

Seguiment anual de briozous, gorgònia vermella i coves a la Reserva Natural Parcial Marina de les Medes del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter

2017



UNIVERSITAT DE
BARCELONA



Generalitat de Catalunya
Departament de Territori
i Sostenibilitat



Parc Natural
del Montgrí, les Illes Medes
i el Baix Ter

**SEGUIMENT ANUAL DE BRIOZOUS,
GORGÒNIA VERMELLA I COVES A LA
RESERVA NATURAL PARCIAL MARINA DE
LES MEDES DEL PARC NATURAL DEL
MONTGRÍ, LES ILLES MEDES I EL BAIX TER**

MEMÒRIA 2017

Títol: Seguiment anual de Briozous, Gorgònia vermella i Coves a la Reserva Natural Parcial Marina de les Medes del Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter. Any 2017

Número d'expedient: PTOP_2017_130

Comanda :

Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural
Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya

Realització:

Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències ambientals, Universitat de Barcelona.
Diagonal 643, 08028 Barcelona
Tél. 934 021 509 Fax : 934 111 438 <http://www.ub.edu/ecologia>
Corresponsal per aquest estudi: hereu@ub.edu

Direcció del projecte i coordinació:

Bernat HEREU

Investigadors involucrats:

Eneko ASPILLAGA, Pol CAPDEVILA, Cristina LINARES, Alba MEDRANO, Ignasi MONTERO, Marta PAGES, Graciela ROVIRA

Citar com:

Hereu B, Aspillaga E, Capdevila P, Linares C, Medrano A, Montero I, Pagès M, Rovira G 2017. Seguiment anual de Briozous, Gorgònia vermella i Coves a la Reserva Natural Parcial Marina de les Medes del Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter. Any 2017. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals.

Índex

Introducció general.....	7
Seguiment de les poblacions de briozous al Parc Natural del Montgrí, illes Medes i Baix Ter com a indicadors de l'efecte de la freqüentació de submarinistes sobre les comunitats bentòniques.....	9
Introducció	10
Material i mètodes	12
Disseny de mostreig.....	12
Metodologia d'estudi.....	15
Anàlisi general	19
Estructura de les poblacions:.....	24
Aspectes metodològics	38
Anàlisis dels resultats obtinguts.....	40
Recomanacions per a la gestió	42
Conclusions	43
Bibliografia	44
Seguiment de les poblacions de gorgònia vermella de la Reserva Marina de les illes Medes com a indicadores de l'efecte de la freqüentació de submarinistes sobre les comunitats bentòniques.....	51
Introducció	52
Materials i mètodes	54
Disseny de mostreig.....	54
Metodologia	55
Anàlisi de dades	57
Resultats	57
Densitats.....	57
Mortalitat	58
Anàlisi per estació	62
Discussió.....	79
Conclusions	81
Bibliografia	82

Seguiment de les comunitats de coves submarines de la Reserva Marina de les illes Medes com a indicadors de l'efecte de la freqüentació de submarinistes sobre les comunitats bentòniques.....85

Introducció	86
Materials i Mètodes	87
Disseny i estacions de mostreig	87
Anàlisi de les imatges	89
Detecció d'impactes	90
Resultats	90
Discussió.....	95
Conclusions	96
Bibliografia	96

Diagnosi sobre l'efecte del submarinisme en les comunitats bentòniques de la Reserva Marina de les illes Medes97

El Guix.....	101
Salpatxot.....	103
Pedra de Déu.....	103
Pota del Llop.....	104
Cova de la Vaca	106
Cova de la Reina.....	107
Cova del Dofí, Túnel del Dofí i Cova dels Misidacis.....	108
Tascó Gros	110
Tascó Petit.....	111
Carall Bernat.....	112
Ferranelles.....	113
Medallot	114

Introducció general

Les mesures de protecció a les illes Medes van entrar en vigor el 1983, amb una Ordre de la Generalitat de Catalunya que establia la Reserva Marina de les illes Medes i que comportava restringir l'activitat en aquest indret de gran interès per a la biodiversitat marina. Al 1985 una resolució establia normes de compliment obligatori a la zona vedada i el 1990 i la Llei 19/1990 va convertir-se en el marc jurídic de la protecció i conservació de la flora i fauna del fons marí de les illes Medes i del tros de costa del Montgrí, entre la roca del Molinet i la Punta Salines.

Finalment, El Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter es va crear per la llei 15/2010, de 21 de maig de 2010, amb l'objectiu principal d'unificar la normativa de protecció dels tres espais que conformen el Parc Natural (massís del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter). En aquest espai protegit podem trobar diferents zones amb diferents nivells de protecció: 1) la zona de Parc Natural (PN) a la costa del Montgrí entre la punta del Milà i la punta Salines, on la pesca, inclosa la pesca submarina és permesa; 2) la Zona Perifèrica de Protecció (ZPP) que correspon al tram de costa entre punta Milà i punta del Molinet, on la pesca submarina és prohibida; i 3) la Reserva Natural Parcial (RNP), que comprèn les illes Medes, on no es permet cap tipus d'activitat pesquera. La normativa específica dels usos i activitats de la zona estan regulats pel Pla Rector d'Usos i Gestió recollit aprovat el 2008 (en el Decret 222/2008, d'11 de novembre, pel qual s'aprova el Pla rector d'ús i gestió de l'Àrea Protegida de les illes Medes), i que recentment ha estat modificat en els seus annexes 1 i 6 (ORDRE AAM/112/2015, de 30 d'abril).

Aquesta nova normativa regula el nombre de submarinistes que poden accedir a les diferents zones de busseig (segons el grau de fragilitat de les comunitats en les que s'hi desenvolupa aquesta activitat. Aquesta normativa determina el total d'immersions anual en cada zona d'immersió, i la pressió d'immersió simultània també en cada zona d'immersió segons el grau de fragilitat de les comunitats en les que s'hi desenvolupa aquesta activitat. A més, en aquesta nova normativa s'ha determinat la zona de l'illot del Medallot com a Reserva Natural Integral de forma que es delimita una zona on s'hi anul·len els possibles efectes derivats de la pràctica del busseig.

No obstant, la mateixa regulació determina que la Direcció del Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter pot reduir el nombre màxim de llicències d'immersió previstes en el Pla rector d'ús i gestió de l'àrea protegida de les illes Medes en casos excepcionals i per motiu de protecció dels valors naturals degudament fonamentats en base a dades reals i objectives.

La finalitat del programa de seguiment de la biodiversitat marina del Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter és realitzar el seguiment de l'estat de conservació de la biodiversitat marina en aquests espais, així com relacionar el seu estat amb la possible afectació de les activitats antròpiques i dels factors ambientals sobre aquesta a partir del seguiment i monitorització de determinades espècies i comunitats indicadores. D'aquesta manera es proporcionaran dades objectives que permetran la presa de decisions als gestors d'aquests espais naturals protegits.

Així, seguint aquesta nova metodologia de gestió adaptativa del busseig i els usos del Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter, en aquest informe es presenten els resultats del segon any de seguiment d'una sèrie de descriptors, poblacions de briozous, gorgònia vermella i comunitats de coves, com a indicadors dels possibles efectes del submarinisme per a poder

facilitar criteris de decisió als gestors de l'espai a l'hora de regular aquesta activitat de forma que sigui compatible amb la conservació del patrimoni natural.

Seguiment de les poblacions de briozous al Parc Natural del Montgrí, illes Medes i Baix Ter com a indicadors de l'efecte de la freqüentació de submarinistes sobre les comunitats bentòniques

Graciela Rovira, Eneko Aspillaga, Pol Capdevila, Cristina Linares, Alba Medrano, Marta Pagès, Bernat Hereu.

Aquest capítol ha de ser citat com:

Rovira G, Aspillaga E, Capdevila P, Linares C, Medrano A, Pagès M, Hereu B. 2017. Seguiment de les poblacions de briozous de la Reserva Marina de les illes Medes com a indicadors de l'efecte de la freqüentació de submarinistes sobre les comunitats bentòniques. Memòria tècnica. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals.

Introducció

El turisme de busseig és una de les formes més importants d'ús comercial de les àrees marines protegides en tot el món (Rouphael i Inglis 2001, Lloret et al. 2006, Parsóns i Thur 2008). Aquesta indústria creixent pot entrar en conflicte amb els valors ecològics que formen la base de les àrees marines protegides (AMP), i pot accelerar la seva degradació (Davis i Tisdell 1995). En aquest context, els bussejadors poden afectar als organismes marins de manera intencionada o accidental. El dany es pot produir per contacte directe amb els organismes marins (amb el cos o amb l'equip de busseig), per bombolles d'aire o per un augment de la resuspensió de sediment, incrementant en molts casos la mortalitat parcial i disminuint la cobertura de molts animals filtradors (Zakai i Chadwick-Furman 2002, Luna-Pérez et al. 2011).

L'impacte del submarinisme es pot avaluar observant el comportament dels submarinistes directament (Harriot et al. 1997, Rouphael i Inglis 2001, Zakai i Chadwick-Furman 2002, Barker i Roberts 2004, Di Franco et al. 2009), comparant l'estat de l'ecosistema entre zones freqüentades i no freqüentades i al llarg del temps (Garrabou et al. 1998, Coma et al. 2004, Luna-Pérez et al. 2011, De la Nuez-Hernández et al. 2014). Degut a la impossibilitat d'estudiar la totalitat dels ecosistemes, la metodologia més adient és seleccionar espècies indicadores que siguin sensibles a l'impacte produït per les pertorbacions que es pretenen avaluar. Aquestes espècies han de seguir uns criteris estadístics (abundància i repetibilitat), que siguin fàcilment estudiades (mida gran i taxonomia fàcil), i que tinguin un important paper en els ecosistemes, ja sigui a nivell funcional o estructural (Linares i Doak 2010). A més, la metodologia s'ha de basar en mètodes no destructius degut a l'impacte del propi estudi que es pugui produir sobre les comunitats, especialment si es realitzen en zones protegides.

La majoria d'estudis realitzats, sobretot en zones tropicals, han utilitzat espècies de coralls, ja que són espècies enginyeres, amb una estructura calcària fràgil i sensible a les pertorbacions físiques causades pels submarinistes (Dixon et al. 1993, Harriot et al. 1997, Hawkins et al. 1999, Tratalos i Austin 2001, Rouphael i Inglis 2001, Barker i Roberts 2004, Parsóns i Thur 2008, Dearden et al. 2010). A la Mediterrània, les comunitats més sensibles a les pertorbacions físiques causades pels submarinistes són les comunitats esciòfiles i del coral·ligen, ja que estan dominades per organismes sèssils amb una estructura tridimensional sovint molt conspícua (Ballesteros 2006, Sala et al. 1996, Lloret et al. 2006).

Així, varis estudis es van centrar en les gorgònies (Coma et al. 2004, Linares et al. 2010), el corall vermell (Linares et al. 2012) i els briozous (Sala et al. 1996, Garrabou et al. 1996) com a espècies indicadores. En aquest context, els briozous han mostrat ser un bon indicador de l'impacte del busseig, degut a la seva composició calcària d'elevada fragilitat, i a que estan sotmesos a trencaments i abrasions que produeixen una disminució de la densitat i de les mides de les colònies (Sala et al. 1996, Garrabou et al. 1998, García-Charton et al. 2005, Ballesteros 2006). Les espècies de briozous considerades en aquest estudi tenen possiblement una dinàmica de creixement més ràpida i un cicle de vida més curt, de manera que poden donar una resposta més ràpida sobre els efectes dels bussejadors de cara a la implementació de les mesures de gestió.

L'impacte del submarinisme en les poblacions de briozous ha estat recentment documentat al Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter (Sala et al. 1996, Garrabou et al. 1996, 1998, Hereu et al. 2014, Hereu et al. 2015, Pagès et al. 2016). Per tal d'avaluar l'efecte del busseig sobre les poblacions de briozous en diferents zones de busseig del Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter es van escollir dues espècies força freqüents com l'anomenada banya d'ant, *Pentapora fascialis* i el corall bord, *Myriapora truncata* (vegeu Figura 1). Ambdues espècies formen colònies fàcils de reconèixer i diferenciar, amb esquelets grans que presenten certa fragilitat als impactes físics, i varen mostrar ser uns bons indicadors de l'efecte directe del busseig sobre les comunitats d'algues semi esciòfiles entre els 15 i els 25 metres de profunditat (Hereu et al. 2015, Pagès et al. 2016).

Amb l'objectiu d'avaluar els efectes de l'escafandriste, l'octubre de 2017 es va dur a terme un mostreig de les poblacions de *P. fascialis* i *M. truncata* als mateixos transsectes que a l'octubre del passat any 2016, i afegint dos transsectes nous a la costa del Montgrí i un tercer a la Zona Perifèrica de Protecció de les illes Medes, per així poder comparar els resultats d'ambdós períodes, avaluar l'estat i evolució de les poblacions i relacionar-los amb la freqüentació de submarinistes.

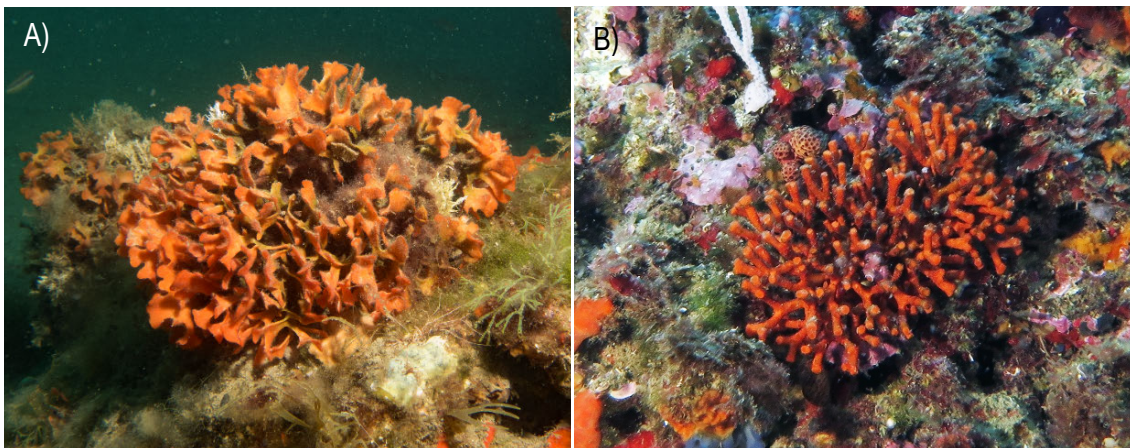


Figura 1. A) colònia de la banya d'ant (*Pentapora fascialis*). B) colònia de corall bord (*Myriapora truncata*).

