

Seguiment dels poblaments de peixos de fons rocosos a la reserva marina de la Punta de sa Creu (Formentera)

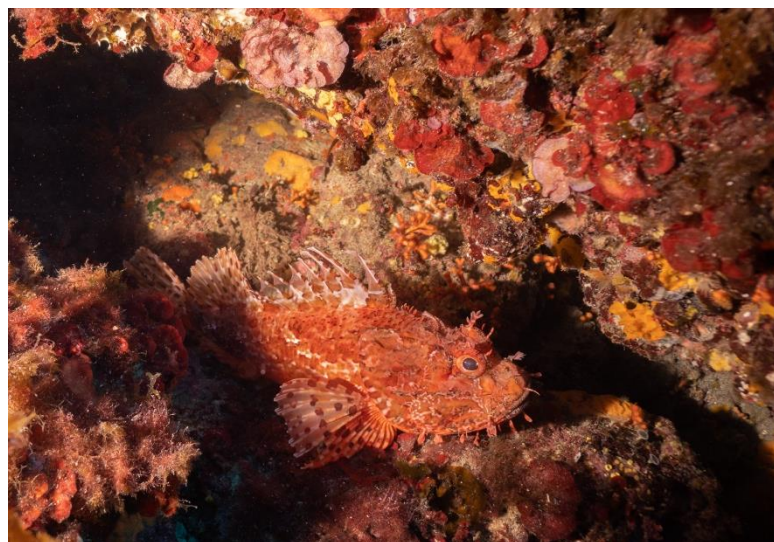


G CONSELLERIA
O AGRICULTURA,
I PESCA I ALIMENTACIÓ
B



UNIÓN EUROPEA

FONDO EUROPEO MARÍTIMO
Y DE PESCA (FEMP)



Informe Tècnic per a la Direcció General de Pesca i Medi Marí
del Govern de les Illes Balears.

Desembre 2020

Autora: Maria Arpa Vila (Tragsatec).

**Col·laboradors: Jose Antonio García Charton (UM),
Amalia Cuadros (UM) i Víctor Orenes (UM).**

Fotos de portada:

Esquerra: cap-roig (*Scorpaena scrofa*).

Dreta: morena (*Muraena helena*).

Autor: Jose Antonio Arribas

ÍNDEX

RESUM EXECUTIU	1
1. INTRODUCCIÓ	4
2. ÀREES D'ESTUDI I METODOLOGIA	5
2.1. L'ÀREA D'ESTUDI.....	5
2.2. LA PRESA DE DADES	7
2.3. EL DISSENY DE MOSTREIG	11
2.4. TRACTAMENT ESTADÍSTIC DE LES DADES	12
2.4.1. Anàlisi del poblament de peixos	13
2.4.2. Anàlisi de les espècies vulnerables a la pesca	15
3. RESULTATS	17
3.1. CARACTERITZACIÓ DE L'HÀBITAT	17
3.2. LA DIVERSITAT DE PEIXOS I ELS POBLAMENTS.....	18
3.2.1. Inventari ictiològic	18
3.2.2. Efectes de la gestió	20
3.2.3. Índexs descriptors del poblament	22
3.2.3.1. <i>La riquesa d'espècies</i>	22
3.2.3.2. <i>L'abundància</i>	22
3.2.3.3. <i>La biomassa</i>	26
3.3. LES ESPÈCIES VULNERABLES A LA PESCA	28
3.3.1. Índexs descriptors.....	28
3.3.1.1. <i>La riquesa d'espècies</i>	28
3.3.1.2. <i>L'abundància d'espècies demersals</i>	31
3.3.1.3. <i>La biomassa d'espècies demersals</i>	32
3.3.1.4. <i>La biomassa d'espècies demersals meso i macrocarnívores</i>	34
3.3.2. Anàlisi de talles d'espècies abundants	35
4. DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS	37
4.1. LA DIVERSITAT DE PEIXOS I ELS POBLAMENTS.....	37
4.2. LES ESPÈCIES VULNERABLES A LA PESCA	40
5. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES.....	43
6. AGRAÏMENTS.....	46

RESUM EXECUTIU

L'objectiu del projecte de censos a la reserva marina de la Punta de sa Creu ha estat disposar d'una descripció qualitativa i quantitativa acurada dels poblaments de peixos litorals i de les espècies vulnerables a la pesca sobre els seus fons rocosos. Aquest treball vol representar la base per establir un monitoratge sistemàtic i estructurat en quant a metodologies, zones d'estudi, objectius i protocols de treball per estudiar i determinar l'efecte reserva d'aquesta reserva marina.

El recull de dades en aquest primer estudi després de la implementació de la reserva al novembre de 2018, presenta una primera visió del seu estat i permet contrastar hipòtesis de partida per a la seva gestió: veure si les diferents zones dins de la reserva marina mostren diferències entre elles i/o entre les zones sense protecció (controls) en quant a la riquesa, abundància i biomassa dels poblaments de peixos litorals i de les espècies vulnerables a la pesca. L'estudi dels poblaments de peixos té en compte totes les espècies i és de caire ecològic i naturalístic, i l'estudi enfocat a les espècies vulnerables està dirigit a estudiar els efectes de la gestió i de la pressió pesquera sobre aquestes.

La feina de camp ha estat compresa entre el 29 de novembre i l'1 de desembre de 2020. En aquest període es van efectuar al voltant de 10 hores d'immersió per part d'un grup de 4 biòlegs, bussejant per parelles i cobrint 5.875 m² de fons marí. Aquest esforç de mostreig es va realitzar a 4 estacions dins de la reserva marina i a dues estacions control que havien estat mostrejades un mes abans, dins la mateixa tardor de 2020, una situada al nord de Formentera, i l'altra al sud-oest d'Eivissa. Totes les estacions comprenen fondàries superficials (3-16 m) i el seu substrat es majoritàriament rocós per tal de poder albergar les espècies objectiu d'estudi.

Pel que respecta l'estudi de tot el poblament (totes les espècies)

Els resultats dels censos han aportat un conjunt de 33 espècies de peixos ossis dins de la reserva marina, sent la mitjana de 13,4 espècies per transsecte. Aquest valor s'ajusta a la riquesa mitjana d'espècies obtinguda en altres reserves marines del Mediterrani Occidental (Guidetti *et al.*, 2014).

Pel que fa a les diferències de riquesa, abundància i biomassa entre la reserva marina i les zones control, de moment, cap indicador ha estat significativament superior dins de la reserva marina. Aquest fet indica que la gestió encara no ha estat influent en els resultats i no ha tingut cap efecte sobre l'estructura dels poblaments de peixos. La semblança dels resultats de biomassa i abundància actuals amb els obtinguts en l'estudi previ a la creació de la reserva (Coll *et al.*, 2017) recolzen aquesta conclusió.

D'altra banda, com en el cas de moltes altres AMPs, les diferències es donen en major grau i de forma significativa entre estacions dins d'un mateix nivell de protecció. L'estació més al nord de la reserva marina, en el mateix punt toponímic de la punta de sa Creu, presenta els indicadors més elevats de riquesa, abundància de demersals, biomassa total i biomassa de demersals, i el segon valor més alt quant a abundància total. Aquest fet ja es va repetir en estudis anteriors (Morey *et al.*, 2010 i Coll *et al.*, 2017), constatant que aquesta estació és la més idònia per albergar més varietat i quantitat de peix. Els valors elevats actuals d'abundància i biomassa en aquesta estació venen influenciats principalment per la gran quantitat de variades observades i a la presència gairebé exclusiva d'anfossos i cirvioletes. Aquesta estació fou una de les més profundes i una de les que presentà una major rugositat, factors que Coll *et al.*, (2013) van descriure com a determinants d'una capacitat de càrrega (en biomassa) superior.

Atenent als valors de biomassa com el millor indicador per mesurar l'estat de conservació dels poblaments de peixos (Guidetti i Sala, 2007), la biomassa de tot el poblament és de 55 g/m² dins de la reserva marina, un valor inferior al de la zona control: 78,4 g/m². Tot i així, tenint en compte que el valor de la reserva marina supera el llindar de 40 g/m² (valor establert com a límit inferior d'un bon estat de conservació per Sala *et al.*, (2012) després d'estudiar nombroses AMPs mediterrànies), es pot concloure que la reserva marina de la Punta de sa Creu supera el límit per considerar que presenta un bon estat de conservació inicial.

Pel que respecta l'estudi de les espècies vulnerables a la pesca

De la mateixa manera que per al poblament de peixos, l'efecte del nivell de protecció no ha estat significatiu sobre els indicadors estudiats, novament donant peu a la conclusió que l'efecte de la reserva encara no és detectable.

Parant atenció als valors de biomassa com al millor indicador per mesurar l'efecte reserva, el valor de 3,8 kg/250 m² (mitjana dels 4 llocs estudiats) indica que la reserva marina està lluny dels valors de la majoria d'indrets (<16 m de fondària) parcialment protegits de les Illes Balears que, segons Coll (2020), mostren una biomassa d'entre 5 i 15 Kg/250 m². Tot i així, el poc temps transcorregut des de la declaració de la reserva de la Punta de sa Creu, deixa molt marge per observar millores significatives. Si comparem la biomassa obtinguda enguany amb l'obtinguda al 2010 (Morey *et al.*, 2010), les quatre estacions han mostrat una petita millora, la mitjana de les quals ha augmentat de 2,5 Kg/250 m² als actuals 3,8 Kg/250 m².

Pel que fa al factor local de l'estació, novament destaca l'estació més septentrional, sent on hi ha més riquesa d'espècies, abundància i biomassa de meso i macrocarnívors. A més, també està entre les dues estacions amb major biomassa de demersals. Els elevats valors d'abundància i de biomassa són deguts principalment a la gran quantitat de sards i variades observats en aquesta estació i a la presència exclusiva d'anfossos llisos i escorballs.

En el conjunt de les mostres de la reserva marina, les espècies demersals més abundants són la variada i el sard, fet habitual en els estadis inicials en la protecció d'àrees marines (Morey *et al.*, 2018, 2020; Coll *et al.*, 2018, 2020), tot i que les anàlisis de talles realitzades amb aquestes espècies no indiquen encara cap efecte de la protecció.

Per concloure, el poc temps de protecció que duu la reserva marina de la Punta de sa Creu encara no ha permès observar increments significatius de riquesa, abundància i biomassa però tal com es va mencionar en els estudis de Morey *et al* (2010) i Coll *et al* (2017), i es ratifica en el present estudi, els valors de biomassa tenen un marge de millora substancial fins assolir els valors màxims teòrics que avalen la qualitat de l'hàbitat d'aquesta àrea marina.

1. INTRODUCCIÓ

La reserva marina de la Punta de sa Creu, situada al nord-est de l'illa de Formentera, va ser declarada pel Decret 38/2018 de 16 de Novembre de 2018 (BOIB nº 144, de 17 de Novembre de 2018). Aquesta reserva consta de 1.059 hectàrees que cobreixen aigües interiors de l'entorn del massís rocós de la Mola, entre la punta de la Fernanda i la punta del Far, i inclou part de la zona d'especial conservació (ZEC) de La Mola (ES 5310024).

En l'estudi previ a la creació de la reserva realitzat pel consell insular de Formentera al 2017 es va remarcar el valor ecològic i pesquer de la zona, indicant que l'àrea de la Punta de sa Creu presenta valors elevats de riquesa específica i de biomassa d'espècies d'interès pesquer (Coll *et al.*, 2017). Així, la zona compresa dins d'aquesta reserva és un “punt calent” de biodiversitat i és de gran importància per a la flota d'arts menors de Formentera.

En la reserva s'aplica la normativa recollida segons el Decret 41/2015 de 22 de maig modificat (BOIB nº 144, de 17 de Novembre de 2018), pel qual es regulen les activitats d'extracció de flora i fauna marina i les activitats subaquàtiques a les reserves marines de les aigües interiors del litoral de les Illes Balears. Dins de la reserva queda prohibida la captura i retenció de les espècies incloses en l'annex 1 del mencionat decret i tota classe de pesca marítima i de marisqueig entre la línia de costa i els 10 metres de profunditat. A partir d'aquesta fondària, estan permeses certes arts menors de pesca professional, algunes modalitats de pesca marítima i de marisqueig recreatiu des d'embarcació i la presa de mostres de flora i fauna amb fins científics o divulgatius amb una prèvia autorització de la Direcció General de Pesca i Medi Marí.

L'objectiu principal d'aquest estudi es fer un diagnòstic i descriure l'estat actual de les poblacions de peixos presents en els fons rocosos litorals de la reserva marina de la Punta de sa Creu. Concretament, es pretén determinar si existeixen diferències entre la riquesa, l'abundància i la biomassa de les poblacions de peixos entre zones amb diferents nivells de protecció (reserva i zones control no protegides).

Per tal d'acomplir aquest objectiu, es va realitzar una campanya entre novembre i començament de desembre de 2020 on es van mostrejar diferents estacions dins de la reserva i fora de la reserva (controls). Durant la campanya van estudiar-se les poblacions de peixos litorals i el seu hàbitat mitjançant la tècnica no intrusiva dels censos visuals amb escafandre autònom i van realitzar-se transectes a diferents profunditats fins a 16m.

A més a més de l'objectiu principal mencionat anteriorment, aquest treball vol representar la base per establir un monitoratge sistemàtic i estructurat en quant a metodologies, zones d'estudi, objectius i protocols de treball per estudiar i determinar l'efecte reserva de la reserva marina de la Punta de sa Creu, en el context de la Xarxa Balear d'Àrees Marines Protegides (Llei 6/2013 de 7 de novembre de pesca marítima, marisqueig i aqüicultura en les Illes Balears).

Finalment, per fer un primer balanç de l'efecte de la reserva des de la seva creació, es pretén fer un anàlisi de l'evolució de les poblacions de peixos litorals, comparant els resultats actuals amb els d'estudis previs tals com l'estudi anterior a la implementació d'aquesta reserva (Coll *et al.*, 2017) i l'estudi realitzat per la Direcció General de Pesca entre el 2008 i el 2010, on es va avaluar l'efecte de les zones de veda per a la pesca submarina al litoral de Formentera (Morey *et al.*, 2010).

2. ÀREES D'ESTUDI I METODOLOGIA

2.1. L'ÀREA D'ESTUDI

En aquest estudi s'han mostrejat un total de 6 estacions, 4 dins de la reserva marina de la Punta de sa Creu i 2 estacions control fora d'aquesta.

A part d'una determinada fondària, les estacions també compleixen altres condicions per tal de ser idònies per al mostreig: el seu fons és rocós i la seva complexitat estructural compleix uns mínims per poder albergar les espècies objectiu d'estudi.

En la figura 1 es poden localitzar les 4 estacions estudiades dins la reserva, les quals comprenen profunditats d'entre 3 i 16 m.

