnic de la Direcció General de Pesca i Medi Marí/Govern de les Illes Balears-Tragsatec, 71 pàgines.
- ARPA M., G. MOREY, J. COLL i O. NAVARRO. 2022b. La Reserva Marina dels Freus d'Eivissa i Formentera. Seguiment de les espècies íctiques d'interès pesquer sobre substrat rocós. Informe Tècnic de la Direcció General de Pesca i Medi Marí/Govern de les Illes Balears-Tragsatec. 77 pàgines.
- BARRIENTOS, N., R. VAQUER-SUNYER, M. JUZA, M. VARGAS-YÁÑEZ, D. GOMIS, A. PASCUAL, B. BARCELÓ-LLULL, R. BALBÍN, G. JORDÀ I M. MARCOS. 2024. Temperatura de la Mar Balear. A: VAQUER-SUNYER, M., BARRIENTOS, N. i GOURAGUINE, A. (eds.). Informe Mar Balear 2024 https://www.informemarbalear.org/cat/canvi-global/imb-temperatura-aigua-cat_2024.pdf. <http://doi.org/10.62135/IAJB7896>.
- BELL, J.D. 1983. Effects of depth and marine reserve fishing restrictions on the structure of a rocky reef fish assemblage in the north-western Mediterranean Sea. *Journal of Applied Ecology* 20: 357-369.
- 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.
- BOUDOURESQUE, C.-F., P. ASTRUCH, S. ANDRE, B. BELLONI, A. BLANFUNE, E. CHARBONNEL, A. CHEMINEE, J.-M. COTTALORDA, R. DUPUY DE LA GRANDRIVE, M. MARENGO, et al. 2024. The Heatwave of summer 2022 in the North-Western Mediterranean Sea: Some species were winners. *Water* 2024, 16, 219. <https://doi.org/10.3390/w16020219>.
- BRAZO, A., R. MARQUES, M. ZIMMERMANN, E. ASPILLAGA, B. HEREU, G. SARAGONI, A. MERCIÈRE, R. CREC'HRIOU, M. MERCADER, M. VERDOIT-JARRAYA, F. CADÈNE i P. LENFANT. 2021. Seasonal influence on the bathymetric distribution of an endangered fish within a marine protected area. *Scientific Reports* 11(1): 13342.
- COLL, J. 2022. The performance of partially protected zones. Examples from the Balearic Islands. Congrés sobre Àrees Marines Protegides del Mediterrani Occidental/Western Mediterranean MPA Conference. Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació del Govern de les Illes Balears. Pàg: 28-3. Palma 27-29 d'octubre de 2022.

- 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 els peixos de fons rocosos. Informe Tècnic de la Direcció General de Pesca/Govern de les Illes Balears-Tragsatec. 54 pàgines.
- 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/ Govern de les Illes Balears-Tragsa i CEAB/CSIC. 45 pàgines.
- COLL, J., G. MOREY i O. NAVARRO. 2017. Avaluació dels efectes de la protecció a la Reserva Marina del Migjorn de Mallorca sobre els peixos costaners de roca i sobre la captura associada a la pesquera de sípia (*Sepia officinalis*, Linnaeus, 1758). Informe tècnic per a la Direcció General de Pesca i Medi Marí/Govern de les Illes Balears. Tragsatec. 63 pàgines.
- COLL, J., G. MOREY i O. NAVARRO. 2022. La Reserva Marina de Sa Dragonera. Seguimiento de los peces de fondos rocosos vulnerables a la pesca. Direcció General de Pesca i Medi Marí/Govern de les Illes Balears - Tragsatec. 73 pàgines.
- FERNÁNDEZ-ÁLVAREZ, B., B. BARCELÓ-LLULL i A. PASCUAL. 2025. Tracking marine heatwaves in the Balearic Sea: Temperature trends and the role of detection methods. *EGUsphere* [preprint], <https://doi.org/10.5194/egusphere-2024-4065>.
- FRANCOUR, P. 1991. Ichtyofaune de la reserve naturelle de Scandola (Corse Méditerranée nord-occidentale). Influence spatiale et temporelle de l'effect de réserve. *Trav. Sci. Parc Nat. Reg. Nat. Corse Fr.* 31: 1-33.
- FROESE, R. i D. PAULY. Editors. 2022. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, versió (12/2022).
- GARCIA-RUBIES, A i J. COLL. 2002. Estudi de les comunitats de peixos a la Reserva de Migjorn. Informe tècnic. CEAB. 50 pàgines.
- GARCIA-RUBIES, A. i M. ZABALA. 1990. Effects of total fishing prohibition on the rocky fish assemblages of Medes Islands marine reserve (NW Mediterranean). *Scientia Marina* 54: 317-328.
- GARCIA-RUBIES, A., B. HEREU i M. ZABALA. 2013. Long-term recovery patterns and limited spillover of large predatory fish in a Mediterranean MPA. *PLoS ONE* 8(9): e73922. doi: 10.1371/journal.pone.0073922