Disseny de mostreig

Les estacions escollides es troben al Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter, onze d'aquestes estacions es van seleccionar dins de la Reserva Natural Parcial (RNP), una a la Reserva Natural Integral (RNI) i tres a la Zona de Parc Natural de la costa del Montgrí (PN) (Figura 2, Taula 1 i 2). La tria de estacions es va fer tenint en compte dues condicions essencials: la proximitat amb les boies de busseig dels centres de submarinisme i la presència de colònies conspíquies dels dos descriptors, la banya d'ant (*Pentapora fascialis*) i el corall bord (*Myriapora truncata*). Per altra banda, es va escollir una estació no freqüentada per submarinistes a la Reserva Natural Integral (Medallot), per poder aïllar i determinar l'efecte del busseig comparant-la amb les estacions on sí que s'hi practica el submarinisme.

Enguany es varen repetir els mateixos transectes que el 2016, excepte a les estacions de Ferranelles, Punta Salines i la Reina, on es varen marcar nous transectes degut a canvis en la posició de les boies i acostar més els transectes a les zones freqüentades pels submarinistes.

A més a més, enguany s'han instal·lat tres transectes més en zones no freqüentades per submarinistes, però amb altres activitats com la pesca, per a comparar el possibles efectes dels diferents usos: el Freu (ZPP), la Paieta (PN) i Cap Castell (PN).

Taula 1. Aquí es mostren les zones mostrejades, així com el seu grau de protecció, la data de mostreig i la fondària.

Protecció	Estació	Data mostreig	Fondària (m)
RNI	Medallot	07/09/2017	17
	Guix	12/09/2017	20
	Salpatxot	14/09/2017	19
	Pedra de Déu	12/09/2017	21
	Pota del Llop	05/09/2017	22
RNP	la Vaca	06/09/2017	22
	Reina	14/09/2017	13
	Dofí	08/09/2017	20
	Tascó Gros	06/09/2017	21
	Ferranelles	14/09/2017	20
	Carall Bernat	12/09/2017	17
	Tascó Petit	08/09/2017	23
ZPP	Freu	25/10/2017	21
	Cap Castell	05/10/2017	20
PN	Paieta	05/10/2017	17
	Pta. Salines	13/09/2017	19

Taula 2. Nombre d'immersions per boia i per any a la Reserva Natural Parcial de les illes Medes. Es distingeixen les immersions fetes per centres i les immersions fetes per particulars.

Protecció	Lloc	Boia	2016			2017			
			Nº immersions centres	Nº immersions particulars	Total	Nº immersions centres	Nº immersions particulars	Total	
RNI	Medallot		0	0	0	0	0	0	
	Guix	C1	3.440	-	3.440	2.804	-	2.804	
	Salpatxot	C2, P1*	4.196	43	4.239	3.638	71	3.709	
	Pedra de Déu	C3 i P2	5.387	194	5.581	4.929	192	5.121	
	Pota del Llop	C4 i P3	2.038	51	2.089	2.237	28	2.265	
	Vaca	C5A*, C5B*, P4* i P5*	7.722	279	8.001	7.714	280	7.994	
	RNP	Cova de la Reina	C6	2.007	-	2.007	1.621	-	1.621
		Dofí	C7A*, C7B*, P6A*, P6B*	6.915	208	7.123	6.948	247	7.195
		Tascó Gran	C8 i P7	3.183	139	3.322	2.829	124	2.953
		Carall Bernat	C9 i P8	5.739	383	6.122	5.533	319	5.852
Tascó Petit		C10	5.644	-	5.644	5.709	-	5.709	
Ferranelles	C11A, C11B i P9	9.675	278	9.953	9.744	274	10.018		
	Total		55.946	1575	57.521	53.706	1535	55.241	
ZPP	Freu		ND						
	Cap Castell		ND						
PN	Paieta		ND						
	Punta Salines		ND						

* No utilitzables de manera simultània, ** D'acord amb les especificacions de l'apartat 2.3 de l'Ordre AAM/112/2015, ND No determinat per l'Ordre AAM/112/2015.

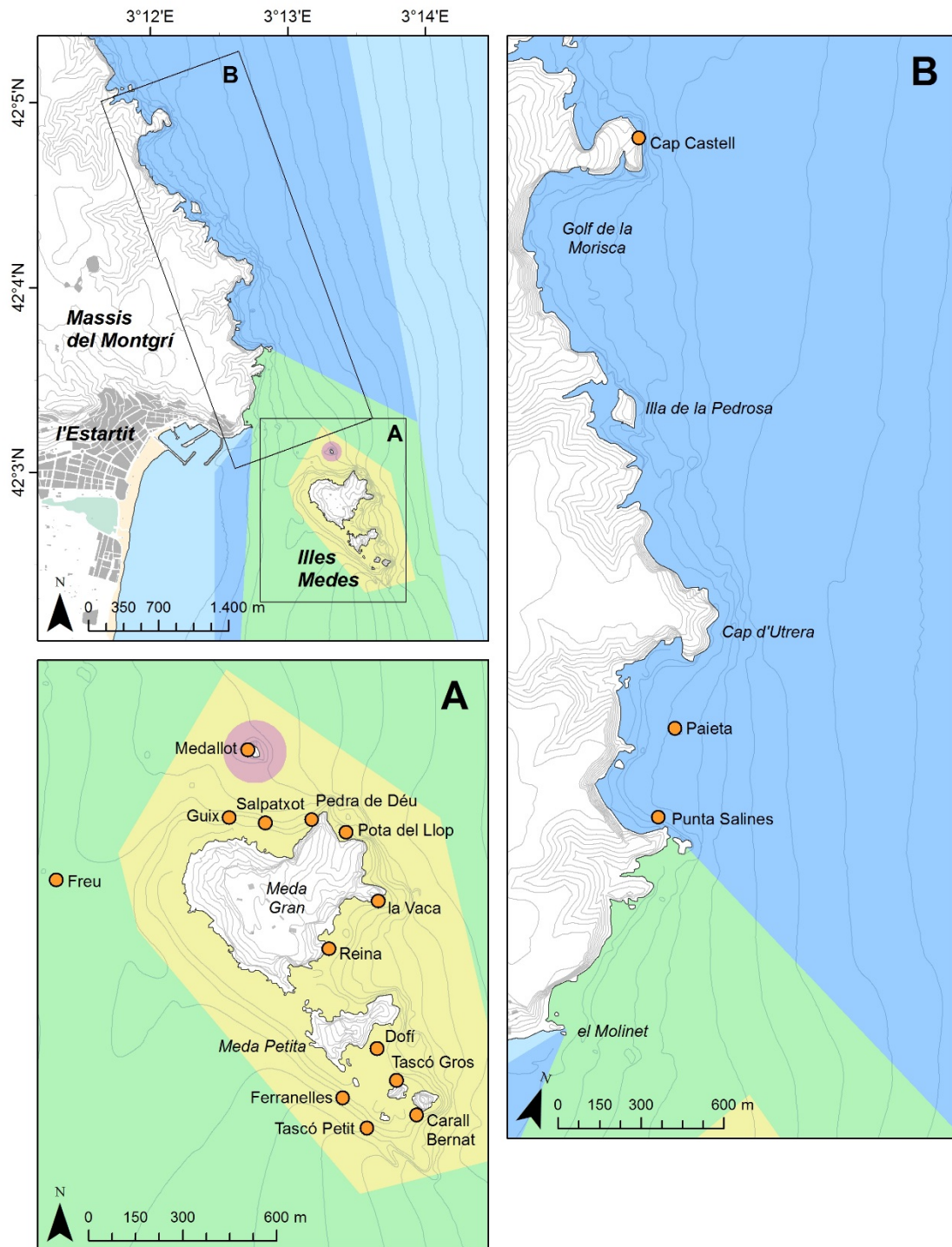


Figura 2. Mapa de les estacions de mostreig de briozous al Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter.

Metodologia d'estudi

Es va dur a terme un mostreig entre setembre i octubre del 2017, amb la finalitat de poder comparar cada població amb ella mateixa un any abans, i avaluar, d'aquesta manera, com les poblacions responen davant la freqüentació de submarinistes i la seva evolució.

Per a poder comparar cada estació al llarg dels anys, es varen monitoritzar transectes fixes amb la finalitat de mesurar l'abundància de les colònies de cada espècie exactament al mateix lloc, eliminant així l'error en les mesures degut a la variabilitat espacial en la distribució d'aquestes. Així doncs, l'any 2016 a cada estació es va marcar un transecte de 6 metres amb una cinta mètrica, on a cada metre es van instal·lar marques permanents amb cargols de plàstic fixats amb massilla epoxídica de dos components, que permet la re-localització de cada transecte. A més, es va dibuixar un mapa de cada transecte amb les coordenades, la fondària i la posició respecte als trets orogràfics més característics de la zona.

El transecte es recorria des de l'inici, posicionant cada mig metre un quadre de 50 x 100 cm fabricat amb tubs de PVC (dividit en dos quadres de 50x50 cm) col·locat perpendicularment a banda i banda de la cinta mètrica que marca el transecte, seguint la nomenclatura següent: quadres col·locats perpendicularment a l'esquerra (quadrats A i B), quadres col·locats perpendicularment a la dreta (quadrats C i D) de la cinta mètrica (vegeu Figura 4 i Figura 5). Aquesta metodologia permet referenciar la posició de cada quadre respecte la cinta mètrica, de forma que cada colònia de briozous queda espacialment referenciada i es pot identificar al llarg dels diferents anys de seguiment, permetent així determinar la seva supervivència, creixement o mortalitat.

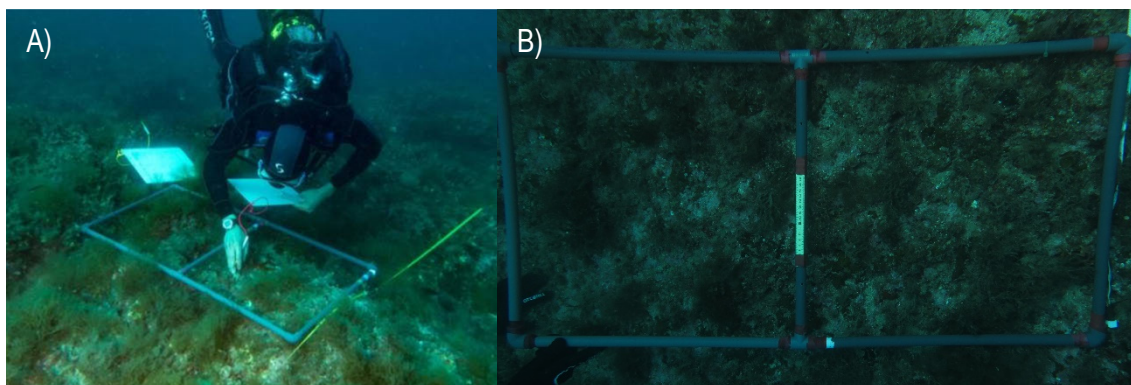


Figura 3. A) mostreig in situ realitzat mitjançant escafandre autònom. B) fotografia d'un rectangle de PVC del transecte de Pota del Llop, col·locat al inici del transecte (s'observa el primer clau) a la banda esquerra del transecte (quadrats A i B respectivament).

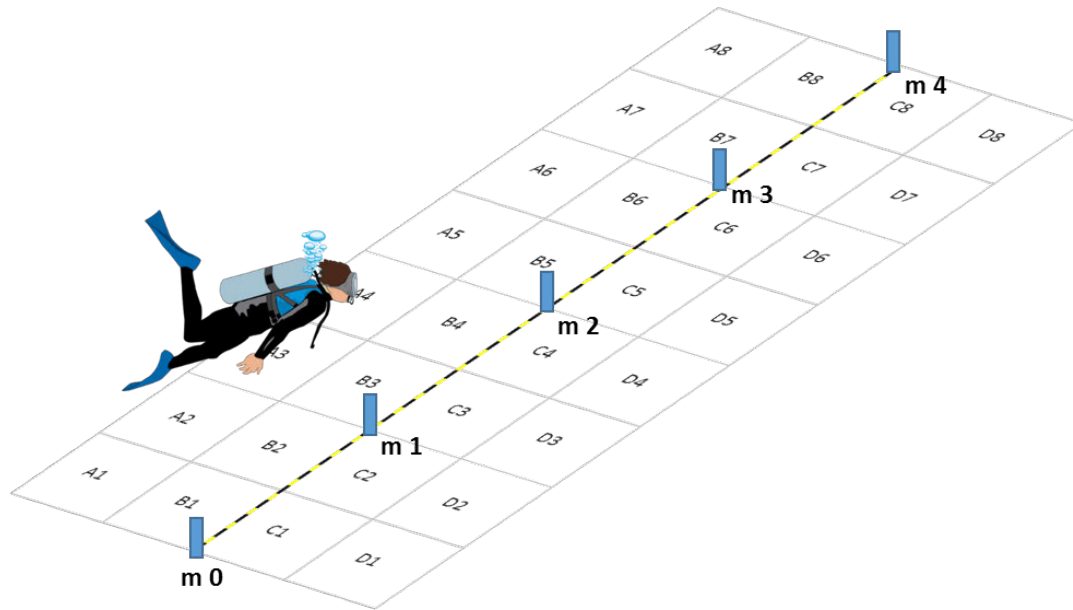


Figura 4. Esquema d'un transecte delimitat per marques fixes a cada metre, i units per una cinta mètrica que fa de referència per a delimitar una àrea de 2 m d'ample i 6 m de llarg del transecte, i subdividida per quadres de 50x50 cm.

Un cop referenciat el transecte, la presa de dades va consistir en dues parts. La primera va ser l'obtenció dels paràmetres i l'adquisició de fotografies de cada quadrat *in situ*. Posteriorment, es va realitzar la anàlisi de les fotografies i de totes les dades preses al camp.

En el mostreig *in situ* es van elaborar mapes de cada transecte (Figura 5), referenciant espacialment cada quadrat de 50x50 cm respecte la cinta mètrica per poder-lo comparar posteriorment amb les fotografies i entre els diferents mostreigs anuals. A cada un dels quadres es van identificar i posicionar totes les colònies de *Pentapora fascialis* i *Myriapora truncata*. Per a cada quadrat, es va mesurar la densitat de cada espècie comptant el nombre de colònies presents, i també es va mesurar l'alçada màxima de cada colònia, així com el grau de mortalitat, anotant el percentatge de necrosi (teixit mort de la colònia) o epibiosi (part de la colònia morta i coberta d'altres organismes).