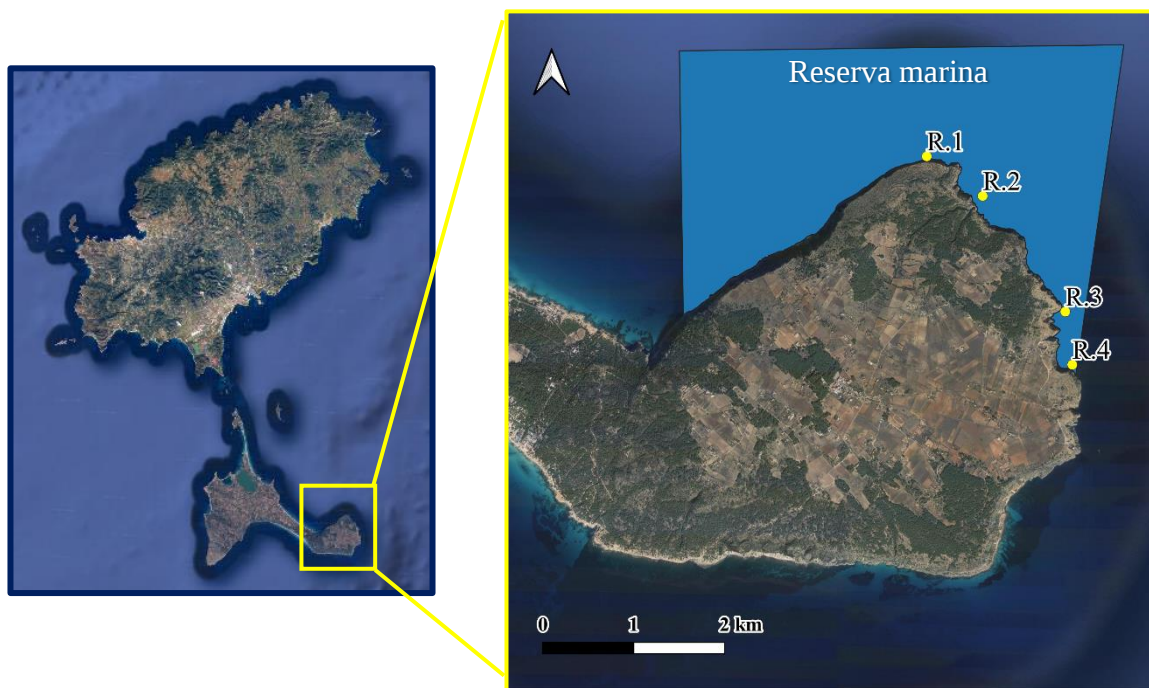


Figura 1. Estacions de mostreig dins la reserva marina de la Punta de Sa Creu (R= Reserva).

Pel que fa a les estacions control, també amb profunditats d'entre 3 i 16 m, un control es situa al sud-oest de l'illa d'Eivissa, dins la badia anomenada Sol d'en Serra i l'altra a la zona nord de Formentera (zona des Quintalar) (Fig. 2).



Figura 2. Distribució dels punts control (CS= Control Superficial).

Les coordenades geogràfiques de totes les estacions mostrejades per fer el seguiment de la reserva marina es mostren a la Taula 1.

Nivell de protecció	Estació	Latitud	Longitud
Reserva marina	R.1	38,692209°	1,565189°
	R.2	38,688289°	1,57226°
	R.3	38,676848°	1,582707°
	R.4	38,6716°	1,5836°
Control	C.S.1.	38,93965°	1,50905°
	C.S.2.	38,71080°	1,47915°

Taula 1. Coordenades geogràfiques de les estacions estudiades per fer el seguiment de les poblacions de peixos de la reserva marina de la Punta de sa Creu (R = Reserva, C.S = Control Superficial).

2.2. LA PRESA DE DADES

En aquest estudi s'ha utilitzat la tècnica dels censos visuals amb escafandre autònom com a mètode de mostreig. Aquesta tècnica es va desenvolupar com a metodologia quantitativa en l'estudi de poblacions de peixos en indrets d'alta complexitat estructural (com són els esculls coral·lins) i es van acabar aplicant amb èxit als fons rocosos del Mediterrani (Harmelin-Vivien *et al.*, 1985; Bell, 1983; Garcia-Rubies i Zabala, 1990; Francour, 1991; García-Charton *et al.*, 2004, entre molts d'altres).

Així, mitjançant aquesta tècnica no intrusiva, en aquest estudi s'han descrit i caracteritzat les poblacions de peixos dins de la reserva marina de la Punta de sa Creu, realitzant dos tipus de mostrejos:

- Transsectes de 50x5 m cobrint àrees de 250 m²: mostreig per estudiar les espècies vulnerables a la pesca, el qual informa d'una forma directa dels efectes de la gestió i de la pressió pesquera.
- Transsectes de 25x5 m cobrint àrees de 125 m²: mostreig per estudiar el poblament de peixos, on es tenen en compte totes les espècies i el qual forneix d'una informació naturalística i ecosistèmica.

A partir d'aquests mostrejos, on s'enregistraven els individus observats i les seves talles, es van analitzar diferents indicadors per a cada estació i zona de protecció:

- Riquesa d'espècies (Nombre d'espècies/àrea estudiada).
- Abundància (Nombre d'individus/àrea estudiada).
- Biomassa (Kg/àrea estudiada).

Per a les espècies vulnerables a la pesca, a més, es va calcular la biomassa de les espècies meso i macrocarnívores amb nivells tròfics $>3,5$ segons Froese i Pauly (2020) en Kg/àrea estudiada.

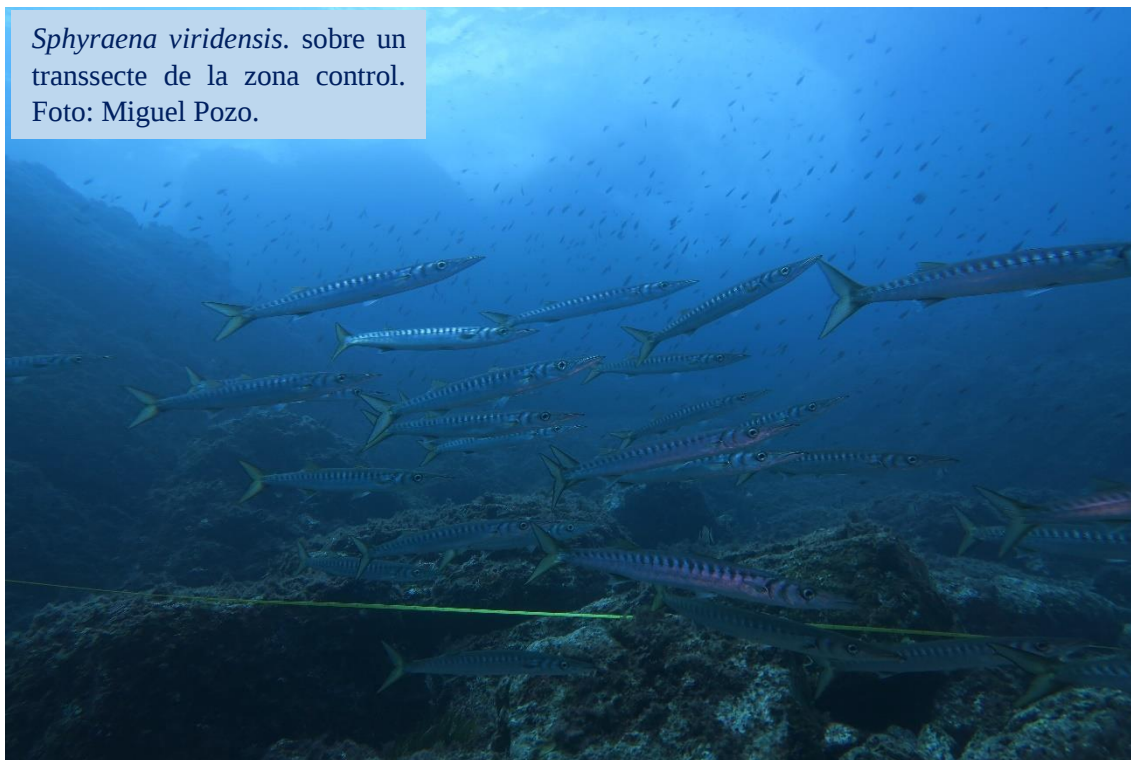
Cens d'espècies vulnerables:

Les àrees per al cens d'espècies vulnerables es mostrejaven en parelles de bussejadors i es delimitaven estenent una cinta mètrica de 50 m de llarg sobre el perfil del fons mentre els bussejadors avançaven. Durant el seu desplaçament, un bussejador anava anotant les espècies que trobava a banda i banda de la cinta juntament amb les seves talles, fins a una distància màxima de 2,5 m per banda.

En cada transsecte, al menys un bussejador havia d'estar familiaritzat amb el reconeixement de les espècies, el cens i l'estima de talles ja que aquest era l'encarregat d'anotar les dades. A la tornada, en recollir la cinta mètrica, el bussejador principal o el bussejador de seguretat estimava les cobertures de cada tipus d'hàbitat present dins del transsecte (arena, grava, còdols, roca o *Posidonia oceanica*). Els percentatge de cobertura de cada tipus de substrat s'estimà cada 10 m i posteriorment es va fer el càlcul sobre la llargada total del transsecte.

El cens es va realitzar sobre un conjunt d'espècies que per les seves característiques el feien quasi tancat: espècies de substrat rocós que són objectiu de la pesca professional, submarina i recreativa (allà on està permesa), i amb *home ranges* reduïts. Per als indicadors d'abundància i de biomassa no es van tenir en compte les espècies pelàgiques costaneres (la cirviola *Seriola dumerili*, l'espet *Sphyræna* spp i la sorella *Caranx crysos*) i divagants de plataforma (el déntol *Dentex dentex*) observades, ja que les dades per a aquestes espècies no es poden analitzar d'una forma lògica al saber que la mida de la unitat de mostra emprada és d'un màxim 250 m² i que el *home range* d'aquests peixos és d'ordres de magnitud superior (la majoria dins la Categoria 1 segons Harmelin (1987)). La seva presència sí que es va incorporar a l'indicador de riquesa.

Sphyraena viridensis. sobre un transecte de la zona control.
Foto: Miguel Pozo.



Cens del poblament de peixos:

Per a l'estudi de tot el poblament de peixos, es van mostrejar àrees més reduïdes de 25x5 m (125 m²). Aquesta reducció de la unitat de mostreig és convenient ja que:

1. Els estudis de poblament comporten un esforç d'atenció major, ja que entren totes les espècies, algunes d'elles petites i nombroses.
2. El *home range* de les espècies implicades és més petit, amb moviments de menor abast (e.g. *Coris julis*, *Symphodus spp.*, *Serranus scriba*, etc.).

De la mateixa manera que per al cas de les espècies vulnerables, els transectes per a tot el poblament de peixos es mostrejaven en parelles de bussejadors i es delimitaven estenent una cinta mètrica, en aquest cas, de 25 m de llarg. En aquest mostreig, els dos bussejadors havien d'estar familiaritzats amb el reconeixement de les espècies, el cens i l'estima de talles.

El primer bussejador anava estenent la cinta i anotant les dades de les espècies més visibles a banda i banda de la cinta fins a 2,5 m de distància, i un segon bussejador es centrava en les espècies més petites i críptiques a 1 m a banda i banda de la cinta mètrica.

Per evitar duplicats, els dos bussejadors anotaven la distància dels registres de les espècies críptiques per ser confrontada amb les dades de l'altre bussejador. De la mateixa manera que en el cens d'espècies vulnerables, tot recollint la cinta mètrica durant la tornada, un dels dos bussejadors estimava les cobertures de cada tipus d'hàbitat present dins del transsecte.

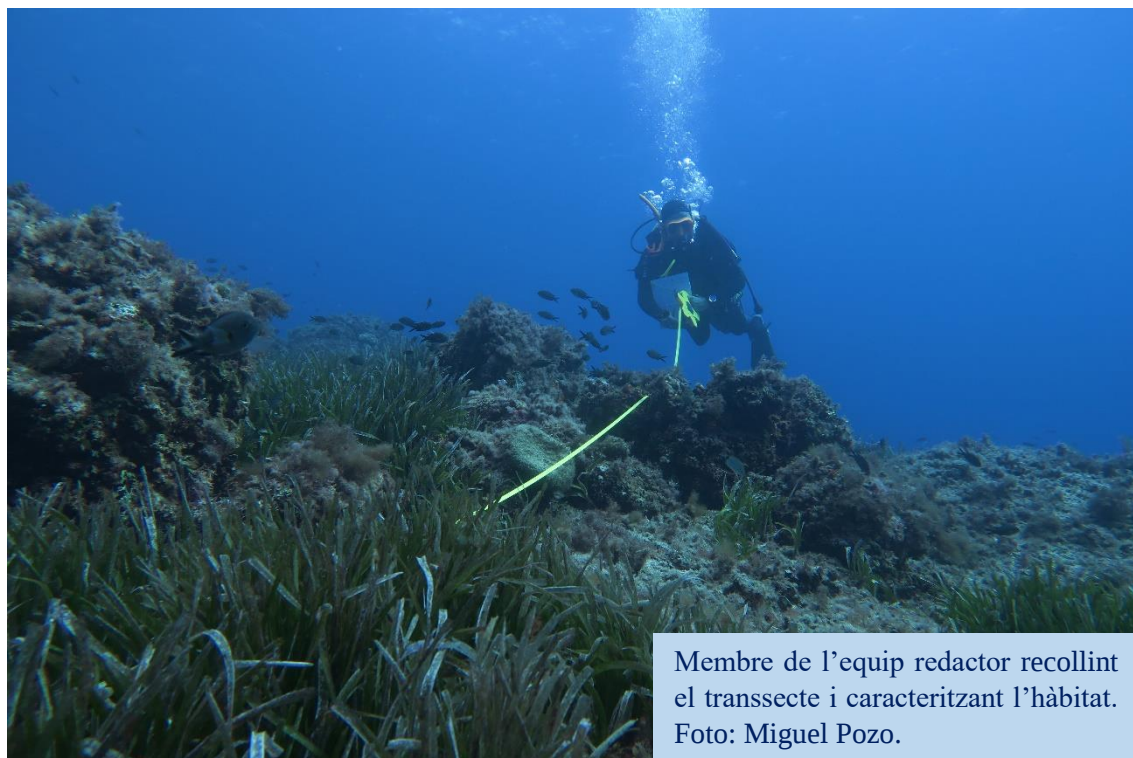
Per a l'estima del nombre d'exemplars en grans moles es va atribuir el nombre d'individus estimat a classes d'abundància preestablertes: 1, 2-5, 6-10, 11-30, 31-50, 51-100, 101-200, 201-500 i +500.

Caracterització de l'hàbitat:

Per tal de caracteritzar l'hàbitat, a part d'enregistrar els diferents tipus de cobertures durant el retorn en cada transsecte, es va anotar la profunditat d'inici i final de cada un d'ells. A més, per estudiar la complexitat del fons es va detallar si aquest estava format per roca homogènia (RH) o per diferents blocs. Si estava format per blocs, cada 10 m s'anotava el nombre de cada un d'ells segons el seu diàmetre: grans blocs (GB) ($\varnothing > 2$ m), blocs mitjans (BM) ($1 \text{ m} < \varnothing < 2 \text{ m}$) o blocs petits (BP) ($\varnothing < 1 \text{ m}$).

Adicionalment, per 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.

Finalment, per determinar el relleu del fons o "rugositat" (sensu Lukhurst i Lukhurst, 1978), es va estimar la rugositat *de visu*, establint-se una escala de 4 graus: 1: sense escletxes ni anfractuositats aparents, ni importants variacions verticals; 2: amb variacions verticals poc importants (menors de 2 m), pocs blocs i poques escletxes i anfractuositats; 3: amb escletxes, blocs rocosos i anfractuositats d'una certa entitat, ocupant, al menys un 50% 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 pregoneres variacions verticals.



2.3. EL DISSENY DE MOSTREIG

El disseny de mostreig d'aquest estudi s'ha planificat tenint en compte el seu objectiu principal: descriure la situació en què es troben les poblacions de peixos litorals presents en la reserva marina i comparar les dades obtingudes de riquesa, abundància i biomassa entre les zones amb diferents nivells de protecció (reserva i no reserva/control). Per tant, existeix el factor de nivell de protecció com a factor fix ben delimitat.

Per tal d'evitar confondre l'efecte local amb el nivell de protecció, s'han mostrejat 4 estacions dins de la reserva i 2 estacions fora de la reserva. Així, tenim a més a més el factor "Estació", que roman encaixat/niat dins cada nivell de protecció i que ve a cobrir la variació espacial. En tenir un nombre diferent d'estacions dins de cada nivell de protecció, aquest és un model no balancejat.

Dins l'àmbit de la variació espacial hi ha també la mateixa replicació dels transectes, que ens dona l'error de mostreig i que opera en escales de desenes a cents de metres. En el cas de les espècies vulnerables, la replicació ha estat de $n=4$ i en el cas de l'estudi de tot el poblament de peixos, la replicació ha estat de $n=3$.