- GORDOA, A. i 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 (1-3): 123-129.
- GRAU, A., M. LINDE i A.M. GRAU. 2009. Reproductive biology of the vulnerable species *Sciaena umbra* Linnaeus, 1758 (Pisces: Sciaenidae). *Scientia Marina* 73(1): 67-81. doi: 10.3989/scimar.2009.73n1067
- GREENE, L.E. i W.S. ALEVIZON. 1989. Comparative accuracies of visual assesment methods for coral reef fishes. *Bulletin of Marine Sciences* 44: 899-912.
- GUIDETTI, P. i E. SALA. 2007. Community-wide effects of marine reserves in the Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series* 335 : 43-56.
- HARME LIN, J-G. 1987. Structure et variabilité de l'ichtyofaune d'une zone rochouse protegée en Méditerranée (Parc national de port Cros, France). *P.S.Z.N.I: Marine Ecology* 8: 263-284.
- HARME LIN-VIVIEN, M.L., J.G. HARME LIN, C. CHAUVET, C. DUVAL, R. GALZIN, P. LEJEUNE, G. BARNABE, F. BLANC, R. CHEVALIER, J. DUCLERC i G. LASSERRE. 1985. Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons. Méthodes et problèmes. *Rev. Ecol (Terre Vie)* 40: 467-539.
- LUKHURST, B.E. i K. LUKHURST. 1978. Analysis of the influence of substrate variables on coral reef fish communities. *Marine Biology*, 49: 317-323.
- MARULLO, S., F. SERVA, R. IACONO, E. NAPOLITANO, A. DI SARRA, D. MELONI, F. MONTELEONE, D. SFERLAZZO, L. DE SILVESTRI, V. DE TOMA, V. et al. 2023. Record-breaking persistence of the 2022/23 marine heatwave in the Mediterranean Sea. *Environmental Research Letters* 18, 114041.
- 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., J. COLL, O. NAVARRO i F. VERGER. 2018. 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. 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.

- MOREY, G., J. COLL i O. NAVARRO. 2022a. Les reserves marines de l'illa del Toro i les illes Malgrats. Seguiment de les espècies íctiques vulnerables sobre substrat rocós en el període 2005-2022. Direcció General de Pesca i Medi Marí/Govern de les Illes Balears – Tragsatec. 92 pàgines.
- MOREY, G., J. COLL, M. ARPA i O. NAVARRO. 2022b. La Reserva Marina del Llevant de Mallorca. Seguimiento de las especies ícticas vulnerables sobre substrato rocoso. Noviembre de 2020. Direcció General de Pesca i Medi Marí/Govern de les Illes Balears – Tragsatec. 98 pàgines.
- MOREY, G., J. PALMER, O. NAVARRO i M. ARPA. 2023. La Reserva Marina del Nord de Menorca. Seguimiento de las poblaciones de peces de sustrato rocoso en el periodo 2000-2023. Direcció General de Pesca/Govern de les Illes Balears – Tragsatec. 54 pàgines.
- REÑONES, O., D. ÁLVAREZ. J. COLL, G. MOREY, O. NAVARRO, L. RUEDA, A. GRAU, B. STOBART, D. DÍAZ, A. BOX, S. DEUDERO, A. M. GRAU i R. GOÑI. 2012. Identificación del patrón de movimientos y factores ambientales que determinan la distribución espacial del mero *Epinephelus marginatus* en el Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera: Aplicaciones para su conservación. Proyectos de Investigación en Parques Nacionales, 2008-2011. Pág: 407-430. Organismo Autónomo de Parques Nacionales (Ed.). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- SALA, E., E. BALLESTEROS, P. DENDRINOS, A. DI FRANCO, F. FERRETTI, D. FOLEY, S. FRASCETTI et al. 2012. The structure of Mediterranean rocky reef ecosystems across environmental and human gradients, and conservation implications. *PLoS ONE* 7(2): e32742. doi: 10.1371/journal.pone.0032742
- 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.