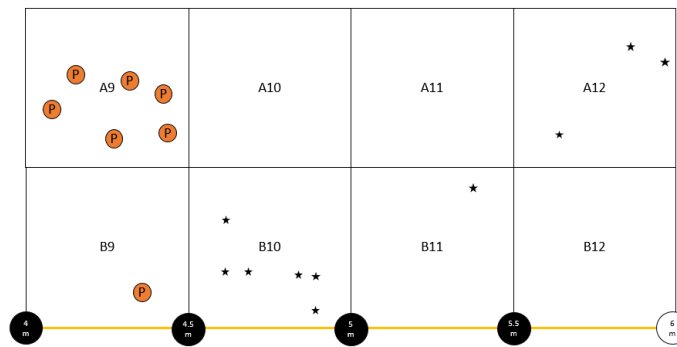


Figura 5. Exemple d'una part del mapa del transecte de Tascó Gros del mostreig del juliol del 2015.

Degut a que les colònies més exposades són les més fràgils als impactes causats pels submarinistes, es va determinar el grau d'exposició de cada colònia en un ordre decreixent seguint el criteri establert per Sala et al. (1996), excepte les colònies epífites sobre gorgònies blanques (*Eunicella singularis*), que degut a l'hàbitat estructural conferit per aquestes, i per la seva flexibilitat que els permet esmorteir els impactes, es varen considerar com una categoria independent. La classificació es va fer de la següent manera: 1) Epífit d'*Eunicella singularis*, 2) Sobre superfície convexa, 3) Sobre superfície plana, 4) Sobre superfície còncava, 5) Sota extraploms (Figura 6).

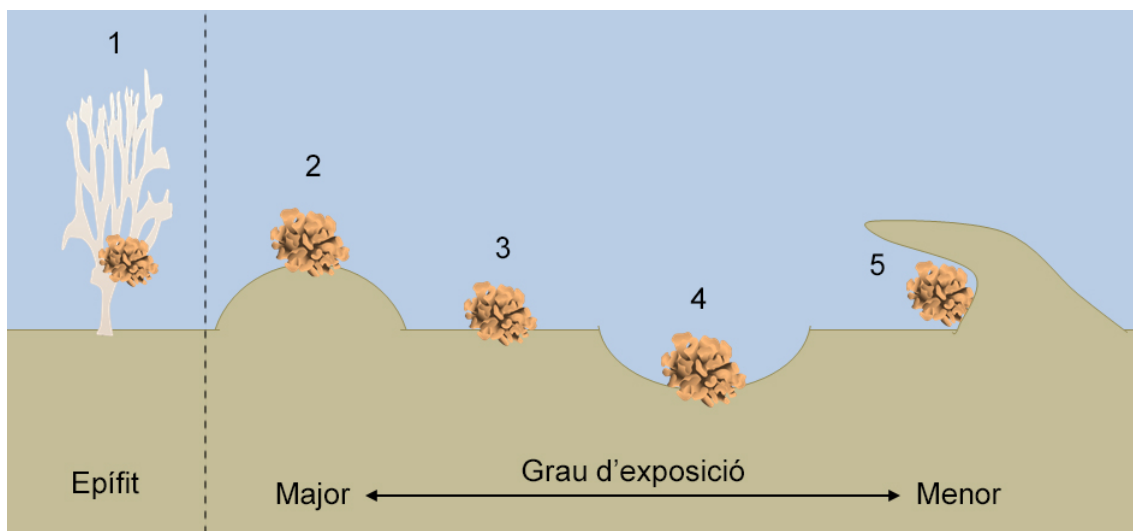


Figura 6. Classificació dels graus d'exposició utilitzats en aquest treball. 1) Epífit de *Eunicella singularis*, 2) Sobre superfície convexa, 3) Sobre superfície plana, 4) Sobre superfície còncava, 5) Sota extraploms.

Per altra banda, es van realitzar fotografies de cada quadre (Figura 4B) amb la càmera Canon PowerShot G7X16. Es va registrar la posició de cada fotografia respecte el centre i l'origen de la cinta mètrica, per poder-les comparar posteriorment amb els mapes submarins elaborats in situ, i amb les fotografies dels anys anteriors.

Es van mostrejar els mateixos transsectes que el 2016 amb la finalitat de detectar possibles canvis en totes les variables estudiades. Gràcies a la metodologia descrita anteriorment, es va poder situar espacialment tota l'àrea de mostreig i es va identificar individualment cada colònia, repetint a cada mostreig les mateixes mesures, i obtenint així paràmetres demogràfics. D'aquesta manera, es podrà repetir el mostreig en un futur per estudiar l'evolució de les poblacions.

Amb la finalitat de tenir una perspectiva temporal més àmplia, hem analitzat les densitats de les poblacions d'ambdues espècies de briozous en les estacions que es varen començar a mostrejar l'octubre de 2014, i es varen continuar l'abril i octubre de 2015, juliol i octubre de 2016 i enguany. L'evolució de les poblacions a llarg termini ens permetrà interpretar de millor manera i dimensionar els canvis produïts entre aquest any i l'anterior.

Anàlisi de dades

Tots els paràmetres es van analitzar diferenciant els dos períodes de mostreig (octubre del 2016 i octubre del 2017), a excepció de les densitats, on s'han afegit també els mostrejos del juliol del 2017 per determinar millor l'evolució d'aquest paràmetre. Per cada estació i període de temps, i per a cada espècie, es varen analitzar els següents descriptors: densitat, mida mitjana, estructura de talles, grau d'exposició. L'anàlisi de dades es va realitzar de la següent manera:

1. Anàlisi general

Per a cada espècie, es va comptabilitzar el nombre de colònies presents en cada quadre del transsecte, i amb el valor de tots els quadres de cada transsecte es va calcular el valor mig de la densitat en cada estació per cada període de mostreig. Per analitzar si hi havia diferències significatives entre la densitat entre els diferents períodes de mostreig es va realitzar un anàlisi no paramètric de Kruskal-Wallis (Kruskal i Wallis 1952).

Per altra banda, es va calcular l'alçada mitjana de les colònies de cada estació per cada període de mostreig per a determinar si hi havia diferències significatives entre l'alçada mitjana de les colònies entre els dos anys a cada localitat mitjançant un anàlisi no paramètric Kruskal-Wallis (Kruskal i Wallis 1952).

2. Estructura de les poblacions

Per cada estació i espècie, es va estudiar:

- **Estructura de talles.** Es va analitzar l'estructura de talles obtinguda a partir de l'alçada de les colònies, agrupades en classes de talla de 1,5 centímetres per *P. fascialis* i 1 centímetre per *M. truncata*.

- **Grau d'exposició.** Es va analitzar la distribució de colònies en cada nivell d'exposició per a determinar l'efecte de la protecció en la supervivència.

Resultats

Anàlisi general

a. *Pentapora fascialis*

En general, la densitat de *P. fascialis* va ser molt baixa en totes les estacions, amb valors molt similars als de octubre de 2016 (Figura 7, Taula 3). Entre els mostrejos de juliol i octubre del 2016, abans i després de la temporada turística de busseig, la densitat de colònies de briozous va disminuir en totes les estacions, presentant diferències significatives en les estacions de Pota del Llop ($\chi^2=11,60$, $p<0,001$), la Vaca ($\chi^2=6,11$, $p=0,01$) i Tascó Gros ($\chi^2=11,23$, $p<0,001$) (Taula A2). Un any després, la densitat d'aquesta espècie ha seguit aquesta tendència a la baixa, tot i que només a l'estació de Tascó Gros ha sigut estadísticament significativa ($\chi^2=8,16$, $p=0,004$). Es pot observar, però, que a les estacions de Pedra de Déu i Tascó Petit hi ha hagut un petit augment de la densitat de colònies respecte al 2016, tot i que les diferències no són significatives, probablement pel baix nombre de briozous (Taula A2). Les estacions de Ferranelles, Punta Salines i la Reina, al ser transectes diferents als del 2016, no podem fer cap comparació respecte l'any anterior. No obstant, es pot observar que les densitats segueixen essent molt baixes (Figura 7).

Les estacions noves en les zones no freqüentades per submarinistes varen mostrar densitats molt elevades al Freu i Cap Castell, mentre que a la Paieta les densitats varen mostrar valors molt baixos (Figura 7).

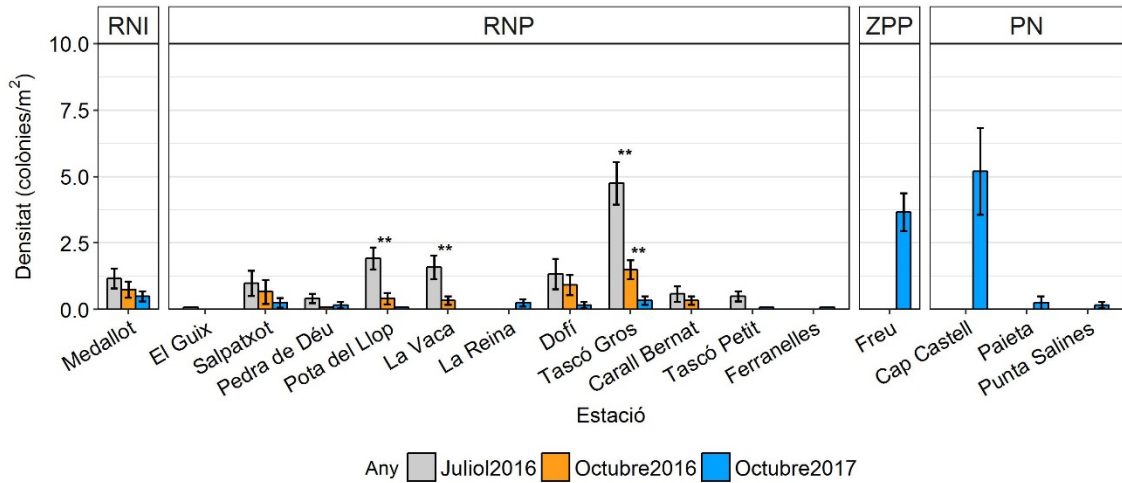


Figura 7. Densitat mitjana (nombre de colònies/m²) de *Pentapora fascialis* en les diferents estacions, diferenciant els dos períodes de mostreig (2016 i 2017). Els asteriscs a les estacions indiquen diferències estadísticament significatives entre les densitats de períodes consecutius. Les barres d'error corresponen a l'error estàndard.

L'alçada mitjana de les colònies de *P. fascialis* no mostra un patró clar en els dos anys de mostreig. Deixant de banda les estacions que no es poden comparar perquè són transectes diferents, no s'observen diferències significatives entre les alçades de *P. fascialis* dels anys 2016 i 2017 en cap de les estacions (Figura 8, Taula A4). S'ha de tenir en compte que les estacions dins RNP i RNI hi ha entre 1 i 6 colònies com a màxim, pel que qualsevol anàlisi respecte a la seva talla i situació no es pot considerar significatiu donat la baixa mida mostral.

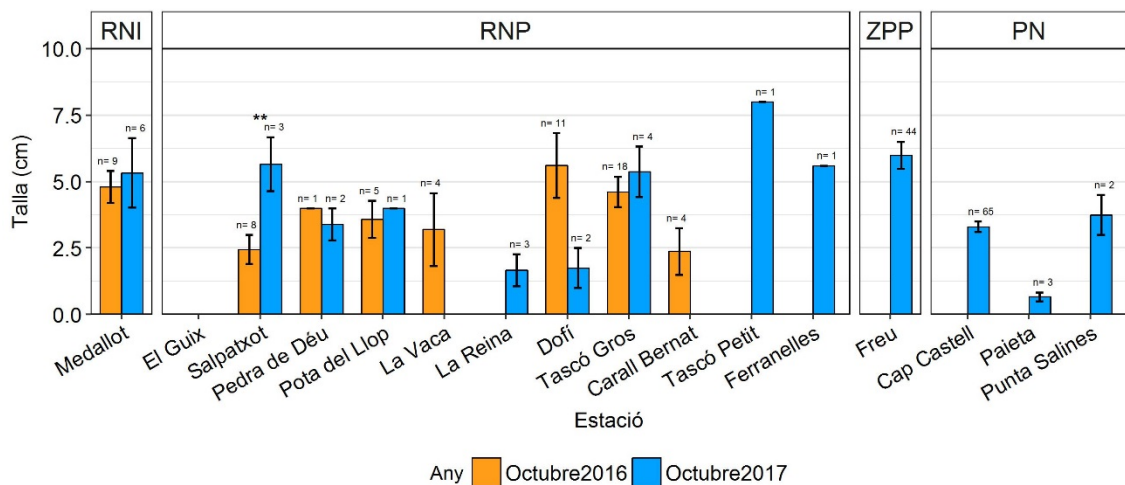


Figura 8. Alçada mitjana (cm) de *Pentapora fascialis* en les diferents estacions, diferenciant els períodes de mostreig (juliol del 2016, octubre del 2016 i octubre del 2017). Els asteriscs a les estacions indiquen diferències estadísticament significatives entre les alçades del 2016 i el 2017.

b. *Myriapora truncata*

En la majoria d'estacions estudiades, les densitats de *M. truncata* són també molt baixes (Figura 9, Taula 3), i tot i que es pot observar una petita disminució de la densitat de colònies entre octubre de 2016 i octubre de 2017, en cap cas existeixen diferències significatives (Taula A1). Per altra banda, en les estacions implantades aquest any, s'observa com el Freu no presenta cap colònia de *M. truncata*, però en canvi Paieta i Cap Castell tenen les densitats més elevades observades d'aquesta espècie al PNMIMBT (Figura 9).

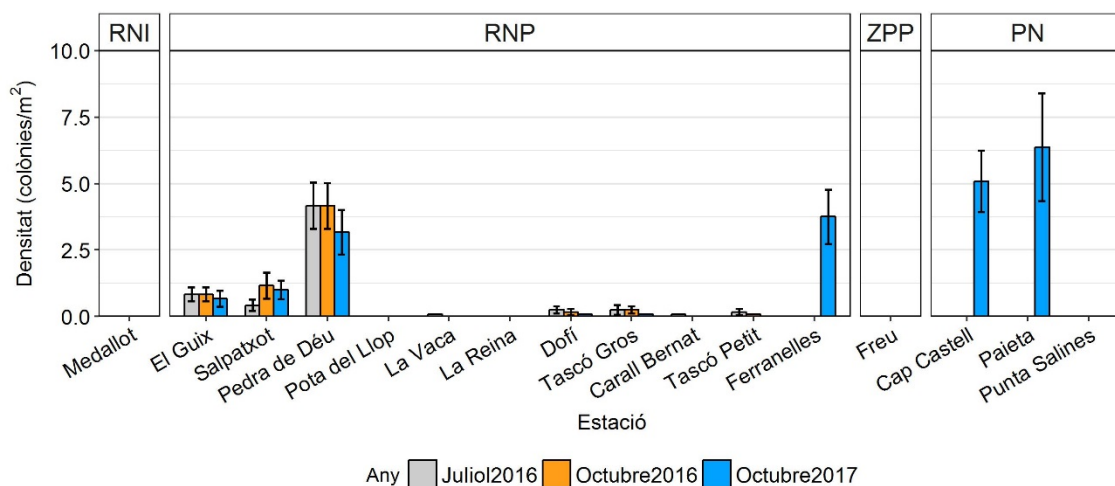


Figura 9. Densitat mitjana (nombre de colònies/m²) de *Myriapora truncata* en les diferents estacions, diferenciant els períodes de mostreig (juliol del 2016, octubre del 2016 i octubre del 2017).