2. Àrees d'estudi i metodologia

Els diferents transsectes es situaren a l'atzar dins de cada zona d'estudi, estant separats per un mínim de 20 m de distància per tal d'aconseguir un mostreig independent. El mostreig dels controls superficials per a vulnerables es va a dur a terme durant una campanya a finals d'octubre, la qual cosa va permetre avançar en la feina de camp. En aquesta anterior campanya es van poder mostrejar els controls en 2 dies diferents, cosa que permet reduir variacions a petita escala temporal (diària), però en el cas del present estudi no va ser possible degut a condicions meteorològiques adverses continuades. El resum de la replicació per a cada tipus de mostreig i factor es mostra a la taula 2.

		RESERVA MARINA				NO RESERVA (CONTROLS)		TT
PROFUNDITAT		3-16 m				3-16 m		
ESTACIÓ		R.1	R.2	R.3	R.4	C.S1	C.S2	
TIPUS DE MOSTREIG	Vulnerables	4	4	4	4	8	8	32
	Poblament	3	3	3	3	3	3	18

Taula 2. Distribució d'estacions i nombre de transsectes efectuats dins cadascun dels nivells de gestió considerats: zones de reserva i zones control de la reserva marina de la Punta de Sa Creu (R= Reserva i C.S= Control Superficial i T.T= Total transsectes).

2.4. TRACTAMENT ESTADÍSTIC DE LES DADES

Per al tractament estadístic de les dades, es va crear una matriu que recull totes les dades d'hàbitats, espècies, riquesa, abundància i biomassa per transsecte. La biomassa de cada individu es va calcular aplicant les relacions de talla:pes existents en la literatura (Morey *et al.*, 2003) i/o en la web de www.fishbase.org (Froese i Pauly, 2020). Posteriorment, les dades es van analitzar i representar utilitzant els softwares PRIMER, STATISTICA i R, i el seu entorn de desenvolupament integrat (IDE) RStudio.

2.4.1. Anàlisi del poblament de peixos

Anàlisi multivariant

A partir de les dades d'abundància d'espècies que formen el poblament es van fer anàlisis qualitatiu i quantitatiu per tal d'estudiar la similitud faunística entre les diferents mostres/transsectes de les 6 estacions.

- Anàlisi qualitatiu:

Per dur a terme aquesta anàlisi, les dades es van transformar a presència/absència de les diferents espècies en cada rèplica dins de cada estació. Seguidament s'aplicà l'índex de similitud de Sorensen on $S_{jk} = 100 \cdot (2 \cdot a / (2 \cdot a + b + c))$; i a on, a = nombre d'espècies comunes entre les mostres j i k ; b = espècies presents a la mostra j i no a la k ; c = espècies presents a la mostra k i no a la j . Sobre la semimatriu de similituds obtinguda amb l'índex de Sorensen i l'algoritme jeràrquic aglomeratiu de l'enllaç simple o del veí més proper (*Single linkage clustering*) (Gower, 1967) es va construir un dendrograma d'agrupament qualitatiu de les mostres.

- Anàlisi quantitatiu:

Per dur a terme aquesta anàlisi es va calcular la distància de Bray-Curtis entre mostres, la qual s'extreu de la següent fórmula (Krebs, 1989):

$$S_B = 1 - \left[\frac{\sum |X_{ij} - X_{ik}|}{\sum (X_{ij} + X_{ik})} \right]$$

On S_B = distància entre dues mostres (j i k), X_{ij} = Número de individus de l'espècie i a la mostra j i X_{ik} = Número de individus de l'espècie i a la mostra k . S'ha escollit aquest tipus de distància ja que es una de les més adequades per analitzar i comparar dades d'abundància d'espècies entre diferents zones (Anderson *et al.*, 2008). Aquesta distància permet que les espècies més comunes i les més rares tinguin un pes relativament similar. La distància Bray-Curtis no amplifica la importància dels valors més grans ja que utilitza diferències absolutes (al contrari que la distància euclidiana que eleva els valors d'abundància al quadrat, incrementant l'efecte de les espècies dominants).

Amb la matriu de distàncies obtinguda es van representar els rangs de distàncies entre mostres en un espai bidimensional mitjançant l'anàlisi MDS (Multidimensional Scaling). Posteriorment, i sobre el factor "Nivell de protecció" definit *a priori* es va realitzar un anàlisi de similitud (ANOSIM) d'una via. Aquesta anàlisi emprà l'estadístic R, que mesura les distàncies entre conjunts de mostres que pertanyen a dos grups diferents dels factor definits *a priori* respecte les distàncies entre mostres dins un mateix grup. Aquest estadístic adopta doncs valors compresos entre 1 i -1, essent 1 el cas que en què totes les mostres d'un grup tenen menys distància que la que hi ha entre grups diferents, i al contrari quan adopta el valor -1: hi hauria més distància entre les mostres d'un mateix grup que entre grups diferents, un resultat teòric però difícil de trobar a la natura. Mitjançant 999 permutacions de les etiquetes de les mostres i re-càlcul de R, s'obté un p.valor per acceptar o rebutjar la hipòtesi nul·la (H_0) que no hi ha diferències entre grups.

Anàlisi dels descriptors

Per a cada mostra/transsecte es va calcular la riquesa d'espècies (Nombre d'esp./125 m²), l'abundància de peixos (Nombre d'ind./125 m²) i la biomassa de peixos (Kg/125 m²). És important tenir cura amb els indicadors d'abundància i de biomassa degut a l'efecte massiu que provoquen les moles de petits peixos planctòfags presents en el poblament de peixos (*B. boops*, *C. chromis*, *O. melanura*, *S. maena* i *S. smaris*) i les espècies més pelàgiques i mòbils (*Sphyraena spp*, *S. dumerili*, *D. dentex*, *C. caryos* i *S. sarda*), de tal manera que per als descriptors d'abundància i de biomassa s'han fet dos anàlisis separats:

- Amb totes les espècies (anàlisi total).
- Amb les espècies que tenen més relació amb el fons (anàlisi demersals).

Sobre els valors dels descriptors obtinguts, emprant cada transsecte com a rèplica dins de cada un dels factors considerats, s'ha utilitzat la rutina de l'estudi d'anàlisis de variància per permutacions (PERMANOVA) ja que és adequada per a analitzar models no balancejats i no requereix assumir una distribució normal de les dades (Anderson *et al.*, 2008). Aquesta anàlisi ha permès determinar si hi ha diferències de riquesa, biomassa i/o abundàncies entre els diferents nivells de protecció i entre les estacions niades dins de cada nivell de protecció.

Per crear la matriu de semblança entre mostres prèvia a la PERMANOVA, novament s'ha escollit utilitzar la distància de Bray-Curtis. Posteriorment, per configurar la PERMANOVA s'ha escollit utilitzar la suma de quadrats de tipus I en l'anàlisi, ja que és la més sensible per a un disseny no balancejat amb factors niats (Anderson *et al.*, 2008). Seguidament s'ha seleccionat computar 9999 permutacions i el mètode de permutació per defecte: permutació dels residus sota un model reduït.

Com a anàlisi complementària, amb l'objectiu d'obtenir uns resultats més acurats, també s'han calculat els p.valors de Montecarlo ($p_{(MC)}$) per als casos en què el nombre de grups i rèpliques no permeten arribar a un nombre mínim de permutacions (100 permutacions). Aquests p.valors es basen en la teoria asimptòtica que extreu aproximacions d'una major mida mostral. A part dels p.valors, la PERMANOVA ens defineix un valor de pseudo- F (F^π), el qual a mesura que augmenta, disminueix la probabilitat que la hipòtesi nul·la sigui certa.

Per analitzar les diferències entre estacions, s'ha realitzat un test per parelles dins de la PERMANOVA, el qual ens defineix un valor de pseudo- t a partir de les permutacions. De la mateixa manera que pel valor de F^π , com més gran és el valor de pseudo- t , més gran és l'evidència contra la hipòtesi nul·la.

2.4.2. Anàlisi de les espècies vulnerables a la pesca

Anàlisi dels descriptors

Per a cada mostra/transsecte del mostreig de les espècies vulnerables a la pesca s'ha calculat la riquesa d'espècies (Nombre d'esp./250 m²), l'abundància d'individus d'espècies demersals (Nombre d'individus/250 m²), la biomassa d'espècies demersals (Kg/250 m²) i la biomassa d'espècies demersals meso i macrocarnívores amb un nivell tròfic >3.5 (Kg/250 m²) segons Froese i Pauly (2020).

Com s'ha esmentat abans, per als descriptors de biomassa i d'abundància per a les espècies vulnerables, no s'han considerat les espècies pelàgiques costaneres (*S. dumerili*, *Sphyræna spp* i *C. caryos*) i divagants de plataforma (*D. dentex*) degut a que són espècies molt mòbils amb grans *home ranges*.

De la mateixa manera que per al poblament de peixos, sobre els valors dels descriptors obtinguts, s'ha emprat cada transsecte com a rèplica dins cadascun dels factors considerats i també s'ha utilitzat la mateixa rutina de l'estudi d'anàlisi de variància per permutacions (PERMANOVA) per analitzar les dades.

Anàlisi de talles d'espècies abundants

Per a les espècies vulnerables a la pesca més freqüents i abundants s'han realitzat anàlisis de l'estructura de talles. Aquestes anàlisis s'han dut a terme quan el nombre d'individus d'una espècie dins de cada tractament (nivell de protecció) era prou elevat ($N > 30$). Les distribucions de talles s'han comparat entre els diferents nivells de protecció utilitzant la prova de Kolmogorov-Smirnov (KS Test) (Bell *et al*, 1985).

3. RESULTATS

3.1. CARACTERITZACIÓ DE L'HÀBITAT

La fondària mitjana de les estacions dins de la reserva marina ha estat compresa entre 7,3 i 15,4 m i les estacions dins la zona control tenen una mitjana de 7,4 i 10,6 m (Fig.3).

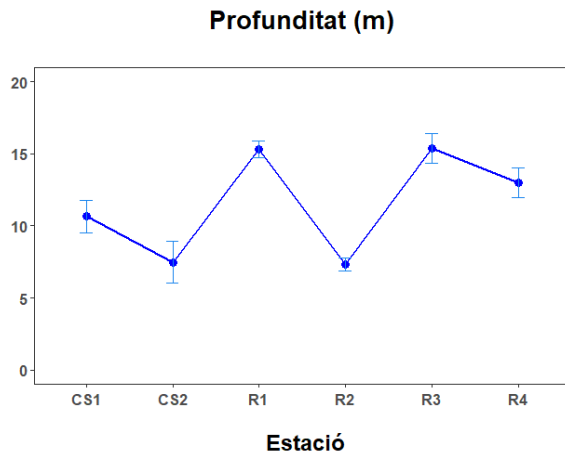


Figura 3. Variació de les profunditats mitjanes (m) ($\pm$ desviació típica) de les diferents estacions. CS= Control superficial i R= Reserva.

La rugositat mínima observada ha estat de R=2,5 i la màxima de R=4, trobant-se una menor rugositat a l'estació R2 (Fig.4). La resta d'estacions mostra una rugositat pròxima a R=3,5, presentant escletxes, blocs rocosos i anfractuositats d'una certa entitat, ocupant, al menys un 50% de la longitud total del transecte i/o variacions verticals de més de 2 m. Pel que fa al pendent, la majoria de les estacions comprenen un valor de 1, el que implica que la majoria d'àrees estudiades són fons planers o amb un pendent inferior a 30° (Fig.4).

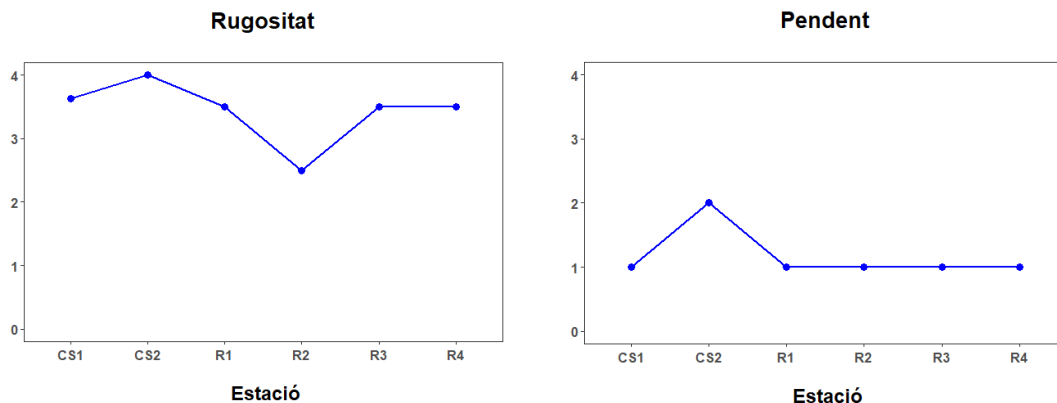


Figura 4. Variació de les variables d'hàbitat: rugositat i pendent a les diferents estacions. CS= Control superficial i R= Reserva.

3.2. LA DIVERSITAT DE PEIXOS I ELS POBLAMENTS

3.2.1. Inventari ictiològic

S'han censat un total de 36 espècies de peixos en el conjunt dels dos nivells de protecció (zona reserva i zona control) i les 18 mostres obtingudes del mostreig de poblament. Dins de la reserva marina de la Punta de sa Creu s'han pogut observar 32 espècies i 27 en les zones control (Taula 3). Els làbrids i els espàrids són les famílies amb més diversitat d'espècies.

Des del caire faunístic, tot i que venen d'un mostreig de major amplitud, s'haurien d'afegir, a més a més, les espècies: *Caranx crysos*, *Pomadasys incisus*, *Sparus aurata* i *Scorpaena porcus* que foren enregistrades en el cens d'espècies vulnerables a la pesca que es tracta més endavant en el present informe tècnic. Aquestes quatre espècies es varen observar només dins de les zones control. Dins la reserva marina, també caldria afegir l'espècie *L. viridis* la qual també va ser-hi censada durant els transectes per a vulnerables.

Per tant, podem parlar d'una ictiofauna global de 33 espècies dins de la reserva marina de la Punta de sa Creu i d'un total de 40 espècies en l'infralitoral superior (0- 16 m de fondària) en el conjunt de la reserva marina i les seves zones control.

En aquest estudi del poblament, hi ha una sèrie d'espècies que només estan presents en un determinat nivell de protecció (Taula 3). Les espècies *E. costae*, *M. helena*, *M. surmuletus*, *S. maderensis*, *S. cabrilla* i varis peixos del gènere *Symphodus* (*S. cinereus*, *S. doderleini*, *S. mediterraneus* i *S. rostratus*) només han estat presents dins de la reserva marina. Les espècies *Sphyræna spp*, *L. viridis*, *S. notata*, i *S. salpa* només s'han censat dins de les zones control.

3. Resultats. La diversitat de peixos i els poblaments

Taula 3. Llista d'espècies de peixos censades en l'estudi del poblament dins de la reserva marina de la Punta de sa Creu i dins de les zones control. +:present, -: absent. .

Espècie	Reserva (n=12)	Control (n=6)
<i>Apogon imberbis</i>	+	+
<i>Chromis chromis</i>	+	+
<i>Coris julis</i>	+	+
<i>Diplodus annularis</i>	+	+
<i>Diplodus puntazzo</i>	+	+
<i>Diplodus sargus</i>	+	+
<i>Diplodus vulgaris</i>	+	+
<i>Epinephelus costae</i>	+	-
<i>Epinephelus marginatus</i>	+	+
<i>Labrus merula</i>	+	+
<i>Labrus viridis</i>	-	+
<i>Mullus surmuletus</i>	+	-
<i>Muraena helena</i>	+	-
<i>Oblada melanura</i>	+	+
<i>Sarpa salpa</i>	-	+
<i>Sciaena umbra</i>	+	+
<i>Scorpaena notata</i>	-	+
<i>Scorpaena maderensis</i>	+	-
<i>Scorpaena scrofa</i>	+	+
<i>Seriola dumerili</i>	+	+
<i>Serranus cabrilla</i>	+	-
<i>Serranus scriba</i>	+	+
<i>Sphyræna spp.</i>	-	+
<i>Spicara maena</i>	+	+
<i>Spicara smaris</i>	+	+
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	+	+
<i>Symphodus cinereus</i>	+	-
<i>Symphodus doderleini</i>	+	-
<i>Symphodus mediterraneus</i>	+	-
<i>Symphodus melanocercus</i>	+	+
<i>Symphodus ocellatus</i>	+	+
<i>Symphodus roissali</i>	+	+
<i>Symphodus rostratus</i>	+	-
<i>Symphodus tinca</i>	+	+
<i>Thalassoma pavo</i>	+	+
<i>Tripterygion delaisi</i>	+	+
Riquesa d'espècies	32	27

3.2.2. Efectes de la gestió

L'anàlisi qualitatiu ens indica que hi ha una gran similitud faunística entre el conjunt de les 18 mostres obtingudes. El dendrograma de la figura 5 mostra com la major part de les mostres se separen a nivells alts de semblança, d'entre el 60% i el 85%. Aquests elevats nivells de similitud relativitzen els grups que es formen al dendrograma, especialment pel que fa a l'agrupació de la meitat de les mostres de les zones control. L'altra meitat, apareix associada amb major similitud a mostres preses dins la reserva.