L'alçada mitjana de les colònies de *M. truncata* no presenta un patró clar, donat que hi ha estacions en les quals aquesta augmenta i en altres disminueix, tal i com passa amb *P. fascialis*, perquè hi ha moltes estacions que presenten només 1 o 2 colònies (Figura 10, Taula 3).

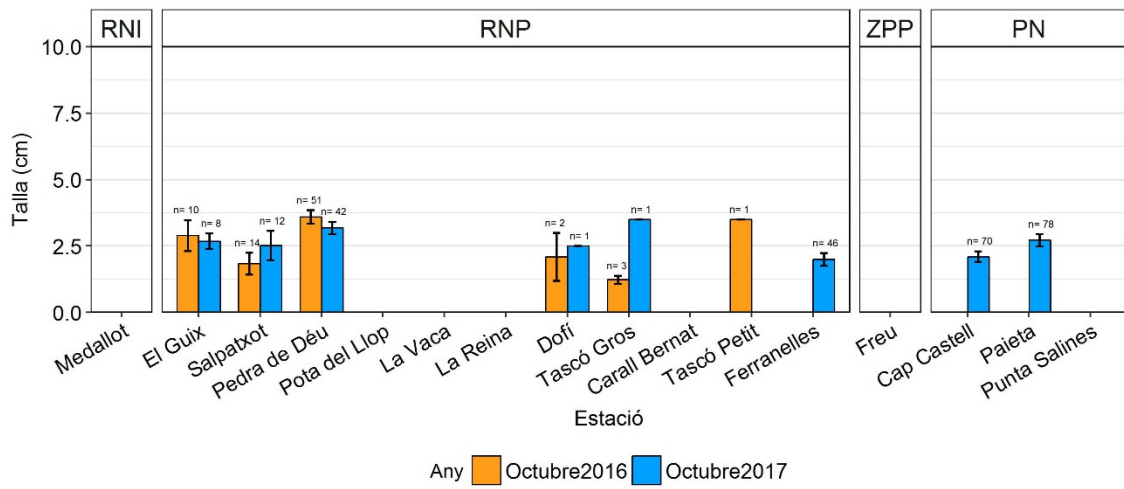


Figura 10. Alçada mitjana (cm) de *Myriapora truncata* en les diferents estacions, diferenciant els períodes de mostreig (2016 i 2017).

Taula 3. Resultats per a cada espècie i estació dels paràmetres mesurats en aquest estudi, abans i després de l'estiu. Es dona la mitjana \pm l'error estàndard.

Espècie	Localitat	Densitat (Colònies/m ²)			Alçada (cm)		
		Juliol 2016	Octubre 2016	Octubre2017	Juliol 2016	Octubre 2016	Octubre2017
<i>Pentapora fascialis</i>	Medallot	1,16 \pm 0,37	0,75 \pm 0,31	0,5 \pm 0,19	3,97 \pm 0,49	4,8 \pm 0,60	5,33 \pm 1,3
	Guix	0,08 \pm 0,08			2,5		
	Salpatxot	0,98 \pm 0,47	0,67 \pm 0,45	0,25 \pm 0,18	2,54 \pm 0,38	2,45 \pm 0,55	5,67 \pm 1,01
	Pedra de Déu	0,42 \pm 0,17	0,08 \pm 0,08	0,16 \pm 0,12	3,4 \pm 0,93	4	3,4 \pm 0,6
	Pota del Llop	1,91 \pm 0,41	0,41 \pm 0,21	0,08 \pm 0,08	4,99 \pm 0,53	3,58 \pm 0,69	4
	Vaca	1,58 \pm 0,44	0,33 \pm 0,16		4,21 \pm 0,81	3,2 \pm 1,37	
	Reina			0,25 \pm 0,14			1,67 \pm 0,6
	Dofí	1,33 \pm 0,57	0,92 \pm 0,38	0,16 \pm 0,11	4,53 \pm 0,94	5,61 \pm 1,22	1,75 \pm 0,75
	Tascó Gran	4,75 \pm 0,79	1,5 \pm 0,35	0,33 \pm 0,16	4,14 \pm 0,32	4,62 \pm 0,58	5,37 \pm 0,94
	Carall	0,58 \pm 0,29	0,33 \pm 0,16		3,31 \pm 0,46	2,37 \pm 0,87	
	Tascó Petit	0,5 \pm 0,19		0,08 \pm 0,08	3,38 \pm 0,99		8
	Ferran.			0,08 \pm 0,08			5,6
	Freu			3,66 \pm 0,71			5,99 \pm 0,51
	Cap Castell			5,2 \pm 1,63			3,3 \pm 0,19
	Paieta			0,25 \pm 0,25			0,67 \pm 0,17
Punta Salines			0,16 \pm 0,11			3,75 \pm 0,75	
<i>Myriapora truncata</i>	Medallot						
	Guix	0,83 \pm 0,26	0,83 \pm 0,26	0,67 \pm 0,29	3,54 \pm 0,53	2,9 \pm 0,58	2,69 \pm 0,29
	Salpatxot	0,42 \pm 0,21	1,17 \pm 0,49	1 \pm 0,34	3,46 \pm 0,46	1,84 \pm 0,41	2,52 \pm 0,55
	Pedra de Déu	4,17 \pm 0,87	4,16 \pm 0,86	3,17 \pm 0,84	3,73 \pm 0,28	3,6 \pm 0,25	3,19 \pm 0,23
	Pota del Llop						
	Vaca	0,08 \pm 0,08			1,2		
	Reina						
	Dofí	0,25 \pm 0,14	0,17 \pm 0,12	0,08 \pm 0,08	4,23 \pm 2,88	2,1 \pm 0,9	2,5
	Tascó Gran	0,24 \pm 0,18	0,25 \pm 0,14	0,08 \pm 0,08	2,07 \pm 0,82	1,23 \pm 0,15	3,5
	Carall	0,08 \pm 0,08			1,4		
	Tascó Petit	0,17 \pm 0,12	0,08 \pm 0,08		2,25 \pm 1,25	3,5	
	Ferran.			3,75 \pm 1,02	2,77 \pm 0,14		2 \pm 0,23
	Freu						
	Cap Castell			5,09 \pm 1,15			2,1 \pm 0,2
	Paieta			6,37 \pm 2,03			2,72 \pm 0,23
Punta Salines							

Estructura de les poblacions:

Medallot

Donat el seu règim de protecció integral, aquesta estació es diferencia de tota la resta perquè no està freqüentada per bussejadors ni tampoc pot tenir cap impacte degut als arts de pesca o altres perturbacions que no siguin les naturals.

a. *Pentapora fascialis*

La densitat de *P. fascialis* a l'estació de Medallot ha disminuït lleugerament respecte l'any passat, però no de manera significativa (Figura 7, Taula A2), tot i que el baix valor mostrat disminueix la precisió de l'anàlisi. Si s'observa l'estructura de talles, es pot veure que les colònies que han persistit han augmentat la seva talla, i també hi ha hagut un cert reclutament de noves colònies (Figura 11A). Aquest reclutament es manifesta, a més, en el fet que aquest any les colònies no només són epífites, com l'any anterior, sinó que aquest any en trobem també sobre superfície plana del fons (Figura 11B).

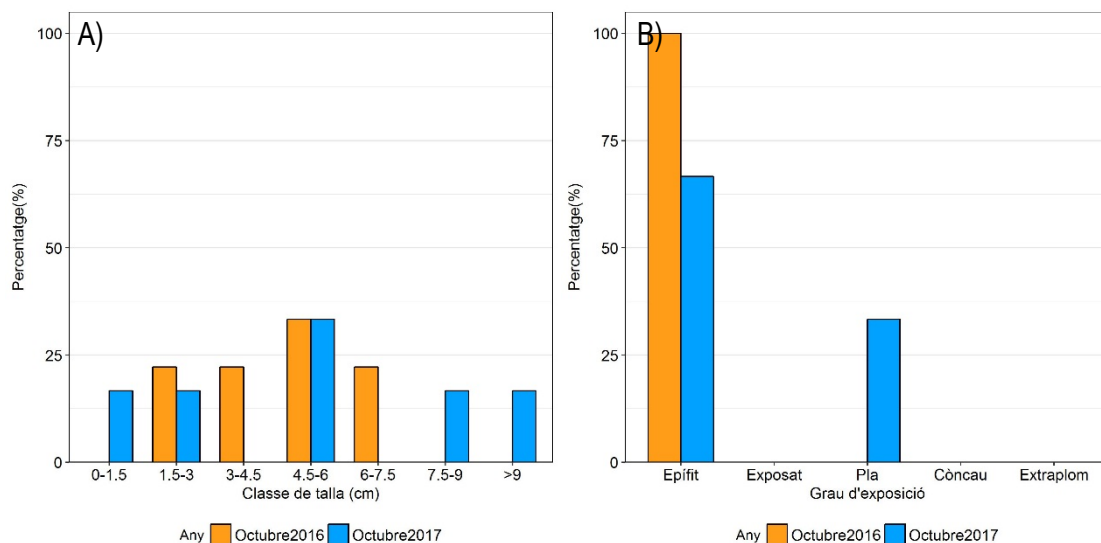


Figura 11. Estació de Medallot: A) Estructura de talles (alçada) i B) Grau d'exposició de *Pentapora fascialis*, diferenciant els dos períodes de mostreig.

b. *Myriapora truncata*

Ni l'any 2016 ni enguany s'han trobat colònies de *M. truncata* en l'estació del Medallot.

Salpatxot

Aquesta estació l'any 2017 ha estat menys freqüentada per submarinistes que el 2016 (Taula 2).

a. *Pentapora fascialis*

Les densitats de colònies de *P. fascialis* han disminuït respecte a l'octubre del 2016, moment en que ja es va registrar una disminució respecte al juliol de 2016 (Figura 7).

Pel que fa a les talles, aquest any, s'ha observat un augment de les talles de les colònies respecte l'any anterior, i cap entrada de nous individus a la població (Figura 12A). Aquest any s'han trobat en posició en superfície còncava i en extraploms, mentre que les colònies del 2016 es trobaven en les dues posicions més resguardades (epífites i en extraploms) i (Figura 12B).

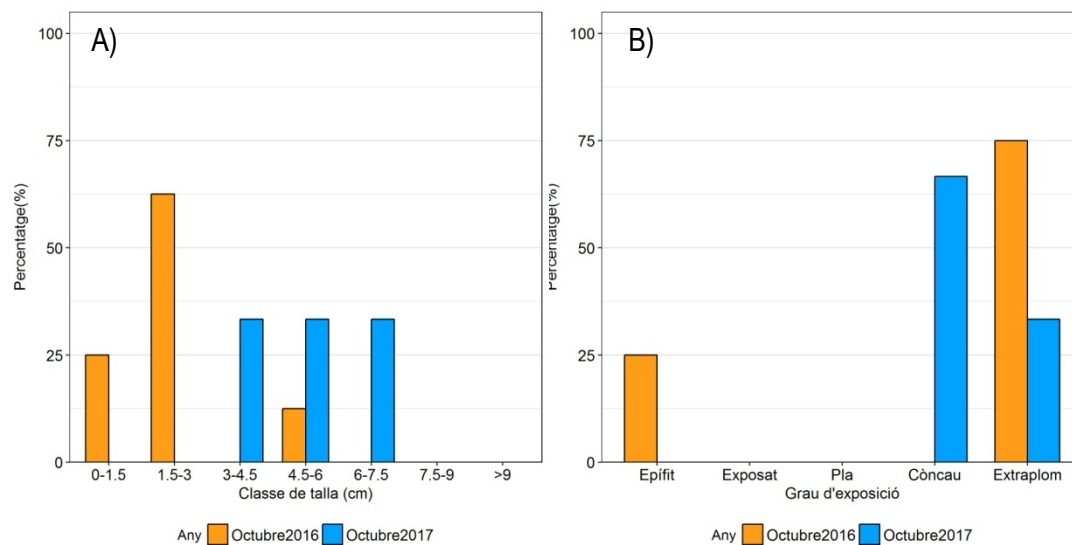


Figura 12. Estació de Salpatxot: A) Estructura de talles (alçada) i B) Grau d'exposició de *Pentapora fascialis*, diferenciant els dos períodes de mostreig.

b. *Myriapora truncata*

Tot i que les densitats de les colònies de *M. truncata* han sofert una lleugera disminució, aquest descens no es significatiu (Taula A1), i els valors segueixen essent superiors dels observats el juliol de 2016 (Figura 9).

Pel que fa a les talles, aquest any, s'han trobat un patró força similar a l'observat el 2016, amb reclutes i colònies de mida mitjana, i algunes d'una mida una mica més gran que l'any anterior (Figura 13A). En quant al grau d'exposició, enguany trobem més colònies en posició plana que el 2016, i també en trobem en extraploms, però cap en posició còncava (Figura 13B).

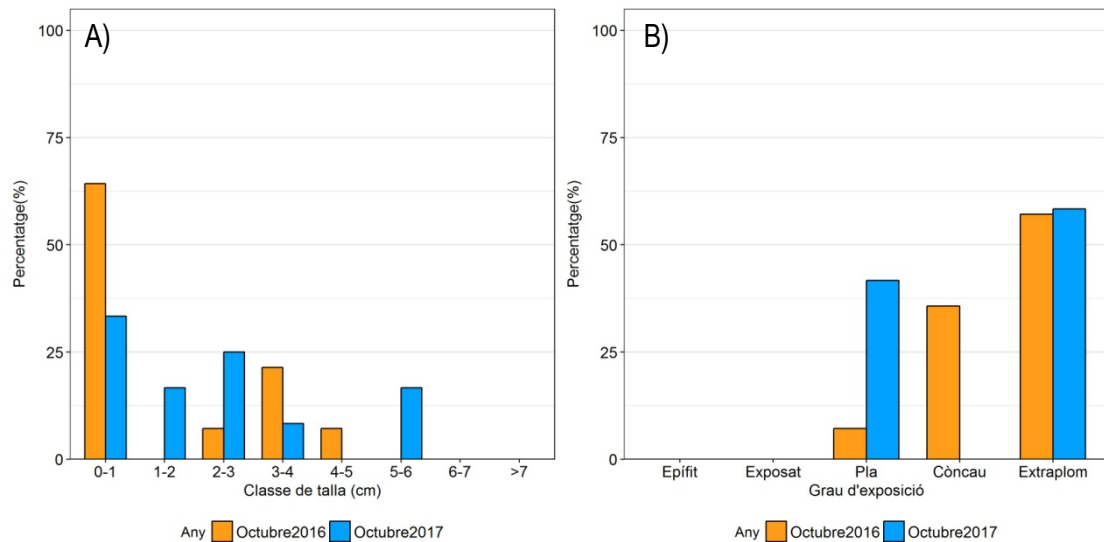


Figura 13. Estació de Salpatxot: A) Estructura de talles (alçada) i B) Grau d'exposició de *Myriapora truncata*, diferenciant els dos períodes de mostreig.

Guix

Aquest any l'estació del Guix ha estat menys freqüentada per submarinistes que al 2016 (Taula 2).

a. *Pentapora fascialis*

No es varen trobar colònies de *P. fascialis* a l'estació del Guix, que ja eren molt baixes l'any anterior.

b. *Myriapora truncata*

La densitat de colònies de *M. truncata* l'estació del Guix ha patit una lleugera disminució, tot i que els tests estadístics no mostren diferències respecte l'any anterior (Figura 9, Taula A1).

Aquest any s'han trobat més individus de talles mitjanes (i alguns petits) que l'any passat, però no s'han trobat les colònies grans que es varen observar el 2016. Aquest patró mostra un creixement de les colònies de mida més petita, i una mortalitat de les colònies més grans. Tampoc s'observa cap pols de reclutament amb cap colònia petita (Figura 14A). En quant al grau d'exposició, el percentatge de colònies que es trobaven en les posicions de pla i còncau han disminuït i el de les que es troben en extraploms s'ha mantingut estable. A més a més, enguany trobem colònies exposades, a diferència de l'any anterior. Tot i que degut al baix nombre de colònies no es pot confirmar cap patró clar (N=8) (Figura 14B).

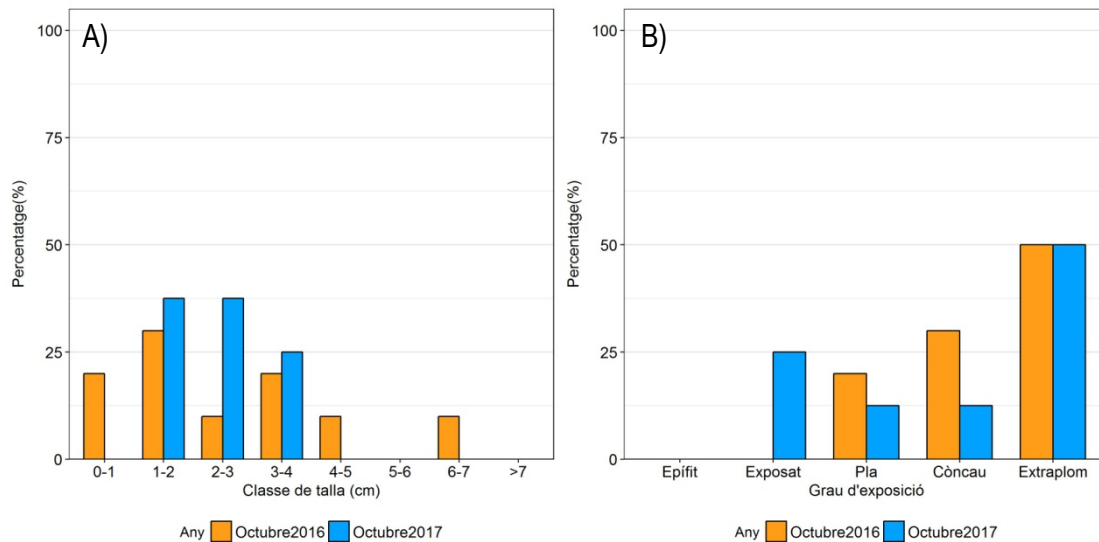


Figura 14. Estació del Guix: A) Estructura de talles (alçada) i B) Grau d'exposició de *Myriapora truncata*, diferenciant els dos períodes de mostreig.

Pedra de Déu

Aquest any l'estació del Pedra de Déu ha estat menys freqüentada per submarinistes que el 2016 (Taula 2).

a. *Pentapora fascialis*

Les densitats de *P. fascialis* de Pedra de déu han estat molt baixes, similars a l'octubre de 2016, i inferiors al juliol de 2016 (Figura 7). El baix nombre de colònies fa difícil interpretar l'estructura de talles, que mostra uns valors similars a l'any anterior, igual que el grau d'exposició, que no mostra un patró clar.

b. *Myriapora truncata*

Aquesta és l'estació, juntament amb Ferranelles, que presenta una major densitat de colònies de *M. truncata* de la zona protegida de les illes Medes, tot i que amb una disminució respecte els controls de l'any anterior (Figura 7).

L'estructura de talles de *M. truncata* mostra valors similars als observats l'octubre de 2016, tot i que amb una disminució de les colònies més grans. Es pot observar un cert augment de la talla mitjana de les colònies de les classes de talla mitjana, fet que indica un cert creixement de les colònies. Igual que l'octubre de 2016, també es pot observar un cert reclutament amb la presència de colònies de la classe de talles més petita (Figura 15A). El grau d'exposició es manté similar a

l'observat al 2016, tot i que hi ha una certa tendència a augmentar el percentatge de colònies en les zones còncaves més exposades. (Figura 15B).

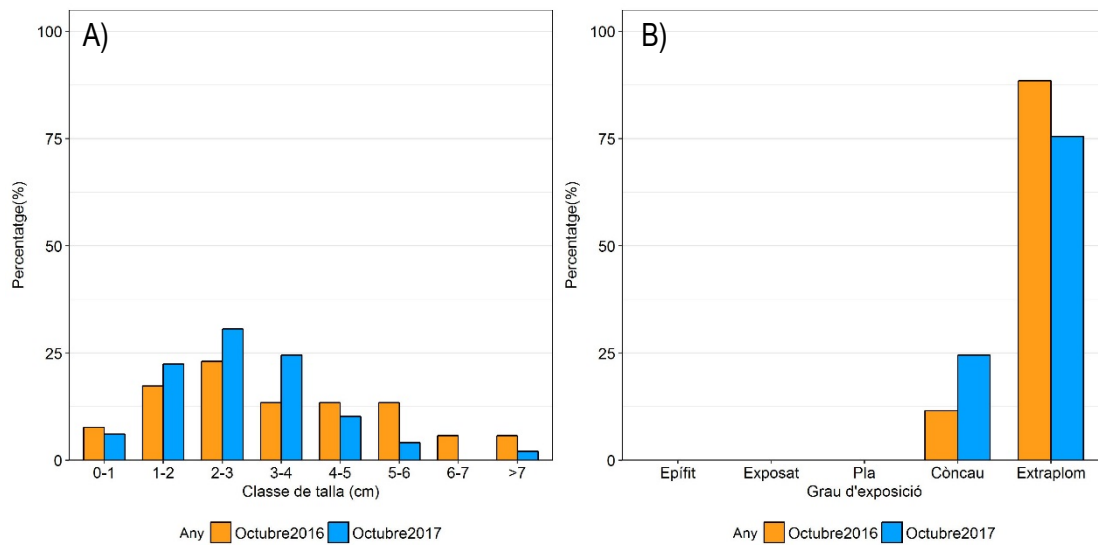


Figura 15. Estació de Pedra de Déu: A) Estructura de talles (alçada) i B) Grau d'exposició de *Myriapora truncata*, diferenciant els dos períodes de mostreig.

Pota del Llop

Aquest any l'estació del Pota del Llop ha estat més freqüentada per submarinistes que el 2016 (Taula 2).

a. *Pentapora fascialis*

Les densitats observades el 2017 en aquesta estació són molt baixes, amb valors molt inferiors enregistrats l'any anterior, i especialment respecte als valors enregistrats el juliol de 2017, quan hi va haver una disminució en les densitats que s'ha mantingut fins a l'actualitat, amb valors pràcticament nuls (només es va observar una colònia respecte les 23 comptabilitzades el juliol de 2016) (Figura 7).

El baix nombre de colònies observades (un individu) impedeix fer un anàlisi de l'estructura de talles i grau d'exposició de la població.

b. *Myriapora truncata*

En aquesta estació no s'han observat colònies de *M. truncata* en cap dels censos efectuats en el marc del seguiment.

La Vaca

El transecte d'aquesta estació està situat entre dues boies d'immersió i aquest fet fa que sigui una de les boies més visitades pels submarinistes. Enguany la xifra de submarinistes s'ha mantingut pràcticament igual respecte l'any passat (Taula 2).

a. *Pentapora fascialis*

Aquesta es una altra estació en la que les poblacions de *P. fascialis* han patit una regressió constant des de juliol de 2016, on es varen enregistrar densitats relativament elevades, fins a l'actualitat, on no s'ha pogut observar cap colònia (Figura 7).

b. *Myriapora truncata*

Les poblacions de *M. truncata* en aquesta estació han estat sempre molt baixes, i aquest any no s'hi ha trobat cap colònia (Figura 9).

La Reina

Aquest any la Cova de la Reina ha estat visitada per un nombre inferior de submarinistes en comparació amb el 2016 (Taula 2).

a. *Pentapora fascialis*

En aquesta estació el transecte d'aquest any no és el mateix que el de l'any passat, tot i que els valors de densitat segueixen essent molt baixos (Figura 7), amb totes les colònies de mida petita, ja sigui exposades o epífites sobre gorgònia blanca.

b. *Myriapora truncata*

No es va trobar cap colònia de *M. truncata* en el transecte col·locat aquest any, igual que els censos dels anys anteriors (Figura 9).

Dofí

Aquest any la Cova del Dofí ha tingut més visites per part de submarinistes que l'any 2016 (Taula 2).

a. *Pentapora fascialis*

Les densitats d'aquesta estació han baixat de forma sostinguda des del primer control, el juliol de 2016, on es varen comptabilitzar 11 colònies, fins a les dues colònies observades enguany (figura

7). Tot i la baixa densitat de colònies es pot observar que les més grans que hi havia el 2016 han desaparegut, i les úniques observades enguany són petites o reclutes, i es troben epífites o en zones no resguardades.

b. *Myriapora truncata*

Les densitats de *M. truncata* en aquesta estació sempre han estat baixes (Figura 9), tot i que enguany també trobem el valor mínim observat, amb només una colònia. Aquesta mesura entre 2 i 3 cm i la trobem en posició plana.

Tascó gros

L'any 2017 l'estació de Tascó gros ha estat visitada per menys submarinistes que el 2016 (Taula 2).

a. *Pentapora fascialis*

Aquesta estació és la que ha mostrat una davallada més marcada i constants en la densitat de *P. fascialis* des del juliol de 2016, on es varen comptabilitzar 57 colònies, de les quals a l'octubre de 2016 només en quedaven 18, i enguany només se n'han observat 4 (Figura 7). Les colònies que han sobreviscut són de talla mitjana-gran, i totes epífites de gorgònia blanca, sense indicis de reclutament (Figura 16 A i B).

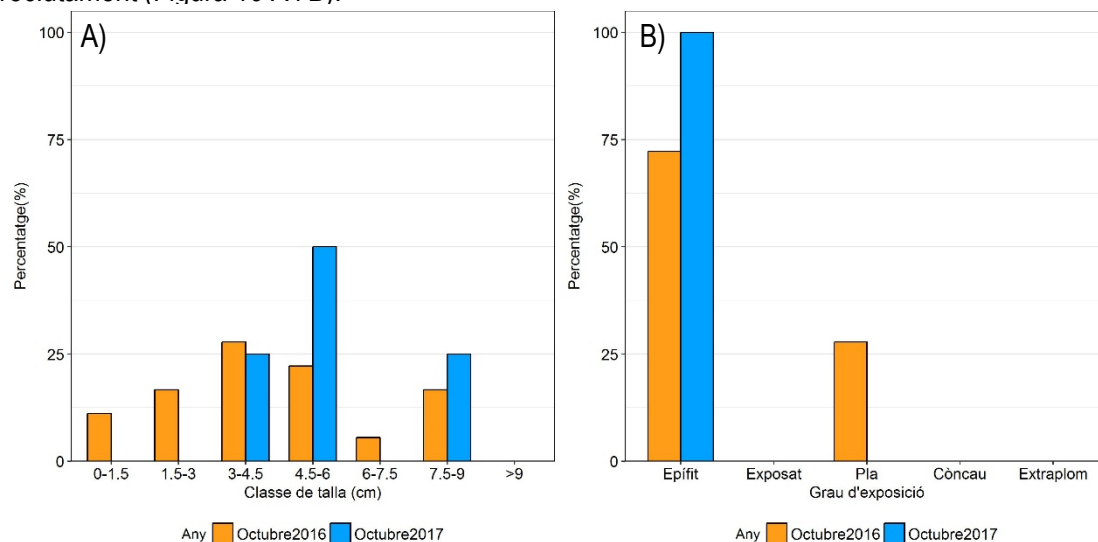


Figura 16. Estació de Tascó Gros: A) Estructura de talles (alçada) i B) Grau d'exposició de *Pentapora fascialis*, diferenciant els dos períodes de mostreig.

b. *Myriapora truncata*

Pel que fa a les colònies de *M. truncata*, aquesta estació ha presentat en tots els censos densitats molt baixes (Figura 9), i aquest any la única colònia que s'ha trobat mesurava de 3 a 4 cm i es trobava en posició d'extraplom.

Carall Bernat

L'estació de Carall Bernat ha estat la més visitada per submarinistes aquest any 2017 (tenint només una boia). Tot i això, també ha disminuït respecte l'any passat (Taula 2).

a. *Pentapora fascialis*

Aquest any no s'ha trobat cap colònia de *P. fascialis* a l'estació de Carall Bernat, fet que confirma la davallada continuada observada des de juliol de 2016, tot i que ja comptava amb només 7 colònies vives, i 4 l'octubre de 2016 (Figura 7).

b. *Myriapora truncata*

Aquest any no s'ha observat cap colònia de *M. truncata*, ni tampoc l'anterior, de forma que no es pot fer cap anàlisi amb aquesta espècie en aquesta estació (Figura 9).