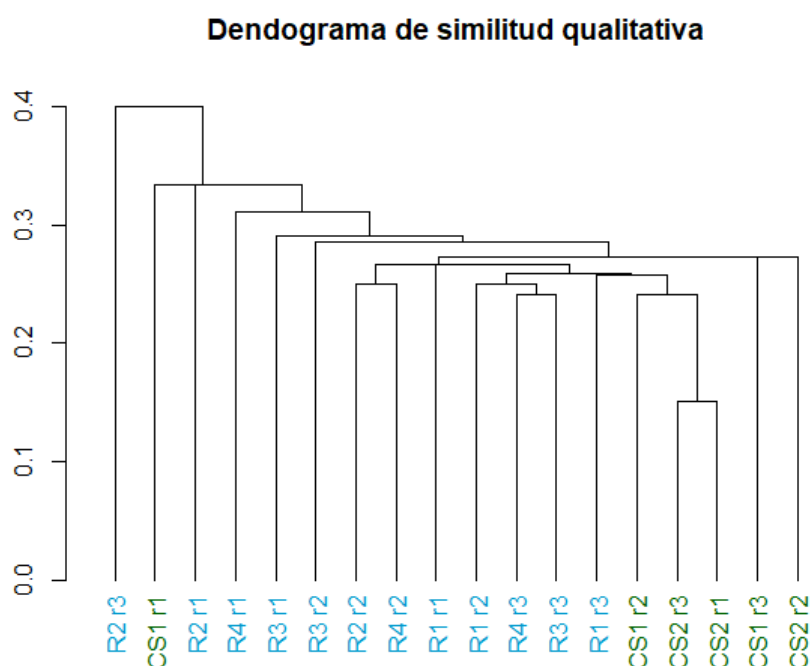


Figura 5. Dendrograma de similitud qualitativa entre mostres/transsectes. R: Reserva, C: Control, r=rèplica. Estacions diferenciades per nivell de protecció: ■: Reserva i ■: Control.

Pel que fa l'aspecte quantitatiu dels poblaments, no s'observa amb claredat un patró en la distribució de les mostres (Fig.6). Posant atenció en les rèpliques de l'estació R2, es pot intuir que aquesta és una estació més dispar. Tot i així, de manera general, les mostres obtingudes en els diferents nivells de protecció (reserva i control) estan indistintament distribuïdes en els 4 punts cardinals de l'espai generat per l'MDS, donant indicis que el factor nivell de protecció no té un efecte sobre la composició i l'abundància de peixos del poblament.

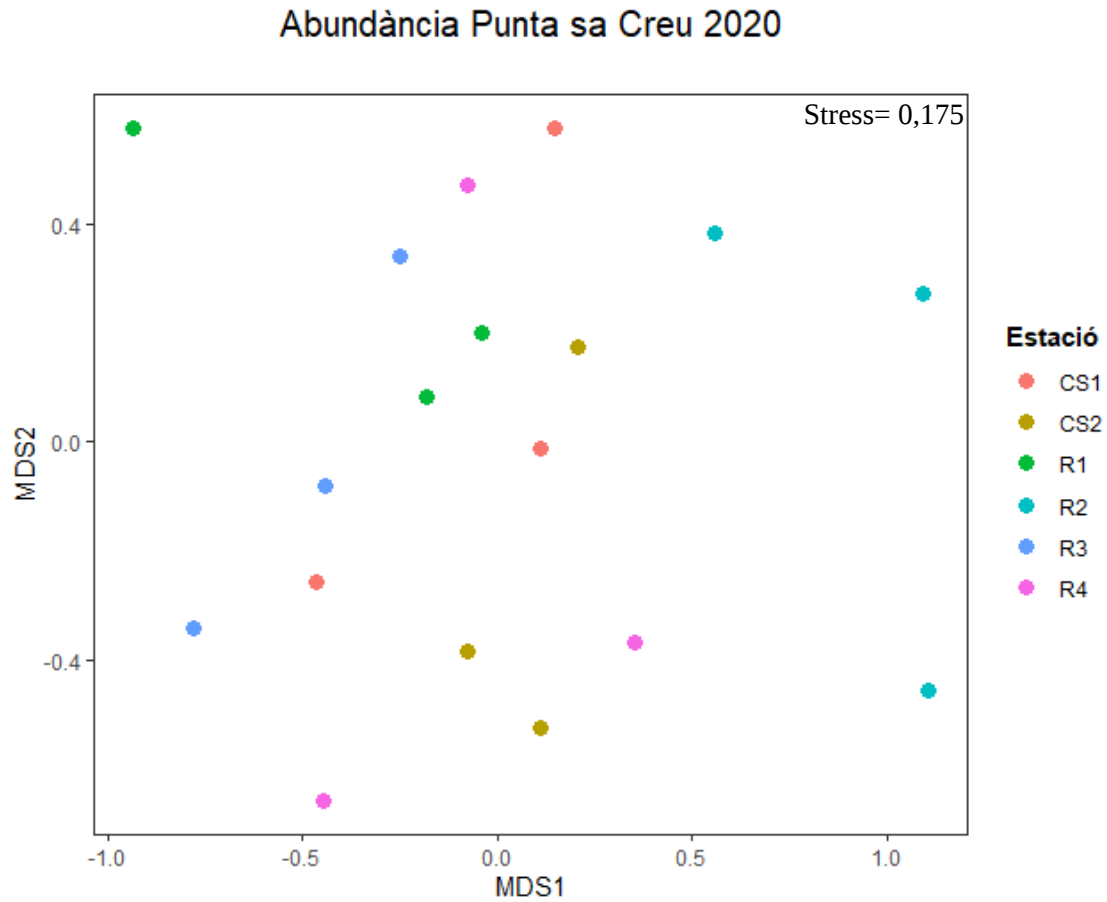


Figura 6. Anàlisi MDS entre mostres/transsectes. CS: Control superficial, R: Reserva.

El contrast d'hipòtesis amb l'ANOSIM ens ratifica la dispersió dels resultats. Els resultats de l'anàlisi entre els dos nivells de protecció dona una $R = -0,571$ amb un $p.\text{valor} = 1$. Aquest valor de R indica que les estacions no formen grups definits segons el nivell de protecció on es troben; així, el factor del nivell de protecció no es influent en la formació de grups d'estacions. Una R negativa ens informa que són més semblants les estacions provinents de diferents nivells de protecció que les estacions situades dins d'un mateix nivell.

3.2.3. Índexs descriptors del poblament

3.2.3.1. La riquesa d'espècies

La riquesa mitjana és de 15 espècies per transsecte dins de la zona control i de 13,4 dins de la reserva marina (Fig.7). La semblança de valors fa que no hi hagin diferències quan es comparen els dos nivells de protecció ($F^{\pi}=0,66$; $p_{(MC)}=0,467$, 15 permutacions).

D'altra banda, analitzant les estacions dins de cada un dels dos nivells de protecció, sí que s'observen diferències significatives entre algunes d'elles ($F^{\pi}=4,55$; $p=0,016$, 9961 permutacions). Concretament, hi ha diferències entre les estacions R1 i R2 de la reserva marina ($t=3,36$; $p_{(MC)}=0,023$, 5 permutacions) i entre les estacions R1 i R4 ($t=2,92$; $p_{(MC)}=0,04$, 5 permutacions). La riquesa de l'estació R1 presenta un valor més elevat de $16,6 \pm 1,3$ espècies/125 m² comparada amb les estacions R2 i R4, que tenen una riquesa de 11 ± 1 espècies/125 m² i $12,3 \pm 0,6$ espècies/125 m², respectivament (Fig.7).

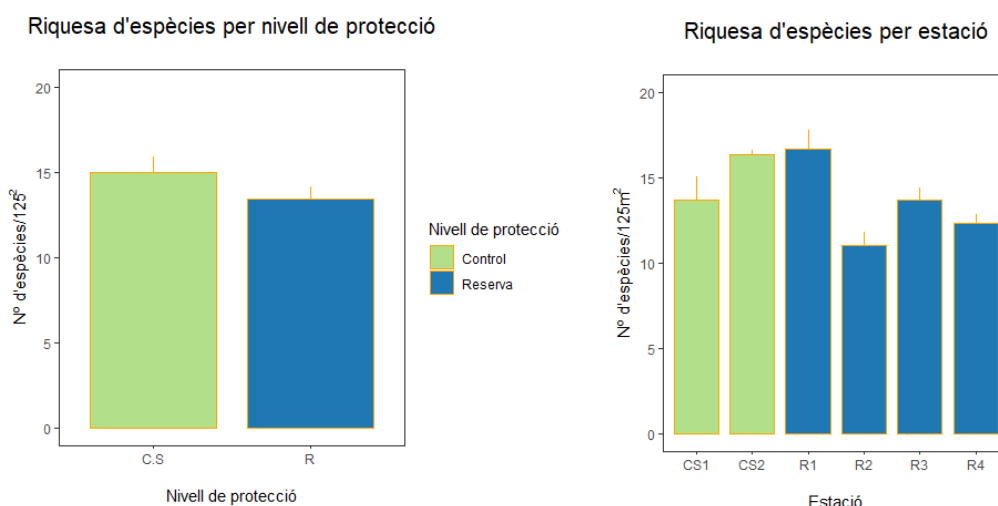


Figura 7. Comparació del nombre mitjà d'espècies censades per transsecte en els dos nivells de protecció (control i reserva) i en cada estació. Mitjana + EE.

3.2.3.2. L'abundància

A la Taula 4 es pot observar l'abundància mitjana de cadascuna de les espècies censades a cada estació.

3. Resultats. La diversitat de peixos i els poblaments

Taula 4. Estadística descriptiva (mitjana i error estàndard) per a l'abundància d'espècies (Nombre d'individus/125 m²) en les diferents estacions. N= 3 transectes de 125 m² a cada estació.

	Reserva								Control				Mitj. Total
	R1		R2		R3		R4		CS1		CS2		
	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	
<i>Apogon imberbis</i>	27,00	11,02	0,00	0,00	6,00	1,53	1,00	1,00	5,00	3,61	4,67	3,28	7,28
<i>Chromis chromis</i>	42,67	21,71	211,33	105,67	19,00	11,27	21,00	12,50	48,00	15,70	29,00	18,00	61,83
<i>Coris julis</i>	6,33	2,03	12,33	6,74	6,67	0,88	6,33	3,33	23,33	21,36	2,00	0,58	9,50
<i>Diplodus annularis</i>	2,33	1,33	0,00	0,00	2,00	0,58	4,33	4,33	5,00	1,00	2,00	0,58	2,61
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	0,33	0,33	0,11
<i>Diplodus sargus</i>	2,33	0,33	3,00	1,73	1,00	0,58	1,00	0,58	0,33	0,33	4,00	2,08	1,94
<i>Diplodus vulgaris</i>	61,00	39,66	0,33	0,33	15,67	9,21	4,00	2,08	2,00	1,15	4,33	0,88	14,56
<i>Epinephelus costae</i>	0,33	0,33	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
<i>Epinephelus marginatus</i>	1,33	0,67	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	0,33
<i>Labrus merula</i>	1,00	0,58	0,00	0,00	4,00	1,15	1,33	0,88	0,67	0,33	0,67	0,67	1,28
<i>Labrus viridis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,33	0,06
<i>Mullus surmuletus</i>	1,33	0,88	0,00	0,00	0,67	0,67	10,33	10,33	0,00	0,00	0,00	0,00	2,06
<i>Muraena helena</i>	0,00	0,00	0,67	0,33	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17
<i>Oblada melanura</i>	16,67	16,67	9,67	9,67	34,67	18,89	13,00	13,00	16,67	11,61	8,67	5,21	16,56
<i>Sarpa salpa</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28,00	16,20	28,00	13,87	9,33
<i>Sciaena umbra</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,67	0,33	0,33	1,00	1,00	0,33	0,33	0,39
<i>Scorpaena maderensis</i>	0,00	0,00	1,67	1,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28
<i>Scorpaena notata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,67	1,67	0,28
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,67	1,67	1,67	1,67	0,33	0,33	0,61
<i>Seriola dumerili</i>	2,67	2,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	1,00	7,00	5,57	1,94
<i>Serranus cabrilla</i>	0,00	0,00	0,67	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
<i>Serranus scriba</i>	2,00	0,58	4,00	1,15	3,33	1,45	1,00	1,00	2,00	1,00	2,67	0,88	2,50
<i>Sphyraena spp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	0,06
<i>Spicara maena</i>	12,00	6,00	0,00	0,00	6,00	6,00	0,00	0,00	45,33	5,84	0,33	0,33	10,61
<i>Spicara smaris</i>	0,00	0,00	153,00	91,68	0,00	0,00	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00	0,00	27,50
<i>SpondylIOSoma cantharus</i>	4,00	2,31	0,33	0,33	1,33	1,33	3,33	2,85	0,33	0,33	0,00	0,00	1,56
<i>Symphodus cinereus</i>	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
<i>Symphodus doderleini</i>	0,67	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
<i>Symphodus mediterraneus</i>	2,00	1,00	0,33	0,33	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44
<i>Symphodus melanocercus</i>	0,33	0,33	0,33	0,33	1,33	0,88	0,33	0,33	0,33	0,33	1,00	0,00	0,61
<i>Symphodus ocellatus</i>	4,00	3,51	9,00	5,51	5,33	4,37	0,67	0,67	0,00	0,00	1,00	0,58	3,33
<i>Symphodus roissali</i>	0,33	0,33	0,67	0,67	0,67	0,33	2,00	1,00	0,00	0,00	0,33	0,33	0,67
<i>Symphodus rostratus</i>	0,33	0,33	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
<i>Symphodus tinca</i>	3,33	0,88	0,67	0,67	10,00	3,06	1,00	0,00	2,33	0,67	2,67	0,67	3,33
<i>Thalassoma pavo</i>	4,67	2,60	11,67	2,19	0,33	0,33	7,00	0,58	1,33	0,88	14,00	5,57	6,50
<i>Tripterygion delaisi</i>	8,33	4,41	21,67	4,41	1,67	1,67	3,33	3,33	1,67	1,67	15,00	5,00	8,61

Anàlisi d'abundància total

La mitjana d'abundàncies dins de la reserva marina ($215 \pm 52,2$ individus/125 m²) és major a la de les zones control (162 ± 20 individus/125 m²) (Fig.8) però les anàlisis estadístiques mostren que aquestes diferències no són significatives ($F^{\pi}=0,13$; $p_{(MC)}=0,87$, 15 permutacions). En canvi, sí que s'observa un efecte significatiu a escala local, entre les estacions d'un mateix nivell de protecció ($F^{\pi}=7,24$; $p=0,0001$, 9948 permutacions). Concretament, s'observen diferències entre algunes estacions dins de la reserva. Les estacions R1 i R2 presenten valors d'abundància total més elevats comparades amb les estacions R3 i R4 (Fig.8). L'estació R1 presenta un valor d'abundància de $207 \pm 20,66$ individus/125 m² significativament major a R3 ($121 \pm 4,7$ individus/125 m²) ($t=4,61$; $p_{(MC)}=0,008$, 10 permutacions) i a R4 ($90 \pm 16,2$ individus/125 m²) ($t=3,54$; $p_{(MC)}=0,014$, 10 permutacions). L'estació R2 presenta un valor d'abundància de $442 \pm 145,4$ individus/125 m² també significativament major a R3 ($t=2,95$; $p_{(MC)}=0,027$, 10 permutacions) i a R4 ($t=3,02$; $p_{(MC)}=0,017$, 10 permutacions).