Tascó petit

Aquesta estació ha estat més visitada per submarinistes que l'any anterior (Taula 2).

a. *Pentapora fascialis*

En aquesta estació, les 6 colònies que es varen observar el juny de 2016, varen desaparèixer, i la població des d'aleshores no s'ha recuperat ja que enguany únicament s'ha trobat una colònia de *P. fascialis* (Figura 7) que mesura entre 7,5 i 9 cm (Figura 8) i es troba en posició epífita.

b. *Myriapora truncata*

La població de *M. truncata* en aquesta estació ha estat molt baixa en tots els controls del seguiment, i enguany la única colònia de *M. truncata* que es va observar el 2016 ha desaparegut i no en queda cap en el transecte de Tascó Petit (Figura 9).

Ferranelles

Aquest transecte es troba entre les dues boies dels centres d'immersió i, per tant, els valors dels bussejadors s'han sumat. Ha disminuït una mica respecte l'any passat (Taula 2). El transecte d'aquest any és diferent al del 2016, i és per això que els valors no es poden comparar entre anys.

a. *Pentapora fascialis*

La població de *P. fascialis* en aquesta estació és molt poc densa, ja que només es va trobar una única colònia (Figura 7) epífita d'*E. singularis*.

b. *Myriapora truncata*

Aquesta espècie es abundant en aquesta estació, amb una de les densitats més elevades observades a la zona protegida de les illes Medes (Figura 9). La distribució de talles d'aquesta població és molt variada, amb una proporció elevada de la primera classe de talles, fet que mostra un reclutament important (Figura 17A). Pel que fa al grau d'exposició, la majoria de colònies es troben en extraploms, per tant, posicions protegides (Figura 17B).

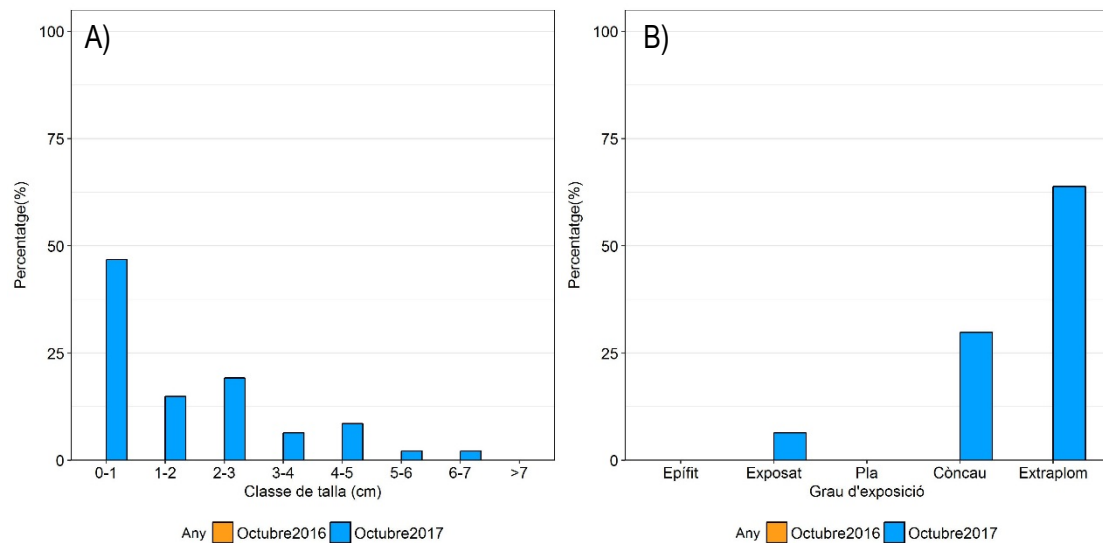


Figura 17. Estació de Ferranelles: A) Estructura de talles (alçada) i B) Grau d'exposició de *Myriapora truncata*, diferenciant els dos períodes de mostreig.

Freu

L'estació del Freu es troba a la Zona Perifèrica de Protecció i al no disposar de cap boia de busseig, no és freqüentada per submarinistes. No obstant, en aquesta zona la pesca tant professional com

esportiva sí que està autoritzada i, per tant, ens pot servir com a control de zona no bussejada però sí amb activitat de pesca.

a. *Pentapora fascialis*

La població de *P. fascialis* en aquesta zona mostra una de les densitats més elevades observades enguany (Figura 7), amb una estructura de talles molt homogènia, amb presència de colònies grans fins a talles superiors a 9 cm, tot i que amb l'absència de reclutes de les primeres classes de talla (Figura 18A). A més a més, el grau d'exposició també és força divers, amb colònies epífites però també en superfícies còncaues i planes, en les posicions més exposades (Figura 18B).

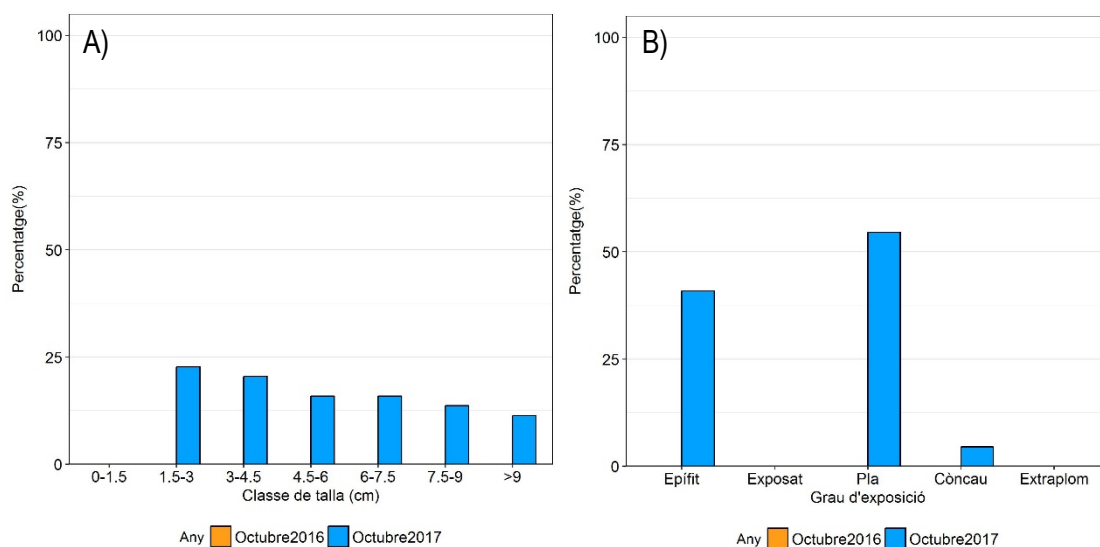


Figura 18. Estació de Freu: A) Estructura de talles (alçada) i B) Grau d'exposició de *Pentapora fascialis*, diferenciant els dos períodes de mostreig.

b. *Myriapora truncata*

No s'han observat colònies de *M. truncata* en aquesta estació.

Cap Castell

Aquesta estació es va començar a estudiar l'any 2014 com a una estació fora de les illes Medes i com a control de zona no freqüentada, i es va continuar monitoritzant fins l'octubre de 2015. No obstant, enguany aquesta estació s'ha incorporat de nou al seguiment, ja que representa un altre control zona on la pesca tant professional com esportiva sí que està autoritzada i, per tant, ens pot servir com a control de zona no bussejada però sí amb activitat de pesca.

a. *Pentapora fascialis*

En aquesta estació quantificat una densitat de 5,2 colònies/m², una densitat superior a les enregistrades el 2015 (2,8 colònies/m²), i en valors semblants a registres anteriors (4,55 colònies/m² el 2014 i 7,2 colònies/m² l'abril de 2015).

Podem observar en el gràfic d'estructura de talles que trobem colònies de *P. fascialis* de diferents mides, però amb una major abundància de colònies de mida petita, entre 1,5 i 3 cm, tot i que també s'observa certa presència de reclutes i també de colònies de mida gran (Figura 19A). Les colònies es troben majoritàriament en posicions exposades (superfície exposada i plana) i també epífites (Figura 19B).

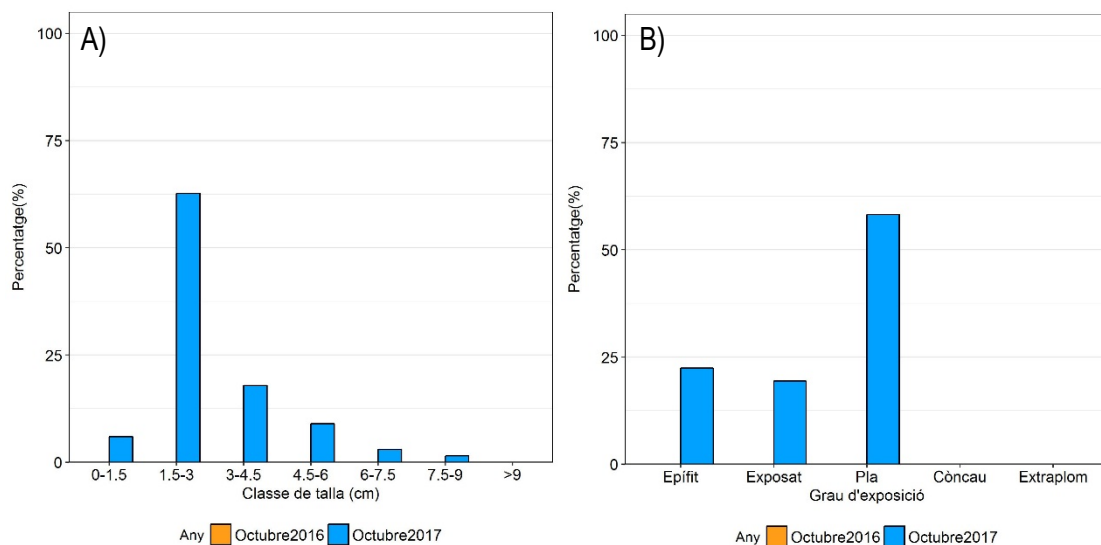


Figura 19. Estació de Cap Castell: A) Estructura de talles (alçada) i B) Grau d'exposició de *Pentapora fascialis*, diferenciant els dos períodes de mostreig.

b. *Myriapora truncata*

Les densitats de *M. truncata* també mostren valors elevats, amb 5,09 colònies/m², una densitat inferior a les enregistrades el 2015 (8,3 colònies/m²), però encara molt per sobre dels valors de les altres estacions monitoritzades enguany (Figura 9).

L'anàlisi de l'estructura de talles mostra que les colònies que més abunden en aquesta estació són les de talla petita. Tot hi això, hi ha certa presència de colònies grans (Figura 20A). Pel que fa al grau d'exposició, les colònies es troben repartides en les diferents posicions, sent les més abundants les que es troben en superfície còncava i plana (Figura 20B).

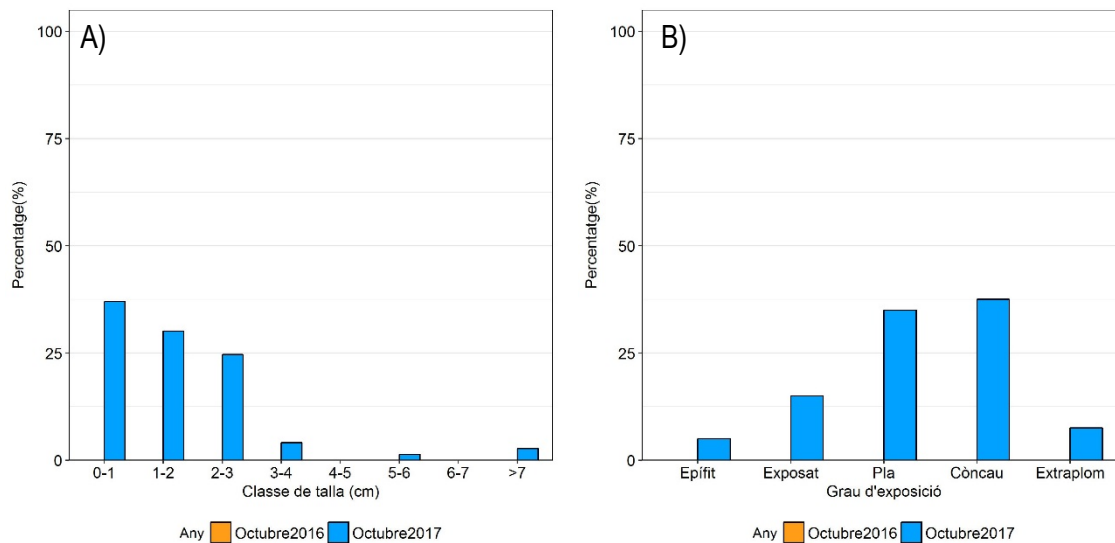


Figura 20. Estació de Cap Castell: A) Estructura de talles (alçada) i B) Grau d'exposició de *Myriapora truncata*, diferenciant els dos períodes de mostreig.

Paieta

No hi ha nombre de submarinistes per aquesta estació. A més a més, el transecte d'aquest any és nou i, per això, no hi ha dades del 2016.

Aquesta estació s'ha incorporat al seguiment, ja que representa un altre control de zona poc freqüentada (tot i que no tenim dades específiques del nombre de bussejadors) i també una zona on la pesca tant professional com esportiva sí que està autoritzada i, per tant, ens pot servir com a control de zona no bussejada però sí amb activitat de pesca.

a. *Pentapora fascialis*

La densitat de colònies de *P. fascialis* és molt baixa, i totes les colònies trobades a l'estació de Paieta són reclutes i, o bé són epífites o bé es troben en superfície plana.

b. *Myriapora truncata*

La densitat en aquesta estació és la més elevada trobada en totes les estacions, i la població mostra un rang de talles molt ampli amb presència de reclutes i algunes colònies de mida gran, però la classe de talla més abundant és entre 1 i 2 cm (Figura 21A). La majoria de colònies es troben en un grau d'exposició elevat, en zones planes (Figura 21B).

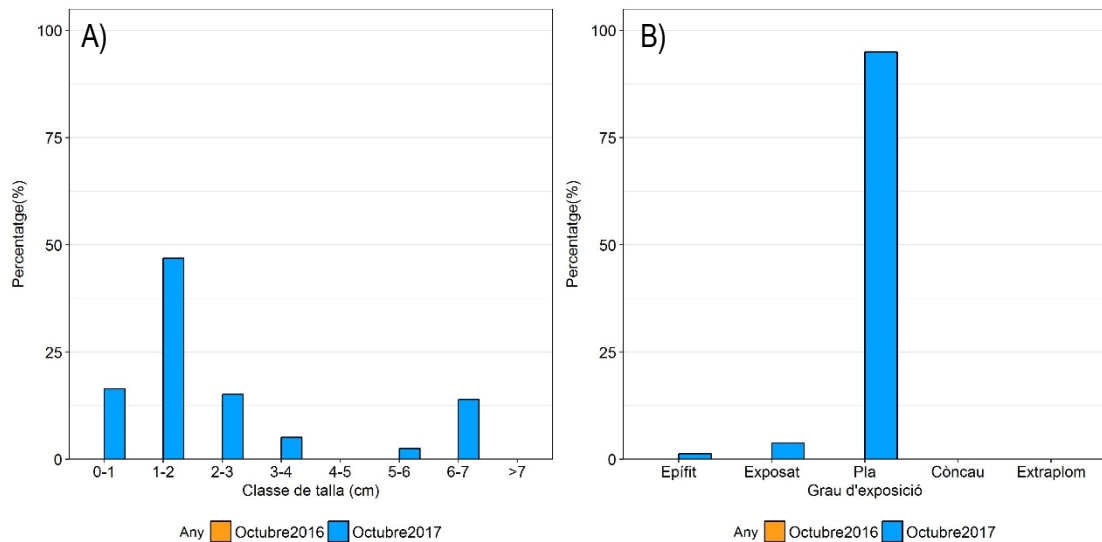


Figura 21. Estació de Paieta: A) Estructura de talles (alçada) i B) Grau d'exposició de *Myriapora truncata*, diferenciant els dos períodes de mostreig.

Punta Salines

Tot i que no tenim informació precisa sobre el nombre de bussejadors, és una estació en la que en els darrers anys el nombre de submarinistes ha augmentat, pel que considerem que és una estació freqüentada. El transecte enguany es va fer de nou, ja que s'ha posicionat millor, i entre les boies de submarinistes.

a. *Pentapora fascialis*

La densitat de colònies de *P. fascialis* observada era molt baixa, ja que només es varen trobar dues colònies (Figura 7) de mida mitjana (Figura 8) epífites de gorgònia blanca.

b. *Myriapora truncata*

En el transecte col·locat aquest any no s'ha trobat cap colònia de *M. truncata* a l'estació de Punta Salines (Figura 9).

Seguiment temporal a llarg termini

En l'evolució a llarg termini de les poblacions de briozous, es pot observar que en les estacions de control sense submarinistes (Medallot i Cap Castell) hi ha hagut una certa disminució de les densitats, però han mantingut sempre uns valors relativament elevats (Figura 22). L'estació del Medallot, per les poblacions de *P. fascialis*, mostra una certa oscil·lació estacional, però també una davallada continuada des de 2014, que ha arribat a valors mínims el 2017, mentre que per *M.*

truncata, els baixos valors de densitat no permeten observar cap tendència. Les densitats d'ambdues espècies a l'estació de Cap Castell és la que es manté més estable, amb valors intermedis per a *P. fascialis* respecte als censos anteriors de 2014 i 2015 (en aquesta estació no es varen fer censos el 2016), mentre que per *M. truncata* el 2017 assoleix els valors mínims, però sempre dins un rang de valors molt superior a la resta d'estacions.

La resta d'estacions, que es troben en zones freqüentades, mostren, amb certes oscil·lacions, una davallada clara i constant en les densitats d'ambdues espècies, fins arribar a valors pràcticament nuls.

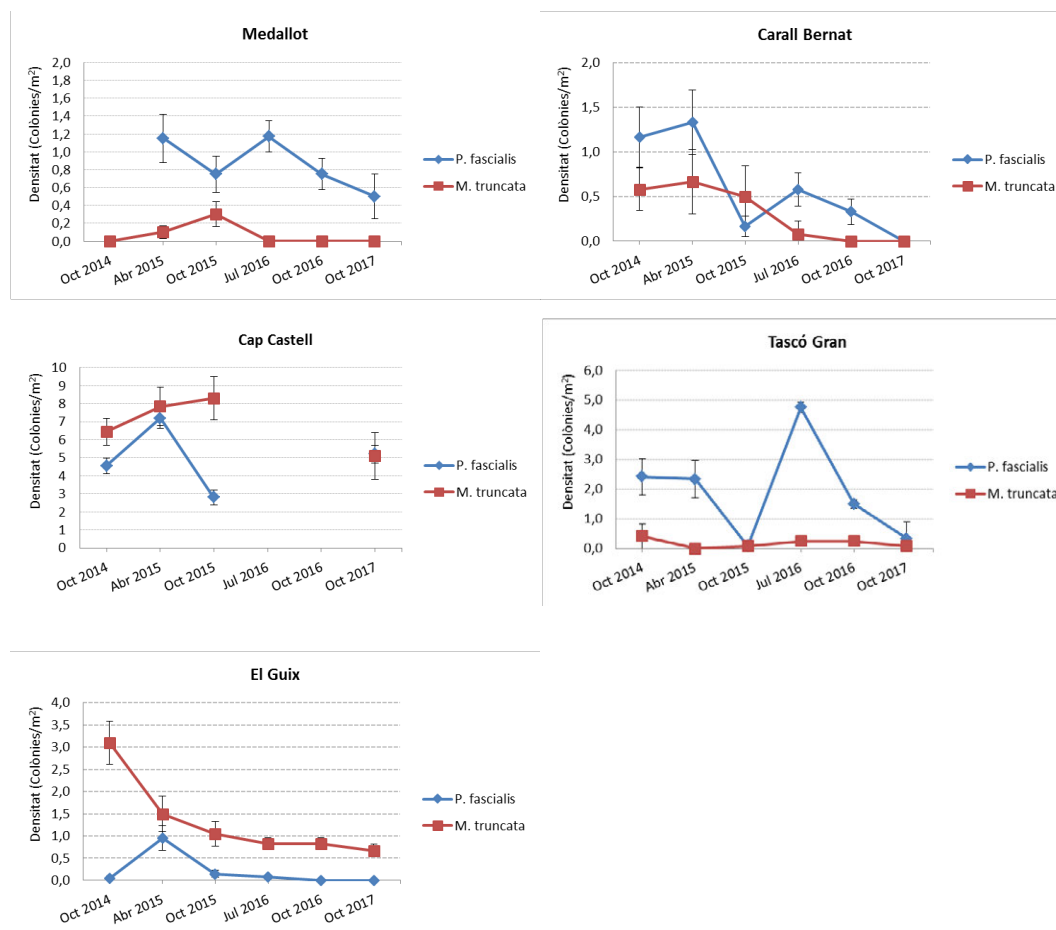


Figura 22. Evolució temporal de les densitats (nombre de colònies/m²) de *Pentapora fascialis* i *Myriapora truncata* a les estacions monitoritzades de de l'any 2014. Les barres d'error corresponen a l'error estàndard.

Si comparem l'abundància de colònies de les dues espècies de briozous i el nombre de submarinistes en cada una de les estacions estudiades, es pot observar com hi ha una correlació negativa ($R^2=0,33$, $F=6,86$, $p=0,002$) (Figura 23).

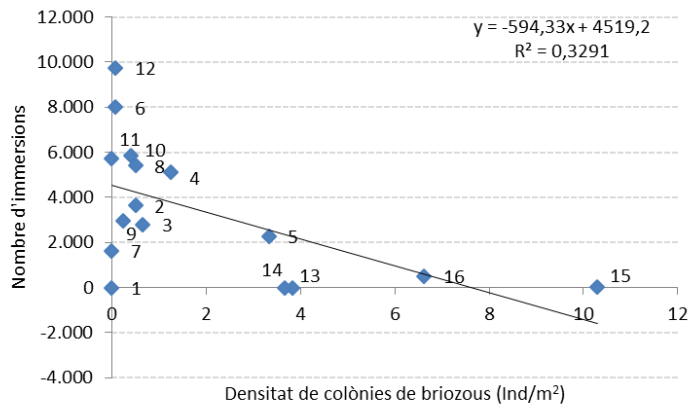


Figura 23. Relació entre la densitat de colònies de briozous (*Pentapora fascialis* i *Myriapora truncata*) i el nombre de submarinistes que han freqüentat cada estació. Cada punt representa una estació, seguint la següent llegenda: 1: Medallot, 2: Guix, 3: Salpatxot, 4: P. de Déu, 5: P. del Llop, 6: Vaca, 7: Reina, 8: Dofí, 9: T. Gran, 10: Carall, 11: T. Petit, 12: Ferranelles, 13: Freu, 14: cap Castell, 15: Paieta, 16: Salines (tot i que no tenim dades, s'ha calculat una freqüència de 500 submarinistes l'any per aquesta estació segons les observacions realitzades en aquesta zona).

Discussió

Aspectes metodològics

Els resultats d'enguany del seguiment de les poblacions de briozous mostren en general una densitat molt baixa en les estacions més freqüentades, mentre que en les estacions de control sense submarinistes les poblacions es mantenen relativament altes, tot i que també amb una certa disminució de les seves densitats probablement degut a factors ambientals o climàtics. No obstant, dins d'aquest patró general hi ha diversos aspectes que cal analitzar en detall.

Pel que fa a l'aspecte metodològic, enguany hem pogut utilitzar la mateixa metodologia que en anys anteriors, fent les mesures de les mateixes poblacions de briozous en els transectes fixes ja marcats els anys anteriors. Aquesta metodologia ens ha permès eliminar l'error en les mesures degut a la variabilitat a petita escala degut a la distribució no homogènia de les colònies de briozous. La utilització de transectes fixes ens ha permès identificar les colònies de briozous a nivell individual, a més de determinar paràmetres demogràfics de les poblacions, com el reclutament, creixement i mortalitat, a llarg termini. Un dels aspectes claus és que, tot i que s'ha demostrat que els briozous són bons indicadors de l'efecte de la freqüentació per submarinistes, encara no es coneix quina és la seva dinàmica poblacional i per tant la seva resiliència (quina és

la capacitat de les poblacions de recuperar-se després d'una pertorbació), aspecte que pot ser de gran importància a l'hora de determinar la intensitat dels usos que poden causar pertorbacions en les seves poblacions.

Els transectes fixes, a més, ens permeten enregistrar fotogràficament tota la superfície estudiada i referenciada espacialment, de forma que el registre fotogràfic ens permet comparar les fotografies de la mateixa superfície. Tot i haver realitzat les fotografies dels transectes, hem basat les anàlisis amb les dades obtingudes *in situ*, ja que els paràmetres utilitzats (densitat, alçada i grau d'exposició) es podien prendre directament sense l'ajut de fotografies. No hem analitzat la superfície i diàmetre de les colònies, ja que en informes anteriors (Pagès et al. 2016) vàrem determinar una molt bona correlació amb l'alçada, pel que hem treballat només amb aquesta mesura per evitar redundàncies en els anàlisis. Malgrat això, sí que es va veure convenient preservar un registre fotogràfic de les estacions mostrejades ja que, a més de poder tenir les fotografies com a referència de l'estat de les poblacions en el moment del mostreig i poder-les comparar amb anys anteriors o posteriors, també és útil com a suport per al mostreig *in situ* o en cas de dubte per poder determinar errors i poder fer un anàlisi més precís en qualsevol moment.

Donat el baix nombre de briozous en moltes localitats amb busseig, aquest any hem afegit estacions en localitats "control" en zones no freqüentades. Les baixes densitats trobades a les zones freqüentades podrien fer pensar que els hàbitats no eren els propis per a aquestes espècies, o han disminuït per causes naturals, però el fet de tenir estacions de control ens permet una comparació directa aïllant algunes pertorbacions d'origen antròpic com la freqüentació per submarinisme o l'efecte erosiu dels arts de pesca de les pertorbacions naturals com la proliferació d'algues filamentoses detectades l'any 2015 i també el 2017, o temporals de mar excepcionals. Per una part, l'any passat es va destacar la importància de tenir estacions de referència que no rebessin l'impacte dels submarinistes i que el Medallot presentava una situació ideal per aquest estudi, degut a la seva condició de Reserva Natural Integral. Malgrat això, les densitats de partida d'aquesta estació ja eren de per sí molt baixes, ja que tot i ser reserva integral en l'actualitat, aquesta estació va estar freqüentada fins el 2015, de forma encara no es pot considerar una zona no pertorbada.

A més, es per això que es va recomanar d'incorporar estacions no freqüentades històricament per submarinistes per poder-les tenir de control com a zones no freqüentades i que alhora són zones on es produeix pesca tant artesanal com esportiva. Així doncs, aquest any s'han incorporat tres

estacions noves: Freu (ZPP), Paieta (PN) i Cap Castell (PN), que són de gran utilitat com a zones de referències i que caldrà seguir en un futur.

La utilitat de les estacions de control no freqüentades contrasta amb la poca informació que ens donen algunes estacions en les zones freqüentades degut a les baixes densitats de les poblacions que sempre s'hi ha observat. És per això que es recomana mantenir les estacions control, i en les estacions de les illes Medes on s'han observat sempre densitats molt baixes de briozous, no seguir les poblacions de briozous anualment, i buscar indicadors alternatius (veure capítol de diagnosi).

Anàlisi dels resultats obtinguts

L'anàlisi dels resultats de les poblacions de briozous de les zones freqüentades a les illes Medes i al Montgrí (Punta Salines), mostra un patró clar amb uns valors de densitat molt baixos en ambdues espècies. A més a més, s'observa una tendència a la baixa respecte l'any anterior, que ja presentava valors molt baixos, especialment després de l'estiu. En les estacions de Pedra de Déu i Ferranelles, les densitats de *Myriapora truncata* són més elevades, i semblaria trencar aquest patró general. No obstant, analitzant l'estructura de talles d'aquestes poblacions i la seva disposició al fons, hi ha colònies petites només en les situacions més resguardades, és a dir, en extraploms i zones còncaues, i podem intuir que no s'allunyen d'aquest patró general, ja que les colònies més grans i exposades a l'abrasió són absents. Contràriament a aquest patró, les zones no freqüentades històricament (Paieta, Cap Castell i Freu) tenen unes densitats de briozous d'un ordre de magnitud superiors, evidenciant l'efecte del submarinisme. Aquest efecte es pot apreciar clarament fent una correlació entre la densitat de colònies de briozous i el nombre de submarinistes, en la que es pot observar una relació negativa.

A més de l'estat actual de les poblacions, l'evolució temporal en les estacions monitoritzades des de l'any 2014 també mostren un patró de descens clar, compatible amb la hipòtesis que a les zones freqüentades per bussejadors les poblacions de briozous estan impactades, especialment si ho comparem amb l'evolució de les poblacions "control" del Medallot i Cap Castell. Aquest patró indica un cop més que en totes les estacions freqüentades per submarinistes, aquesta activitat té un clar efecte negatiu sobre les comunitats de briozous.