Aquestes diferències són causades principalment per la presència de grans moltes de tutes (*C. chromis*) tant a R1 com a R2, mentre que a R2 també té gran influència l'elevat nombre de gerrets (*S. smaris*) censats (Taula 4).

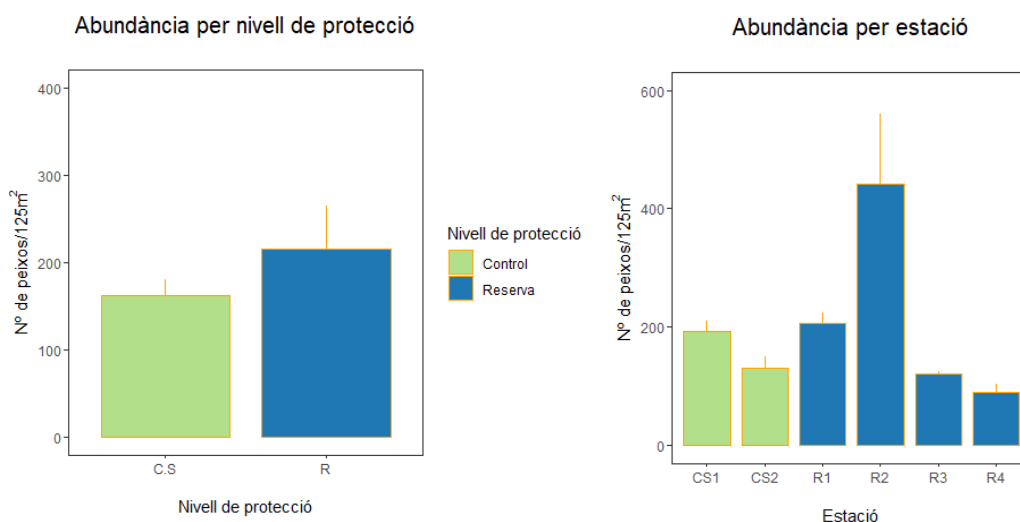


Figura 8. Comparació del nombre mitjà de peixos censats per transecte dins de cada nivell de protecció (control i reserva) i dins de cada estació. Dades de totes les espècies presents. Mitjana + EE.

Anàlisi d'abundància d'espècies demersals

Traient de l'anàlisi les espècies planctòfagues i pelàgiques costaneres, l'abundància mitjana de la reserva es redueix considerablement de $215 \pm 52,2$ individus/125 m² a $78 \pm 12,4$ individus/125 m² sobretot degut a la influència de *C. chromis*, *S. smarís* i *O. melanura* (Taula 4). En el cas de la zona control, l'abundància mitjana baixa de 162 ± 20 individus/125 m² a $80,3 \pm 10,5$ individus/125 m² (Fig.9) degut a la presència de *C. chromis* i *O. melanura*.

Els resultats estadístics tornen a mostrar que no hi ha diferències entre els dos nivells de protecció ($F^{\pi}=0,12$; $p_{(MC)}=0,83$, 15 permutacions) però sí que segueixen havent-hi diferències entre estacions ($F^{\pi}=3,26$; $p=0,028$, 9938 permutacions). Concretament, l'estació R1 té un valor d'abundància significativament major que la resta d'estacions amb un valor de $133 \pm 33,53$ individus/125 m² ($t=2,4-2,9$; $p_{(MC)}<0,05$, 7-10 permutacions). En aquesta estació, l'espècie *D. vulgaris*, i en menor mesura l'espècie *A. imberbis*, fan que es mantingui un valor elevat d'abundància (Taula 4).

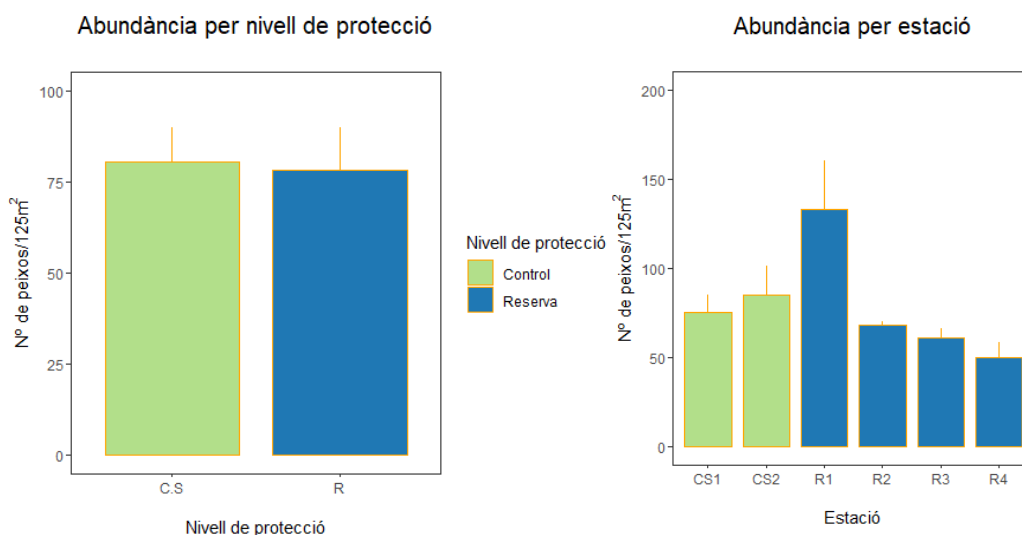


Figura 9. Comparació del nombre mitjà de peixos censats per transecte dins de cada nivell de protecció (control i reserva) i dins de cada estació. Dades de les espècies demersals. Mitjana + EE.

3. Resultats. La diversitat de peixos i els poblaments

3.2.3.3. La biomassa

A la Taula 5 es pot observar la biomassa mitjana de cada espècie en cada estació.

Taula 5. Estadística descriptiva (mitjana i error estàndard) per a la biomassa (Kg/125 m²) d'espècies en les diferents estacions. N= 3 transsectes de 125 m² a cada estació.

	Reserva								Control				Mitj. Total
	R1		R2		R3		R4		CS1		CS2		
	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	
<i>Apogon imberbis</i>	0,14	0,07	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	0,00	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04
<i>Chromis chromis</i>	0,05	0,02	0,76	0,38	0,02	0,01	0,08	0,07	0,13	0,06	0,09	0,05	0,19
<i>Coris julis</i>	0,07	0,01	0,28	0,15	0,06	0,02	0,07	0,05	0,04	0,03	0,06	0,01	0,10
<i>Diplodus annularis</i>	0,06	0,03	0,00	0,00	0,04	0,01	0,17	0,17	0,10	0,01	0,17	0,05	0,09
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,75	0,00	0,00	0,19	0,19	0,16
<i>Diplodus sargus</i>	0,14	0,03	0,34	0,24	0,22	0,17	0,14	0,09	0,03	0,03	0,64	0,28	0,25
<i>Diplodus vulgaris</i>	4,05	2,71	0,09	0,09	0,47	0,25	0,16	0,09	0,13	0,08	0,50	0,08	0,90
<i>Epinephelus costae</i>	0,47	0,47	0,16	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
<i>Epinephelus marginatus</i>	1,52	0,92	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00	0,35	0,35	0,00	0,00	0,34
<i>Labrus merula</i>	0,64	0,39	0,00	0,00	1,81	0,78	0,51	0,47	0,16	0,12	0,15	0,15	0,55
<i>Labrus viridis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,28	0,05
<i>Mullus surmuletus</i>	0,16	0,08	0,00	0,00	0,04	0,04	1,08	1,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21
<i>Muraena helena</i>	0,00	0,00	0,52	0,29	0,00	0,00	0,22	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12
<i>Oblada melanura</i>	0,74	0,74	0,27	0,27	1,64	1,06	0,66	0,66	0,61	0,31	0,05	0,03	0,66
<i>Sarpa salpa</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,71	1,48	2,26	1,51	0,83
<i>Sciaena umbra</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,17	0,01	0,01	0,21	0,21	0,09	0,09	0,08
<i>Scorpaena maderensis</i>	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002
<i>Scorpaena notata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,12	0,02
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,25	2,25	0,72	0,72	0,24	0,24	0,53
<i>Seriola dumerili</i>	1,16	1,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,21	0,61	5,06	3,90	1,24
<i>Serranus cabrilla</i>	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Serranus scriba</i>	0,15	0,07	0,36	0,08	0,14	0,08	0,04	0,04	0,08	0,06	0,47	0,21	0,20
<i>Sphyaena spp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,09	0,00	0,00	0,02
<i>Spicara maena</i>	0,55	0,29	0,00	0,00	0,22	0,22	0,00	0,00	1,67	0,21	0,03	0,03	0,41
<i>Spicara smaris</i>	0,00	0,00	1,07	0,53	0,00	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	0,20
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	0,45	0,29	0,33	0,33	0,06	0,06	0,22	0,17	0,02	0,02	0,00	0,00	0,18
<i>Symphodus cinereus</i>	0,00	0,00	0,004	0,004	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0008
<i>Symphodus doderleini</i>	0,001	0,001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0002
<i>Symphodus mediterraneus</i>	0,003	0,001	0,002	0,002	0,00	0,00	0,0002	0,0002	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001
<i>Symphodus melanocercus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01
<i>Symphodus ocellatus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,03	0,01
<i>Symphodus roissali</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
<i>Symphodus rostratus</i>	0,004	0,004	0,00	0,00	0,004	0,004	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,001
<i>Symphodus tinca</i>	0,22	0,06	0,01	0,01	1,23	0,30	0,11	0,05	0,41	0,29	0,27	0,06	0,37
<i>Tripterygion delaisi</i>	0,01	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
<i>Thalassoma pavo</i>	0,00	0,00	0,09	0,07	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,04	0,02	0,02

Anàlisi de la biomassa total

La mitjana de la biomassa total de peixos mostra valors inferiors dins de la reserva marina ($6,9 \pm 1,2 \text{ kg}/125 \text{ m}^2$) si es compara amb la zona control ($9,8 \pm 1,8 \text{ Kg}/125 \text{ m}^2$) (Fig. 10). Tot i així, la diferència observada no és significativa ($F^\pi=1,72$; $p_{(MC)}=0,24$, 15 permutacions).

Pel que fa al factor local, tampoc s'observen diferències significatives entre estacions ($F^\pi=0,90$; $p=0,49$, 9947 permutacions). De la mateixa manera que per a l'abundància, l'estació R1 continua mostrant un valor elevat ($10,58 \pm 2,35 \text{ kg}/125 \text{ m}^2$), al contrari que l'estació R2 que en aquest cas és la que presenta el valor més baix ($4,35 \pm 0,6 \text{ kg}/125 \text{ m}^2$) (Fig. 10) degut a que les espècies que la conformen contribueixen poc en l'indicador de biomassa (Taula 5). En canvi, en l'estació R1 és on hi ha una major contribució d'espècies de gran mida i, a més, vulnerables a la pesca com per exemple: *E. marginatus*, *S. dumerili* i *L. merula*.

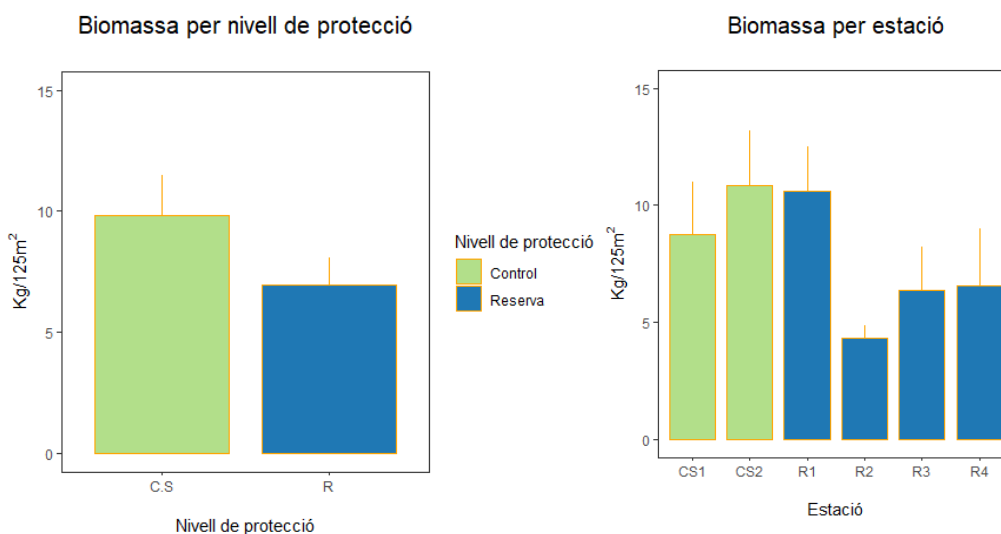


Figura 10. Comparació de la biomassa mitjana del poblament de peixos per transecte dins de cada nivell de protecció (control i reserva) i dins de cada estació. Dades de totes les espècies presents. Mitjana + EE.

Anàlisi de la biomassa d'espècies demersals

Els resultats sense tenir en consideració les espècies epipelàgiques i/o planctòfagues, mostren que la biomassa mitjana de la reserva passa de $6,9 \pm 1,2 \text{ kg}/125 \text{ m}^2$ a $5,1 \pm 1 \text{ kg}/125 \text{ m}^2$ i la de la zona control de $9,8 \pm 1,8 \text{ kg}/125 \text{ m}^2$ a $5,3 \pm 1,2 \text{ kg}/125 \text{ m}^2$ (Fig.11).

3. Resultats. La diversitat de peixos i els poblaments

Amb aquests valors, les anàlisis estadístiques segueixen sense detectar diferències significatives entre els dos nivells de protecció ($F^{\pi}=0,26$; $p_{(MC)}=0,735$, 15 permutacions) i entre les diferents estacions ($F^{\pi}=1,06$; $p=0,40$, 9949 permutacions). En aquesta anàlisi, l'estació R1 segueix mostrant el valor més elevat de biomassa ($8,1 \pm 2,86$ kg/125 m²) degut a la presència de les espècies esmentades anteriorment.

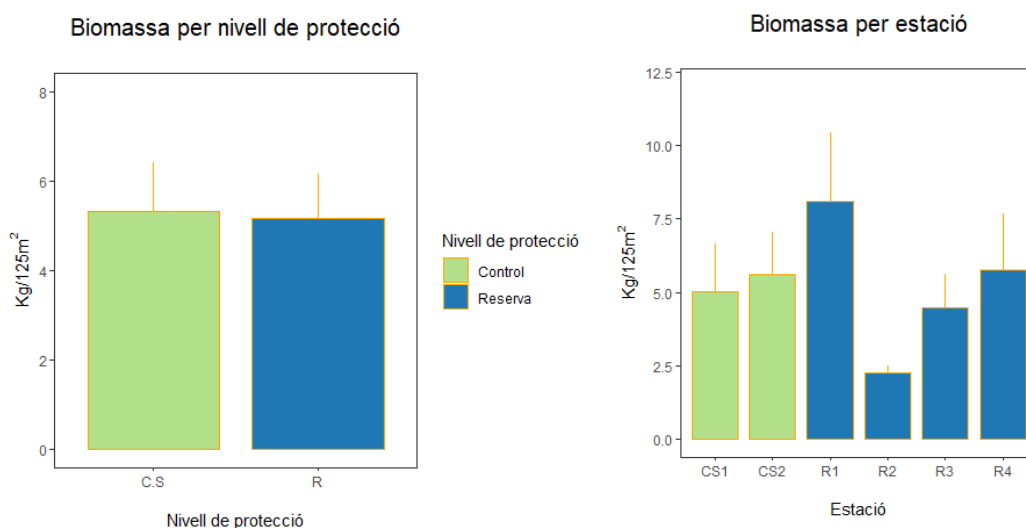


Figura 11. Comparació de la biomassa mitjana del poblament de peixos per transsecte dins de cada nivell de protecció (control i reserva) i dins de cada estació. Dades de les espècies demersals. Mitjana + EE.

3.3. LES ESPÈCIES VULNERABLES A LA PESCA

3.3.1. Índex descriptors

3.3.1.1. La riquesa d'espècies

S'han censat 10 espècies d'interès pesquer en les aigües de la reserva marina de la Punta de sa Creu (Taula 6) d'entre les quals s'hi troben les espècies epipelàgiques costaneres *S. dumerili* i *C. crysos*. Les vuit restants són d'hàbits demersals litorals. La família més diversificada és la dels espàrids, amb quatre espècies: *D. sargus*, *D. vulgaris*, *D. puntazzo* i *S. cantharus*. D'altra banda, en la zona control s'han censat un total de 15 espècies, un valor més elevat comparat amb el de la reserva marina.

3. Resultats. Les espècies vulnerables a la pesca

En aquesta zona control s'han pogut observar les espècies *C. crysos*, *P. incisus*, *S. porcus*, *S. scrofa*, *S. dumerili* i *S. aurata*, però no l'espècie *M. helena* (Taula 6).

Taula 6. Llista d'espècies vulnerables a la pesca censades en les aigües de la reserva marina de la Punta de sa Creu i de la seva zona control. +: present, -: absent. N= 16 transsectes de 250 m² a cada zona.

	Reserva	Control
<i>Caranx crysos</i>	-	+
<i>Diplodus puntazzo</i>	+	+
<i>Diplodus sargus</i>	+	+
<i>Diplodus vulgaris</i>	+	+
<i>Epinephelus costae</i>	+	+
<i>Epinephelus marginatus</i>	+	+
<i>Labrus merula</i>	+	+
<i>Labrus viridis</i>	+	+
<i>Muraena helena</i>	+	-
<i>Pomadasys incisus</i>	-	+
<i>Sciaena umbra</i>	+	+
<i>Scorpaena porcus</i>	-	+
<i>Scorpaena scrofa</i>	-	+
<i>Seriola dumerili</i>	-	+
<i>Sparus aurata</i>	-	+
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	+	+

De les 16 espècies censades en el conjunt d'estacions protegides i no protegides, les més freqüents han estat la variada (*D. vulgaris*), el sard (*D. sargus*), el tord massot (*L. merula*) i la morruda (*D. puntazzo*) amb una ocurrència del 96,88%, 84,38%, 65,63 i 62,5% respectivament (Taula 7). Aquestes espècies formen part d'un grup amb una ocurrència mitjana-alta (>50% dels transsectes). Un segon grup d'espècies apareixen amb una ocurrència d'entre el 20 i el 49%: la càntara (*S. cantharus*) i l'escorball (*S. umbra*).

Altres espècies tenen una ocurrència més baixa (*L. viridis*, *E. marginatus* i *M. helena*) d'entre el 10 i el 13% i, per últim, n'hi ha 6 que rarament foren observades, amb menys del 4% d'aparició als transsectes (*C. crysos*, *S. dumerili*, *P. incisus*, *S. porcus*, *S. scrofa* i *S. aurata*).

3. Resultats. Les espècies vulnerables a la pesca

Taula 7. Freqüència d'aparició (ocurrència %) i nivell tròfic de les espècies vulnerables a la pesca en les aigües de la reserva marina de la Punta de sa Creu i la seva zona control.

■ Occurrència mitjana-alta. ■ Occurrència mitjana-baixa.

Nivell tròfic	Espècie	% Occurrència (N=32)
>3.5	<i>Caranx crysos</i>	3,13
	<i>Seriola dumerili</i>	3,13
	<i>Epinephelus costae</i>	9,38
	<i>Epinephelus marginatus</i>	12,50
	<i>Labrus merula</i>	65,63
	<i>Labrus viridis</i>	15,63
	<i>Muraena helena</i>	12,50
	<i>Pomadasys incisus</i>	3,13
	<i>Sciaena umbra</i>	25,00
	<i>Scorpaena porcus</i>	3,13
	<i>Scorpaena scrofa</i>	3,13
	<i>Sparus aurata</i>	3,13
≤ 3.5	<i>Diplodus puntazzo</i>	62,50
	<i>Diplodus sargus</i>	84,38
	<i>Diplodus vulgaris</i>	96,88
	<i>Spondyliosoma cantharus</i>	34,38

Pel que fa a la riquesa d'espècies, el valor mitjà observat per transsecte és de $4 \pm 0,4$ espècies/250 m² dins la reserva marina, sent una mica més elevat dins de la zona control ($4,7 \pm 0,5$ espècies/250 m²) (Fig.12). Les anàlisis estadístiques demostren que no hi ha diferències entre els dos nivells de gestió ($F^{\pi}=0,30$; $p=0,84$, 9961 permutacions) i tampoc s'observen diferències significatives entre les estacions dins d'un mateix nivell de protecció ($F^{\pi}=0,86$; $p=0,51$, 9959 permutacions.).

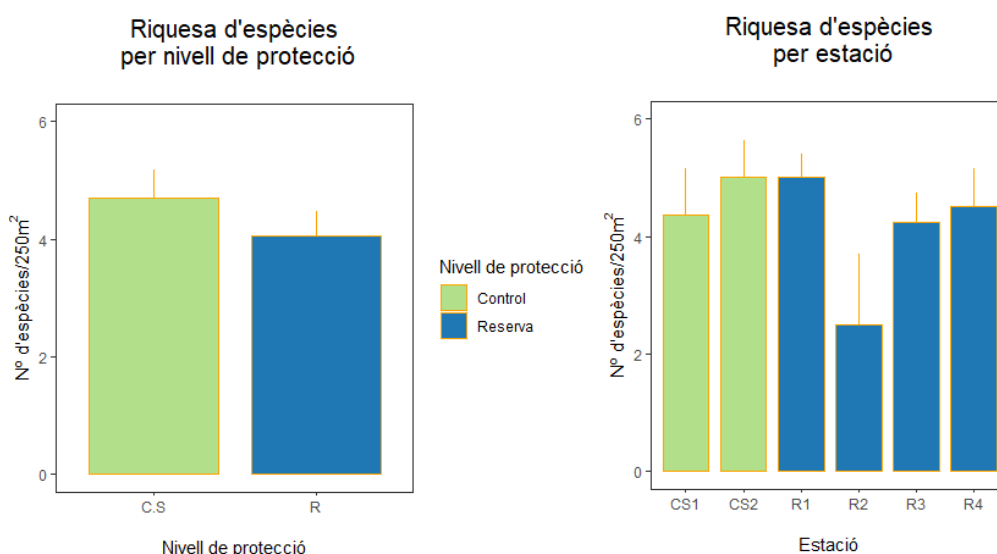


Figura 12. Comparació del nombre mitjà d'espècies vulnerables a la pesca per transsecte dins dels dos nivells de protecció (control i reserva) i dins de cada estació. Mitjana + EE.

3. Resultats. Les espècies vulnerables a la pesca

3.3.1.2. L'abundància d'espècies demersals

A la taula 8 es pot observar l'abundància per a cada espècie dins cada estació, destacant que l'espècie demersal més abundants és la variada (*D. vulgaris*) seguida del sard (*D. sargus*).

Taula 8. Estadística descriptiva (mitjana i error estàndard) per a l'abundància d'espècies (Nombre d'individus/250 m²) vulnerables a la pesca en les diferents estacions. N= 4 transsectes de 250 m² en les estacions de la reserva i N=8 en les estacions de la zona control.

	Reserva								Control				Mitj. Total
	R1		R2		R3		R4		CS1		CS2		
	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	
<i>Caranx crysos</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,13	0,02
<i>Diplodus puntazzo</i>	1,00	0,41	1,00	0,71	1,50	0,65	1,75	0,25	0,75	0,37	1,13	0,55	1,19
<i>Diplodus sargus</i>	14,75	10,16	2,00	1,22	2,25	1,31	1,50	0,65	3,25	0,88	5,63	1,13	4,90
<i>Diplodus vulgaris</i>	30,75	9,04	2,75	1,55	33,75	26,53	14,25	3,28	11,75	1,45	15,13	2,68	18,06
<i>Epinephelus costae</i>	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,13	0,13	0,13	0,08
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,25	0,25	0,00	0,00	0,25	0,25	0,00	0,00	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
<i>Labrus merula</i>	0,50	0,29	0,75	0,75	1,50	0,50	0,75	0,25	0,88	0,35	1,75	0,41	1,02
<i>Labrus viridis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	0,50	0,27	0,17
<i>Muraena helena</i>	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17
<i>Pomadasys incisus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,13	0,00	0,00	0,02
<i>Sciaena umbra</i>	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,38	1,46	0,63	0,50	0,83
<i>Scorpaena porcus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,13	0,02
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,13	0,00	0,00	0,02
<i>Seriola dumerili</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,38	0,06
<i>Sparus aurata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,13	0,00	0,00	0,02
<i>SpondylIOSoma cantharus</i>	4,50	3,84	1,50	1,50	0,50	0,50	0,75	0,48	0,25	0,25	1,00	0,63	1,42

L'anàlisi estadística mostra que el factor protecció tampoc té una influència en les dades d'abundància de les espècies vulnerables ($F^{\pi}=0,87$; $p=0,48$, 9959 permutacions). Aquest indicador té un valor de $30,3 \pm 8,4$ ind./250 m² dins la reserva marina i de $23,5 \pm 2,2$ ind./250 m² dins la zona control (Fig.13).

D'altra banda, les diferències sí són significatives si comparem les diferents estacions dins d'un mateix nivell de protecció ($F^{\pi}=2,16$; $p=0,04$, 9951 permutacions). Concretament s'observen diferències marginals entre R1 i R2 ($t=1,96$; $p_{(MC)}=0,05$, 35 permutacions). L'estació R1 presenta una abundància major, de $53,25 \pm 16,9$ ind./250 m², comparada amb l'estació R2, que té un valor de $8,25 \pm 5,4$ ind./250 m².

3. Resultats. Les espècies vulnerables a la pesca

Les dades que donen peu a aquestes diferències son l'abundància significativament major de sards i variades a l'estació R1 (Taula 8). A més, tot i que en menor mesura, també són influents les espècies *S. umbra* i *S. cantharus*. Per últim, també cal destacar l'abundància de variades en l'estació R3, que fan que també sigui una estació amb un valor elevat d'abundància ($40,25 \pm 26$ ind./250 m²) (Fig.13).

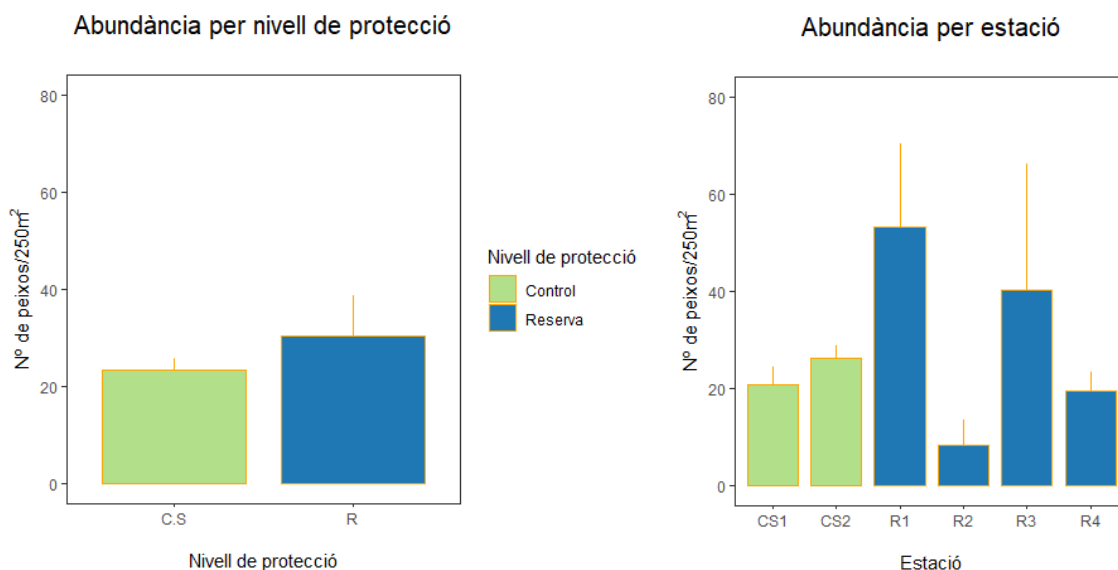


Figura 13. Comparació del nombre mitjà de peixos demersals vulnerables a la pesca per transecte dins dels dos nivells de protecció (control i reserva) i dins de cada estació. Mitjana + EE.

3.3.1.3. La biomassa d'espècies demersals

A la taula 9 es pot observar com les espècies demersals que aporten més biomassa al conjunt total de mostres són, en aquest ordre: *D. vulgaris*, *D. puntazzo* i *D. sargus*. Seguides de les espècies *L. merula* i *S. umbra*.

3. Resultats. Les espècies vulnerables a la pesca

Taula 9. Estadística descriptiva (mitjana i error estàndard) per a la biomassa (Kg/250 m²) d'espècies vulnerables a la pesca en les diferents estacions. N= 4 transsectes de 250 m² en les estacions de la reserva i N=8 en les estacions de la zona control.

	Reserva								Control				Mitj. Total
	R1		R2		R3		R4		CS1		CS2		
	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	EE	Mitj.	SE	Mitj.	EE	
<i>Caranx crysos</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,12	0,02
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,39	0,16	0,61	0,40	1,86	1,03	0,93	0,30	0,35	0,16	1,00	0,53	0,86
<i>Diplodus sargus</i>	1,21	0,99	0,09	0,05	0,08	0,05	0,13	0,09	0,64	0,18	0,59	0,14	0,46
<i>Diplodus vulgaris</i>	1,61	0,44	0,10	0,04	2,26	2,03	0,98	0,37	1,33	0,22	1,46	0,44	1,29
<i>Epinephelus costae</i>	0,53	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,09
<i>Epinephelus marginatus</i>	0,31	0,31	0,00	0,00	0,53	0,53	0,00	0,00	0,08	0,08	0,19	0,19	0,18
<i>Labrus merula</i>	0,22	0,13	0,23	0,23	0,59	0,22	0,22	0,08	0,27	0,11	0,38	0,10	0,32
<i>Labrus viridis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,02	0,02	0,00	0,00	0,20	0,11	0,04
<i>Muraena helena</i>	0,38	0,38	0,16	0,16	0,16	0,16	0,38	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18
<i>Pomadasys incisus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,01
<i>Sciaena umbra</i>	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88	0,40	0,41	0,40	0,27
<i>Scorpaena porcus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,003
<i>Scorpaena scrofa</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,01
<i>Seriola dumerili</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,15	0,03
<i>Sparus aurata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,07	0,00	0,00	0,01
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0,28	0,20	0,42	0,42	0,02	0,02	0,11	0,08	0,04	0,04	0,25	0,16	0,18

Les anàlisis estadístiques mostren que el factor protecció segueix sense ser influent en els valors de les mostres ($F^{\pi}=0,20$; $p=0,97$, 9950 permutacions) i que les estacions dins de la reserva tampoc presenten diferents biomasses d'espècies vulnerables ($F^{\pi}=1,52$; $p=0,16$, 9933 permutacions).

La reserva marina presenta un valor mitjà de biomassa de $3,8 \pm 0,6$ Kg/250 m² semblant al valor mitjà de la zona control ($4,1 \pm 0,6$ Kg/250 m²) (Fig.14). Pel que fa les estacions, la R1 i la R3 presenten valors més elevats de biomassa ($5,24 \pm 1,20$ Kg/250 m² i $5,54 \pm 1,26$ Kg/250 m² respectivament) comparat amb les estacions R2 i R4, amb valors de $1,6 \pm 1$ Kg/250 m² i de $2,76 \pm 0,56$ Kg/250 m² (Fig. 14).

L'espècie que aporta més biomassa a les estacions R1 i R3 i que accentua les diferències és la variada (*D. vulgaris*) (Taula 9). Però a part, la morruda (*D. puntazzo*) també aporta força biomassa a R3, i el sard (*D. sargus*) a R1. Per últim, l'anfós és exclusiu d'aquestes dos estacions i l'anfós llis i l'escorball, concretament ho són de l'estació R1.

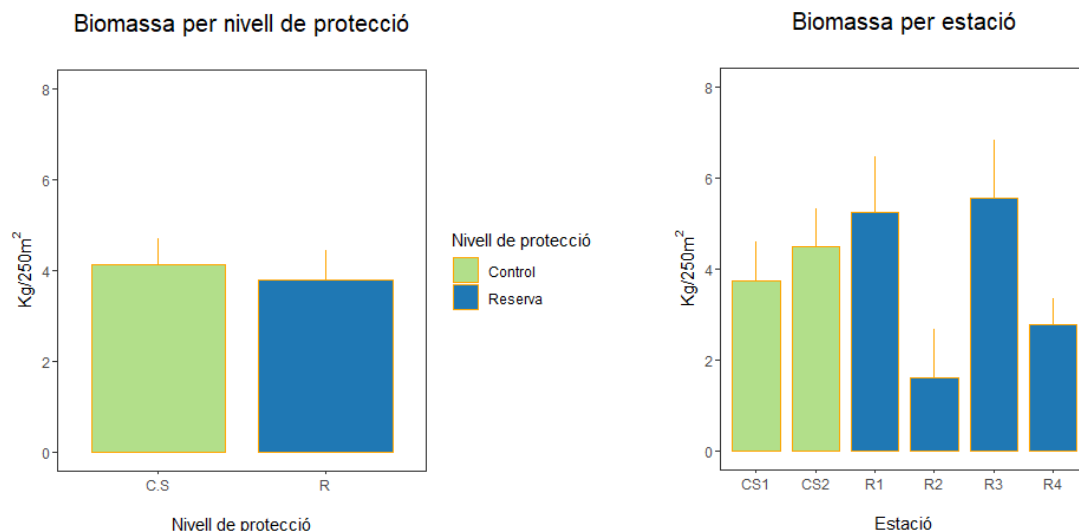


Figura 14. Comparació de la biomassa mitjana per transecte de les espècies demersals vulnerables a la pesca dins dels dos nivells de protecció (control i reserva) i dins de cada estació. Mitjana + EE.

3.3.1.4. La biomassa d'espècies demersals meso i macrocarnívores

Pel que fa a la biomassa d'espècies demersals meso i macrocarnívores (nivell tròfic >3,5), la qual exclou la família dels espàrids, els valors son semblants entre la reserva marina i la zona control. La reserva marina presenta un valor de $1 \pm 0,2$ kg/250 m² i la zona control de $1,3 \pm 0,3$ kg/250 m² (Fig.15). Al ser valors molt semblants, les anàlisis estadístiques mostren que no hi ha diferències significatives entre ells ($F^{\pi}=0,31$; $p=0,80$, 9947 permutacions).

Analitzant el factor estació, totes les estacions tenen un valor mitjà de biomassa de meso-macro carnívors d'entre 0,3 i 1,8 Kg/250 m². Tot i la diferència d'un factor de x6 entre els valor mitjans extrems, la variació espacial a petita escala, entre transectes d'una mateixa estació, és elevada, i fa que no es detectin diferències significatives entre elles ($F^{\pi}=0,89$; $p=0,48$, 9957 permutacions). En aquest indicador, l'estació R1 és la que mostra una major biomassa ($1,75 \pm 0,5$ kg/250 m²), degut principalment a la presència exclusiva de l'anfós llis (*E. costae*) i l'escorball (*S. umbra*) (Taula 9).

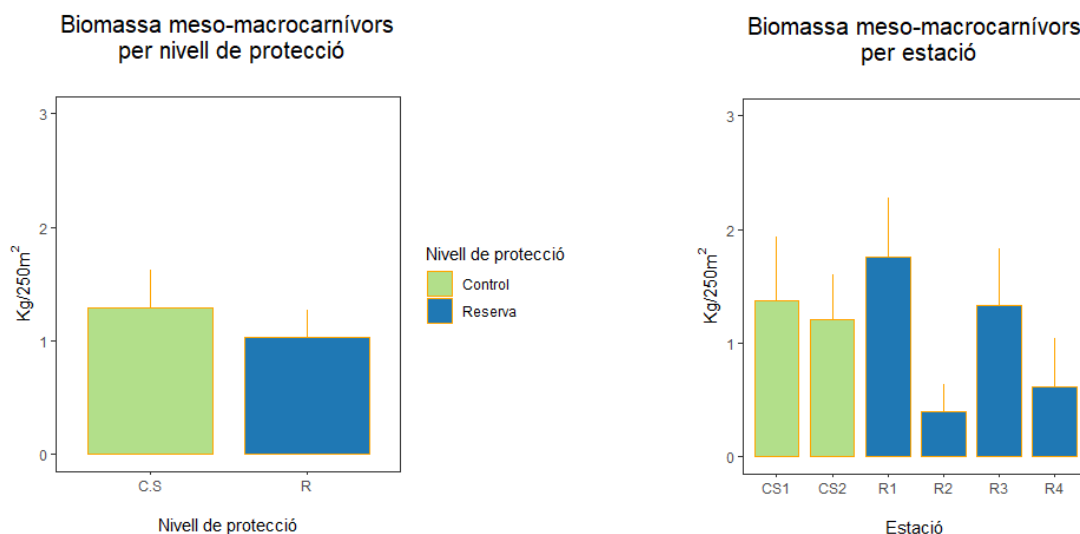


Figura 15. Comparació de la biomassa mitjana per transsecte de les espècies meso i macrocarnívores demersals vulnerables a la pesca dins dels dos nivells de protecció (reserva i control) i dins de cada estació. Mitjana + EE.

3.3.2. Anàlisi de talles d'espècies abundants

Les espècies més freqüents i abundants, i per a les quals s'ha obtingut una bona representació en tots els nivells de protecció ($N > 30$), han estat la variada (*D. vulgaris*, $n=541$) i el sard (*D. sargus*, $n=153$). Per a altres espècies relativament abundants com *D. puntazzo* ($n=36$), *L. merula* ($n=35$), *S. cantharus* ($n=39$) i *S. umbra* ($n=36$), el nombre d'individus censats dins de cada nivell de protecció no ha estat suficient per poder observar patrons robusts de les seves distribucions de talles.

La variada (*Diplodus vulgaris*)

La distribució de talles per a la variada es situa al voltant de la seva talla de primera maduresa sexual (17 cm segons Mouine *et al.*, 2007) (Fig. 16).

Aquestes talles han resultat ser menors dins de la reserva, amb una mitjana de 15,4 i modal de 16-18 cm, comparades amb les de les zones control, que han mostrat una mitjana superior de 18 cm i una moda de 20 cm.

3. Resultats. Les espècies vulnerables a la pesca

D'aquesta manera, el percentatge d'individus madurs és inferior dins la reserva marina (31,3 %) en front del 72,1 % de la zona control. El resultat del KS-Test, mostra un p.valor $< 0,001$, indicant així que les distribucions de talles de la reserva marina i de la zona control segueixen diferents patrons.

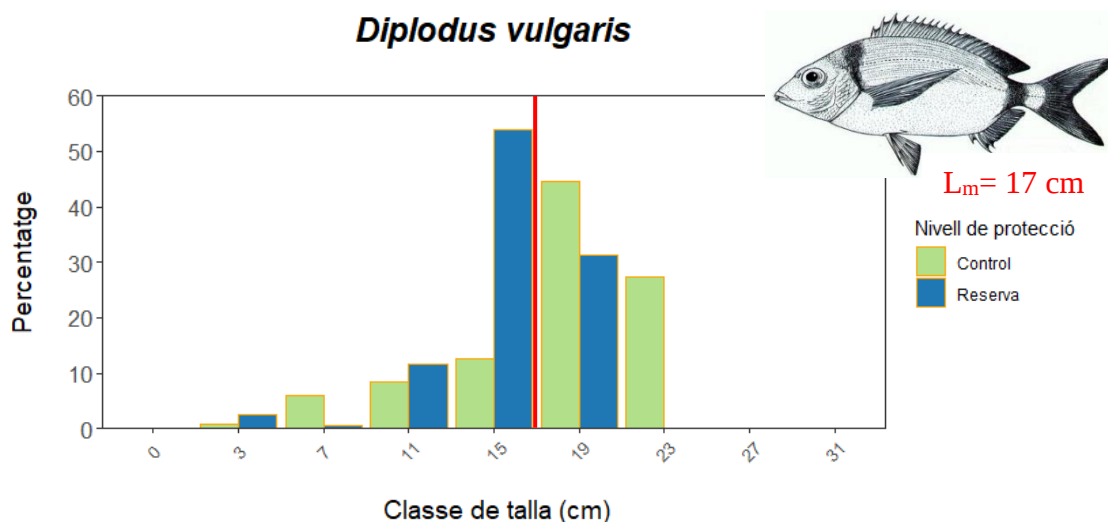


Figura 16. Distribució de freqüències de talla (classe de 4 cm) per a la variada (*D. vulgaris*) dins dels dos nivells de protecció (reserva=326 i control n=215). L_m =Talla primera maduresa sexual.

El sard (*Diplodus sargus*)

El sard presenta una distribució de talles més àmplia, sobretot dins de la zona control (Fig.17). Per a aquesta espècie, la mitjana es situa als 16 cm dins la reserva marina, novament un valor inferior al de la zona control (18,2 cm). El valor modal és també relativament menor dins de la reserva (18 cm) en front als 22 cm de la zona control. Pel que fa al percentatge de maduresa, destaca la baixa representació d'individus madurs dins de la reserva (1,2 %) sent els valors més equilibrats dins la zona control (40,9 % de maduresa).

El resultat del KS-Test mostra un p.valor $< 0,001$, per tant, de la mateixa manera que per a la variada, les distribucions de talles de la reserva marina i la zona control són significativament diferents.

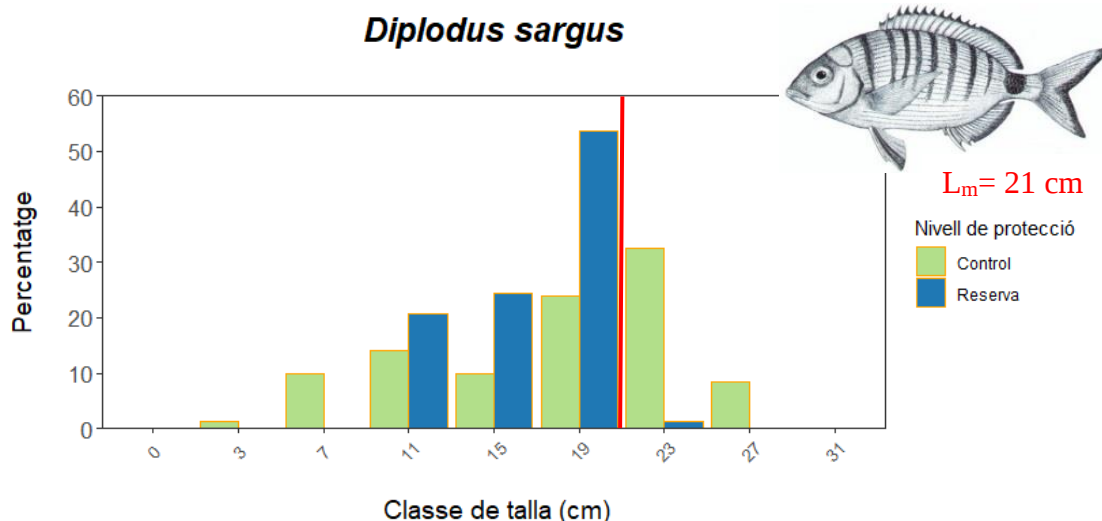


Figura 17. Distribució de freqüències de talla (classe de 4 cm) per al sard (*D. sargus*) dins dels dos nivells de protecció (reserva=82 i control n=71). L_m =Talla primera maduresa sexual.

4. DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS

L'estudi dels peixos de la reserva marina de la Punta de sa Creu s'ha diferenciat bé en vers els poblaments, on es tenen en compte totes les espècies, i en vers les espècies vulnerables a la pesca. La metodologia difereix bàsicament en la mida de la unitat de mostra, que en el primer cas s'adapta al *home range* més reduït d'espècies petites molt presents en les comunitats biològiques infralitorals, i que s'incrementa en el cas de les espècies vulnerables a la pesca. La informació resultant d'un i altre objectiu d'estudi és complementària. Els temes relacionats amb la biodiversitat cal estudiar-los via informació del poblament, i els relacionats amb pesca, tot i que la informació del primer cas no és menyspreable, s'ha d'abordar amb l'estudi de major abast espacial i temporal que s'ha aplicat al grup d'espècies vulnerables.

4.1. LA DIVERSITAT DE PEIXOS I ELS POBLAMENTS

Pel que fa a l'efecte de la gestió sobre la composició qualitativa i quantitativa (abundància de peixos) dels poblaments, es pot concloure que la gestió encara no ha estat influent en els resultats.

Aquest fet el corroboren el valor de R negatiu de l'anàlisi ANOSIM i la gran dispersió de les mostres d'un mateix nivell de protecció en l'anàlisi MDS. Com a conseqüència, els descriptors sintètics (riquesa, abundància, biomassa) són encara bastant homogenis entre els dos nivells de protecció (control i reserva) (Taula 10).

Taula 10. Indicadors de la reserva marina de la Punta de sa Creu per l'estudi del poblament de peixos. Valors mitjans $\pm$ EE per transsecte. S=Riquesa, A_t = Abundància total, A_d = Abundància demersals, B_t = Biomassa total, B_d = Biomassa demersals.

Zona	S Spp./125m ²	A_t Indiv./125m ²	A_d Indiv./125m ²	B_t Kg/125m ²	B_d Kg/125m ²
Reserva marina	13,4 $\pm$ 0,8	215 $\pm$ 52,2	78 $\pm$ 12,4	6,9 $\pm$ 1,2	5,1 $\pm$ 1
Control	15 $\pm$ 0,9	162 $\pm$ 20	80,3 $\pm$ 10,5	9,8 $\pm$ 1,8	5,3 $\pm$ 1,2

Pel que fa a les anàlisis estadístiques, no s'han trobat diferències significatives entre els dos nivells de protecció per a cap indicador, la qual cosa corrobora l'homogeneïtat dels resultats, i un estat encara latent de la reserva i dels seus efectes en l'estructura dels poblaments. La semblança dels resultats de biomassa i abundància actuals amb els obtinguts en l'estudi previ a la creació de la reserva (Coll *et al.*, 2017), on també es van mostrejar les estacions R1 i R3, recolzen el reduït efecte de la protecció. Tot i així, els valors són majors enguany. La mitjana d'abundància de demersals d'aquestes dues estacions al 2017 va ser de 67,5 individus/125 m² i actualment fou de 97 individus/125 m². Sobre la biomassa de demersals, al 2017 el valor fou de 32,5 g/m² i actualment és de 50,25 g/m² (els valors de biomassa del poblament es refereixen sovint, i a efectes comparatius de major escala geogràfica, a m² i no a 125 m²).

Com en el cas de moltes altres AMPs, les diferències es donen en major grau i de forma significativa a escala molt local, entre estacions dins d'un mateix nivell de protecció.

Aquest patró de diferències locals, ja havia estat descrit per Guidetti i Sala (2007), al que qualificaren com la idiosincràsia d'un lloc concret, i que respon bàsicament a una resposta *patchy* (a taques) dels poblaments de peixos, a diferents escales espacials i en resposta a variables ambientals i d'hàbitat conegudes (Luckhurst i Luckhurst, 1978; Garcia-Rubies, 1997; García-Charton *et al.*, 2004; Coll *et al.*, 2013; Morey *et al.*, 2020).

Aquestes diferències es manifesten dins de la reserva marina, on l'estació R1 presenta els indicadors més elevats de riquesa, abundància de demersals, biomassa total i biomassa de demersals. Tot i que les diferències són significatives només per a la riquesa i l'abundància de demersals. Aquests valors més elevats venen influenciats principalment per la gran quantitat de variades censades a R1 i a la presència gairebé exclusiva en aquesta estació d'anfossos i cirvioletes. Cal dir que en comparació amb els indicadors en l'estudi previ (Coll *et al.*, 2017), actualment aquesta estació ha doblat la seva abundància d'espècies demersals i la seva biomassa.

L'estació R1, que coincideix amb el punt toponímic de la mateixa punta de sa Creu, és una de les més profundes i que presenta una major rugositat, factors que Coll *et al.*, (2013) van descriure com a determinants d'una capacitat de càrrega (en biomassa) superior. Concretament, aquests autors van descriure que la combinació de la fondària mitjana dels transectes, i la interacció o producte de la rugositat, l'exposició a vents i corrents, i la caiguda o pendís cap a aigües profundes, afavorien capacitats de càrrega (en biomassa) més elevades. Uns factors bàsicament iguals als que Edgar *et al.*, (2014) consideraren com a òptims per elegir una reserva marina amb bones prestacions. Aquests fets també expliquen perquè l'estació R2 presenta els valors més baixos per a gairebé tots els indicadors (a excepció de les abundàncies total i de demersals del poblament) ja que és l'estació més somera i que presenta una rugositat més baixa.

En referència als valors dels indicadors obtinguts en el conjunt de les estacions, la biomassa és el millor per mesurar l'estat de conservació dels poblaments de peixos doncs no està influenciada per pics de reclutament de juvenils, que, per contra, aporten gran variància a les estimes d'abundància; ni per moles de petits planctòfags, amb el mateix efecte sobre les estimes d'abundància però amb poc efecte en la biomassa (Guidetti i Sala, 2007). Al respecte, i transformant les unitats per tal de fer-les comparables amb valors de referència per a tot el poblament, el resultat de biomassa dins de la reserva marina és de 55 g/m², un valor inferior al de la zona control: 78,4 g/m². També és un valor inferior a l'observat en la reserva marina de la costa Nord-Est d'Eivissa-Tagomago aquest mateix any 2020, la qual ha presentat una biomassa de 234,4 g/m² dins la reserva integral i de 81,9 g/m² dins l'àrea parcialment protegida (Arpa, 2020).

Per últim, el valor de biomassa del poblament obtingut en la reserva marina estudiada, també és inferior a l'observat en altres reserves marines del Mediterrani altament protegides (Guidetti *et al.*, 2014 i Sala *et al.*, 2012) les quals presentaren valors d'entre 80 i 120 g/m².

Tot i així, tenint en compte que els valors de biomassa observats en la reserva marina estudiada superen el llindar de 40 g/m² (valor establert com a límit inferior d'un bon estat de conservació pels anteriors autors mencionats), es pot concloure que la reserva marina de la Punta de sa Creu supera lleument el límit per considerar que presenta un bon estat de conservació inicial pel que fa al poblament de peixos.

S'ha de dir també que malgrat disposar d'aquestes referències de biomassa, hi ha treballs que desaconsellen el seu ús sense haver corregit abans pels factors ambientals i d'hàbitat característics de cada indret (Coll *et al.*, 2013; McClanahan *et al.*, 2019). Com es menciona en l'estudi de Sala *et al.*, (2012), els valors màxims de biomassa al mar Mediterrani, caracteritzats per la seva singularitat, es limiten a hàbitats molt particulars amb un hidrodinamisme important.

4.2. LES ESPÈCIES VULNERABLES A LA PESCA

De la mateixa manera que per al poblament de peixos, l'efecte del factor del nivell de protecció no és significatiu sobre els valors dels indicadors estudiats, és a dir, no provoca diferències de riquesa, abundància i biomassa entre la reserva marina i les zones control. A la taula 11 es pot observar que els 4 indicadors estudiats tenen valors semblants per a les dues zones, novament donant peu a la conclusió que l'efecte de la reserva encara no és detectable.

Taula 11. Indicadors de la reserva marina de la Punta de sa Creu per a l'estudi de les espècies vulnerables a la pesca. Valors mitjans $\pm$ EE per transecte. S= Riquesa, A= Abundància, B= Biomassa i B_{macro}= Biomassa meso i macrocarnívors.

Zona	S Spp./250m ²	A Indiv./250m ²	B Kg/250m ²	B _{macro} Kg/250m ²
Reserva marina	4 $\pm$ 0,4	30,3 $\pm$ 8,4	3,8 $\pm$ 0,6	1 $\pm$ 0,2
Control	4,7 $\pm$ 0,5	23,5 $\pm$ 2,20	4,1 $\pm$ 0,6	1,3 $\pm$ 0,3

Parant atenció als valors de biomassa com al millor indicador per mesurar l'efecte reserva, els valors indiquen que la reserva marina està lluny dels valors de la majoria d'indrets (<16 m de fondària) parcialment protegits de les Illes Balears que, segons Coll (2020), mostren una biomassa d'espècies vulnerables a la pesca d'entre 5 i 15 Kg/250 m². Com a punt positiu, si comparem els valors de biomassa d'aquesta reserva amb els de la zona de reserva parcial de la reserva marina de la costa Nord-Est d'Eivissa-Tagomago, la biomassa de la Punta de sa Creu és superior (2,5 Kg/250 m² vs 3,8 Kg/250 m²) (Arpa, 2020). També, si es compara la biomassa obtinguda enguany amb l'obtinguda al 2010 (Morey *et al.*, 2010), la mitjana de la biomassa de les quatre estacions han mostrat una petita millora, passant de 2,5 Kg/250 m² als actuals 3,8 Kg/250 m².

El poc temps transcorregut des de la declaració de la reserva de la Punta de sa Creu, deixa molt marge per observar millores significatives, tot i que caldria no perdre l'objectiu de millorar la vigilància en la mesura que sigui possible, ja que pocs casos de furtivisme poden desbaratar de forma important els resultats d'un recurs escàs i a molt poca fondària (Morey *et al.*, 2010). La poca abundància i el baix valor de biomassa de macrocarnívors com a bon indicador ecosistèmic (Sala, 2004) també revela el poc avanç en la successió, que ens duu cap a un ecosistema de poca complexitat degut a l'estadi primerenc de la zona protegida (Sandin i Sala, 2012).

Pel que fa al factor local de l'estació, en comparació amb els indicadors del poblament, es redueixen les diferències significatives entre indicadors dels diferents llocs. Per a les espècies vulnerables, només es manté la diferència d'abundància entre estacions, sobretot degut a la gran quantitat de sards i variades observades a l'estació situada més al nord, la R1. Aquest fet també fa que aquesta estació sigui una de les que presenta més biomassa amb un valor de $5,24 \pm 1,20$ Kg/250 m² (juntament amb R3 amb $5,54 \pm 1,26$ Kg/250 m²). Addicionalment, també és l'estació on hi ha més biomassa de macrocarnívors i on hi ha la presència exclusiva d'anfossos llisos (*E. costae*) i escorballs (*S. umbra*). Al 2010, l'estació més septentrional (R1) també va ser la que va presentar una major biomassa d'espècies d'interès pesquer, seguida de l'estació R3.

Aquests fets recolzen els resultats obtinguts per al poblament, indicant que l'estació situada més al nord, juntament amb l'estació R3, presenten unes característiques d'hàbitat (major fondària i rugositat) que les fan propenses a obtenir valors més elevats de biomassa. Tot i així, caldria profunditzar en la caracterització de l'hàbitat en la propera campanya de 2021 per tal de tenir una descripció més acurada de l'àrea d'estudi i per tal de poder profunditzar en el seu efecte sobre els indicadors biològics.

Pel que fa a les espècies que contribueixen més al valor de la biomassa, dins de la reserva marina, les espècies del gènere *Diplodus* representen el 66% de la biomassa d'espècies vulnerables a la pesca. Aquest fet és habitual en els estadis inicials en la protecció d'àrees marines, on el percentatge que assoleixen les espècies amb major nivell tròfic sol ser sempre baix, i el gruix de la biomassa (>50%) sol estar representat per espècies del gènere *Diplodus*. Exemples d'això en tenim a la majoria de reserves marines de les Illes Balears que, a mesura que passen els anys, va minvant percentualment la representació dels *Diplodus spp.* perquè guanyin importància espècies com el mateix anfós llis, altres grans serrànids, esciènids, escorpènids i, en resum, espècies de major nivell tròfic i més preuades pel sector pesquer (Morey *et al.*, 2018, 2020; Coll *et al.*, 2018, 2020).

Finalment, concloure que el poc temps de protecció que duu la reserva encara no ha permès observar increments significatius de riquesa, abundància i biomassa però tal com es va mencionar en els estudis de Coll *et al* (2017) i Morey *et al* (2010) i es ratifica en aquest estudi, la zona i l'hàbitat de la reserva marina de la Punta de sa Creu són adequats per albergar grans i diverses poblacions de peixos, entre elles d'espècies d'interès pesquer.

5. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

Anderson, M.J., Gorley, R.N. i Clarke, K.R. (2008). PERMANOVA+ for *PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods*. PRIMER-E: Plymouth, UK.

Arpa, M. (2020). Seguiment dels poblaments de peixos de fons rocosos a la reserva marina de la costa Nord-Est d'Eivissa-Tagomago. Informe Tècnic per a la Direcció General de Pesca i Medi Marí del Govern de les Illes Balears. Tragsatec. 73 pàgines.

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.

Coll, J., García-Rubies, A., Morey, G., Reñones, O., Álvarez-Berastegui, D., Navarro, O. i Grau, A. M. (2013). Using no-take marine reserves as a tool for evaluating rocky-reef fish resources in the western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science*, 70(3): 578-590.

Coll, J., G. Morey, F., Verger i B. Lores. (2017). Evaluación de las aguas interiores de Formentera y de las zonas del Baix Fondo y de Es Ram para su eventual declaración como reserva marina. Informe técnico para el Consell Insular de Formentera. Tragsatec. 120 pàgines.

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

Coll, J. (2020). Seguiment de les comunitats marines d'Espais Naturals Protegits de les Illes Balears. Cens de poblacions de peixos (PN Cabrera). Informe tècnic per a la Direcció General d'Espais Naturals i Biodiversitat del Govern de les Illes Balears - Tragsatec. 109 pàgines.

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

Decret 38/2018 de 16 de Novembre de 2018 (BOIB nº 144, de 17 de Novembre de 2018).

Decret 41/2015 de 22 de maig modificat (BOIB nº 144, de 17 de Novembre de 2018).

Edgar, G. J., Stuart-Smith, R. D., Willis, T. J., *et al.* (2014). Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature*, 506: 246-220. doi: 10.1038/nature13022.

- Francour, P. (1991). The effect of protection level on a coastal fish community at Scandola, Corsica. *Rev. Ecol (Terre Vie)*, 46: 65-81.
- Froese, R. i Pauly, D. (2020). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org
- García-Charton, J.A., Pérez-Ruzafa, A., Sánchez-Jerez, P., Bayle-Sempere, J.T., Reñones, O. i Moreno, D. (2004). Multi-scale spatial heterogeneity, habitat structure, and the effect of marine reserves on Western Mediterranean rocky reef fish assemblages. *Marine Biology*, 144: 161-182.
- García-Rubies, A. i Zabala, M. (1990). Effects of total fishing prohibition on the rocky fish assemblages of Medes Islands marine reserve (NW Mediterranean). *Scientia Marina*, 54: 317-328.
- García-Rubies, A. (1997). Estudi ecològic de les poblacions de peixos litorals sobre substrat rocós a la Mediterrània Occidental: efectes de la fondària, el substrat, l'estacionalitat i la protecció. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona.
- Gower, J. (1967). A comparison of some methods of cluster analysis. *Biom*, 23: 623-637.
- Guidetti, P. i Sala, E. (2007). Community-wide effects of marine reserves in the Mediterranean Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 335: 43-56.
- Guidetti, P., Baiata, P., Ballesteros, E., Di Franco, A., Hereu, B., Macpherson, E., Micheli, F., Pais, A., Panzalis, P., Rosemberg, A. A., Zabala, M. i Sala, E. (2014). Large-scale assessment of Mediterranean marine protected areas effects on fish assemblages. *PLOS ONE*, 9(4): e91841.
- Harmelin, J-G. (1987). Structure et variabilité de l'ichtyofaune d'une zone rochouse protégée en Méditerranée (Parc National de port Cros, France). P.S.Z.N.I: *Marine Ecology*, 8: 263-284.
- Harmelin-Vivien, M. L., Harmelin, J-G., Chauvet, C., Duval, C., Galzin, R., Lejeune P., Barnabe, G., *et al.* (1985). Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons. Méthodes et problèmes. *Rev. Ecol (Terre Vie)*, 40: 467-539.
- Krebs, C. J. (1989). Ecological methodology. *Harper Collins Publ.* 654 pp.
- Llei 6/2013 de 7 de novembre de pesca marítima, marisqueig i aqüicultura en les Illes Balears).
- Luckhurst, B.E. i Luckhurst, K. (1978). Analysis of the influence of substrate variables on coral reef fish communities. *Marine Biology*, 49: 317-323.
- McClanahan, T. M., Schroeder, R. E., Friedlander, A. M., Vigliola, L., *et al.* (2019). Global baselines and benchmarks for fish biomass: comparing remote reefs and fisheries closures. *MEPS*, 612: 167-192.

Morey, G., Coll, J., M. Grau, A., Navarro, O. Avaluació de l'efecte de les zones de veda per a la pesca submarina al litoral de Formentera (2008-2010). 2010. Servei de Recursos Marins. Direcció General de Pesca. Conselleria de Presidència. Govern de les Illes Balears. 15 pàgines.

Morey, G., Moranta, J., Massuti, E., Grau, A., Linde, M., Riera, F. i Moralesa-Nin, B. (2003). Weight-length relationship of littoral to lower slope fishes from the western Mediterranean. *Fish. Res.* 62: 89-96.

Morey, G., Coll, J., Navarro, O. i Verger, F. (2018). Les reserves marines de l'illa del Toro i les illes Malgrats. Seguiment de les espècies íctiques vulnerables sobre substrat rocós. Direcció General de Pesca i Medi Marí - Govern de les Illes Balears – Tragsatec. 76 pàgines.

Morey, G., Coll, J., Navarro, O., Verger, F. i Pozo, M. (2020). Les reserves marines de l'illa del Toro i les illes Malgrats. Seguiment de les espècies íctiques vulnerables sobre substrat rocós. Direcció General de Pesca i Medi Marí - Govern de les Illes Balears – Tragsatec. 134 pàgines.

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

Sala, E., Ballesteros, E., Dendrinis, P., Di Franco, A., Ferretti, F., Foley, D., Fraschetti, S., *et al.* (2012). The structure of Mediterranean rocky reef ecosystems across environmental and human gradients, and conservation implications. *PLOS ONE*, 7(2): e32742. doi: 10.1371/journal.pone.0032742.

Sandin, S. A. i Sala, E. (2012). Using successional theory to measure marine ecosystem health. *Evolutionary Ecology*, 26: 435-448.

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

6. AGRAÏMENTS

Tragsatec vol agrair a totes les persones que han fet possible la campanya de censos a la reserva marina de la Punta de sa Creu al novembre-desembre de 2020. De forma especial agrair el treball dels integrants de l'equip de bussejadors experimentats en els censos visuals de peixos: Jose Antonio García Charton (UM), Amalia Cuadros (UM) i Víctor Orenes (UM). També donar les gràcies al patró de l'embarcació del Govern Balear, Álex Martin i al guarda Jose Antonio Arribas per la seva ajuda i companyia a bord de "els Freus II". Finalment agrair a Patricia Jiménez (Tragsatec) el seu recolzament logístic en l'organització i execució de la campanya i a Josep Coll totes les recomanacions, revisió i correccions per a la redacció final d'aquest informe.