S'ha de considerar, però, que les baixes densitats de les poblacions de briozous i la seva disminució pot ser deguda a altres causes naturals, com la possible variació natural de cada espècie depenent de les condicions ambientals específiques de cada zona, la proliferació d'algues filamentoses, o l'efecte de temporals extraordinaris. El disseny i la metodologia utilitzada en aquest

estudi, amb la incorporació de les estacions de “control”, ens permeten poder diferenciar els possibles efectes d'aquests factors.

Per una banda, les petites variacions ambientals en cada zona d'estudi, com la fondària, exposició als corrents, orientació etc., poden determinar l'abundància de les diferents espècies, i es podria donar el cas que en les zones seleccionades no hi hagués presència de briozous perquè no són hàbitats òptims per a aquestes espècies. En aquest sentit, hem pogut observar que l'abundància de *P. fascialis* i *M. truncata* no són correlatives, és a dir, en algunes estacions hem trobat una major abundància de *M. truncata* i escassetat de *P. fascialis*, o a la inversa. No obstant, a la majoria de les estacions hem pogut comptabilitzar una o altra espècie, o ambdues, de forma que la comparació amb els anys anteriors ens permet determinar els canvis de les poblacions de briozous al llarg del temps. Hi ha l'excepció de les estacions de la Reina i Tascó petit, les densitats de les quals han estat molt baixes en ambdues espècies. En aquests dos casos, degut a que no tenim referències d'anys anteriors, no podem determinar amb seguretat l'efecte de l'hàbitat o altres, de forma que en aquestes estacions aquest indicador per si mateix no pot donar evidències concloents, pel que l'estat de conservació dels seus hàbitats es determinarà a través d'altres descriptors complementaris.

Un altre aspecte clau que hem de tenir en compte per a interpretar els resultats obtinguts, és que hem començat a estudiar l'impacte del submarinisme sobre les poblacions de briozous que ja han estat pertorbades. Com ja s'ha comentat abans, les densitats obtingudes en aquest estudi són més baixes que les obtingudes en altres estudis realitzats en les mateixes zones (Sala et al., 1996, Garrabou et al., 1998, Hereu et al. 2014, 2015). Així, determinant l'impacte del submarinisme sobre comunitats ja pertorbades podem infravalorar l'efecte real d'aquesta activitat. Degut al baix nombre de colònies i que ja han estat pertorbades abans d'aquests controls, la comparació entre dos anys consecutius resulta difícil detectar una baixada en les poblacions de briozous, de forma que només podem esperar observar una recuperació de les poblacions en el cas que les mesures de gestió del busseig ho permetin.

Com a estacions control, tenim primer de tot el Medallot, que es una estació en la que no s'hi practica submarinisme des del 2015, però anteriorment sí que havia estat freqüentada i, per tant, partim d'una població ja impactada amb densitats de colònies de briozous relativament baixes. No obstant, el seguiment d'aquesta població és molt interessant com a situació experimental ja que ens permetrà determinar la capacitat de recuperació d'una població impactada, en la que les causes d'aquest impacte han estat suprimides. Si ens fixem en les poblacions de *P. fascialis* (les

densitats de *M. truncata* en aquesta estació sempre han estat molt baixes), l'evolució de les poblacions des de l'any 2014 ens mostra un cert descens de les densitats, probablement causades per els episodis de proliferació d'algues filamentoses observats els anys 2015 i 2017 i la temperatura, juntament amb els efectes dels temporals que podrien trencar les colònies ja debilitades més fàcilment. Així, aquesta mortalitat és possible que també hagi afectat a les altres estacions, de forma que part de la baixada en les densitats detectada al 2016 i enguany sigui per causes naturals. No obstant, i com ja hem comentat més a dalt, el fet que les poblacions ja estiguin pertorbades fa que aquest efecte sigui irrellevant respecte a l'efecte de la freqüentació, i en tot cas actui com un efecte sinèrgic en les zones ja pertorbades.

Un altre aspecte a considerar és que si la freqüentació de busseig disminueix fins al punt que la pertorbació per erosió desapareix, caldria esperar no només que les poblacions es mantinguin estables (fet que no te sentit quan estan en un elevat estat de degradació), sinó que es recuperin. En aquest sentit, les zones pertorbades no mostren cap signe de recuperació. De totes maneres, hem d'advertir que la informació disponible actualment sobre la dinàmica d'aquestes espècies ens indica que, tot i que aquestes espècies són més dinàmiques que moltes altres del coral·ligen com gorgònia vermella o corall vermell, la recuperació de les poblacions no es produeix en un any, sinó que és probablement un procés més lent.

En definitiva, hem observat que en les estacions on hi ha freqüentació de submarinistes la densitat de briozous és molt baixa, i les colònies que hi ha estan en zones protegides, mentre que en les estacions de control, les poblacions es mantenen elevades, fet que mostra un efecte de la freqüentació en totes les estacions on s'hi practica el submarinisme (tot i que en les estacions de Tascó Petit i la Reina no tenim prou dades o evidències per a poder-ho confirmar o desmentir-ho). No obstant, s'ha detectat també una certa mortalitat degut a efectes ambientals, però que en cap cas eclipsen l'efecte del submarinisme. Per altra banda, tampoc s'ha detectat cap signe de recuperació de les poblacions de briozous en cap de les estacions examinades, bé perquè la pressió de submarinisme no ha disminuït prou com per a permetre-ho, i també perquè la dinàmica d'aquestes espècies no permet detectar una recuperació en períodes curts d'un any.

Recomanacions per a la gestió

Els resultats del seguiment de les poblacions de briozous d'enguany evidencien la necessitat de gestionar d'una forma més òptima el submarinisme al Parc natural del Montgrí, les illes Medes i el baix Ter. L'estratègia per regular el nombre d'immersions dins les àrees protegides és fixar una capacitat de càrrega de bussejadors, definida com el màxim nombre de immersions en un lloc i

per any que pot suportar una zona sense arribar a ser degradada (Jameson et al. 1999). Un dels problemes en la gestió de les reserves marines és l'adequació de la capacitat de càrrega a l'ecosistema, ja que sovint no es tenen en compte el tipus de comunitats presents ni els organismes que les formen, així com la seva sensibilitat a l'impacte del submarinisme (Lloret et al. 2006). A més a més, aquesta activitat genera elevats guanys econòmics fet que augmenta la pressió que el sector turístic realitza sobre els gestors, sovint desencadenant en conflictes socioeconòmics (Badalamenti, 2000).

Els resultats del nostre estudi evidencien que una correlació negativa entre els bussejadors i l'abundància de brioços en les zones freqüentades, i no hi ha evidències de recuperació en cap de les estacions. Considerant que els brioços són indicadors de l'impacte a la resta de les comunitats, podem suposar que l'efecte dels submarinistes es produeix també en altres organismes de les comunitats bentòniques de les zones freqüentades (Sala et al. 1996, Garrabou et al., 1998, Hereu et al., 2014). És per això que es recomana disminuir el nombre de submarinistes en totes les estacions, fins que es tinguin evidències de una certa recuperació.

Conclusions

Aquest any s'ha pogut consolidar la metodologia utilitzada, amb transectes fixes mostrejats *in situ* i mitjançant fotografia, com a òptima pel seguiment de les poblacions de brioços.

La incorporació d'estacions no freqüentades històricament com a estacions control ha estat una molt útil i ens ha permès poder adquirir referències de base per a poder comparar amb les zones impactades.

L'estació del Medallot ens és igualment molt útil com a control de la recuperació de les poblacions impactades per avaluar la possible recuperació en absència del busseig.

El seguiment de brioços d'enguany ens mostra que en totes les estacions monitoritzades on hi ha freqüentació de submarinistes l'abundància de colònies de les poblacions de brioços són molt baixes, especialment si les comparem amb les zones de control.

A les estacions de la Reina i Tascó Petit no tenim prou referències per a determinar o desestimar l'efecte del submarinisme, pel que s'haurien d'utilitzar altres descriptors.

L'evolució temporal des les poblacions monitoritzades des de 2014 mostren un patró clar de descens de les poblacions en les zones freqüentades, i d'estabilitat en les zones de control.

No obstant, s'ha pogut observar també una certa disminució de les poblacions en les zones de control degut a factors naturals, però que en cap cas eclipsen l'efecte de la freqüentació.

Tot i que no té sentit seguir avaluant el descens de les poblacions de briozous en les zones freqüentades degut a la seva baixa densitat, el seguiment d'algunes de les estacions on en algun moment s'han detectat una major abundància de briozous pot servir per avaluar la seva recuperació, prenent com a referent la zona del Medallot.

Es recomana la disminució de la freqüentació en totes les estacions, fins que no es pugui determinar un cert grau de recuperació de les poblacions de briozous.

Bibliografia

- Ballesteros, E. (2006). Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 44, 123-195.
- Barker, N. H., i Roberts, C. M. (2004). Scuba diver behaviour and the management of diving impacts on coral reefs. *Biological Conservation*, 120(4), 481-489.
- Coma, R., Pola, E., Ribes, M., i Zabala, M. (2004). Long-term assessment of temperate octocoral mortality patterns, protected vs. unprotected areas. *Ecological Applications*, 14(5), 1466-1478.
- Davis, D., i Tisdell, C. (1995). Recreational scuba-diving and carrying capacity in marine protected areas. *Ocean i Coastal Management*, 26(1), 19-40.
- Dearden, P., Theberge, M., i Yasué, M. (2010). Using underwater cameras to assess the effects of snorkeler and SCUBA diver presence on coral reef fish abundance, family richness, and species composition. *Environmental monitoring and assessment*, 163(1-4), 531-538.
- de la Nuez-Hernández, Daril, et al. (2014). Assessing the erect bryozoan *Myriapora truncata* (Pallas, 1766) as indicator of recreational diving impact on coralligenous reef communities. *Ecological Indicators*, 46, 193-200.
- Di Franco, A., Marchini, A., Baiata, P., Milazzo, M., i Chemello, R. (2009). Developing a scuba trail vulnerability index (STVI): a case study from a Mediterranean MPA. *Biodiversity and Conservation*, 18(5), 1201-1217.
- Dixon, J.A., Fallon Scura, L., i Vant Hof, T. (1993). Meeting ecological and economic goals: marine parks in the Caribbean. *Ambio*, 22, 117-125.
- García-Charton, J. A., Herrero- Pérez, A., Esparza -Alaminos, O., Espejo -Cayuela, C., Pérez -Ruzafa, A., i Marcos, C. (2005). Estudios de seguimiento de la Reserva Marina de Cabo de Palos-Islas Hormigas. *Universidad de Murcia y Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia*.
- Garrabou, J., Sala, E., i Zabala, M. (1996). Impacte de la freqüentació dels escafandristes sobre les poblacions del briozou *Pentaporafascialis* a les illes Medes: Seguiment 1992-1995. *Seguiment Temporal de la Reserva Marina de les Illes Medes-I. Informe Anual. Any 1995*. p. 49-62.

- Garrabou, J., Sala, E., Arcas, A., i Zabala, M. (1998). The impact of diving on rocky sublittoral communities: a case study of a bryozoan population. *Conservation Biology*, 12(2), 302-312.
- Hawkins, J. P., Roberts, C. M., Van'T Hof, T., De Meyer, K., Tratalos, J., i Aldam, C. (1999). Effects of recreational scuba diving on Caribbean coral and fish communities. *Conservation Biology*, 888-89.
- Hereu, B., Aspillaga, E., Capdevila, P., Linares, C. i Pagès, M. (2014). Estudi de les poblacions de briozous de la Reserva Marina de les illes Medes com a indicadors de l'efecte de la freqüentació de submarinistes sobre les comunitats bentòniques. Informe tècnic per a la Reserva Marina de les illes Medes.
- Hereu, B., Pagès, M., Atienza, I., Aspillaga, E., Capdevila, P., i Montero-Serra, I. (2015). Estudi de la dinàmica de la població de l'espècie de briozou *Pentapora fascialis* de la Reserva Marina de les illes Medes. Informe tècnic per al Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter.
- Linares, C., Doak, D.F. (2010). Forecasting the combined effects of disparate disturbances on the persistence of long-lived gorgonians: a case study of *Paramuricea clavata*. *Marine Ecology Progress Series*, 402, 59-68.
- Linares, C., Zabala, M., Garrabou, J., Coma, R., Díaz, D., Hereu, B., i Dantart, L. (2010). Assessing the impact of diving in coralligenous communities: the usefulness of demographic studies of red gorgonian populations. *Scientific Reports Port-Cros Natl Park*, 24, 161-184.
- Linares, C., Garrabou, J., Hereu, B., Díaz, D., Marschal, C., Sala, E., i Zabala, M. (2012). Assessing the effectiveness of marine reserves on unsustainably harvested long-lived sessile invertebrates. *Conservation Biology*, 26(1), 88-96.
- Lloret, J., Marín, A., Marín-Guirao, L., i Francisca Carreño, M. (2006). An alternative approach for managing scuba diving in small marine protected areas. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 16(6), 579-591.
- Luna-Pérez, B., Valle-Pérez, C., i Sánchez-Lizaso, J. L. (2011). Halocynthiapapillosa as SCUBA diving impact indicator: An in situ experiment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 398(1), 33-39.
- Pagès, M., Atienza, I., Capdevila, P., Linares, C., Mariani, S., Medrano, A., Rovira, G., Hereu, B. 2016. Estudi de les poblacions de briozous de la Reserva Marina de les illes Medes com a indicadors de l'efecte de la freqüentació de submarinistes sobre les comunitats bentòniques. Memòria tècnica. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals.
- Parsóns, G. R., i Thur, S. M. (2008). Valuing changes in the quality of coral reef ecosystems: a stated preference study of SCUBA diving in the Bonaire National Marine Park. *Environmental and Resource Economics*, 40(4), 593-608.
- Rouphael, A. B., i Inglis, G. J. (2001). "Take only photographs and leave only footprints"?: An experimental study of the impacts of underwater photographers on coral reef dive sites. *Biological Conservation*, 100(3), 281-287.
- Sala, E., Garrabou, J., i Zabala, M. (1996). Effects of diver frequentation on Mediterranean sublittoral populations of the bryozoan *Pentapora fascialis*. *Marine Biology*, 126(3), 451-459.
- Tratalos, J. A., i Austin, T. J. (2001). Impacts of recreational SCUBA diving on coral communities of the Caribbean island of Grand Cayman. *Biological Conservation*, 102(1), 67-75.
- Zakai, D., i Chadwick-Furman, N. E. (2002). Impacts of intensive recreational diving on reef corals at Eilat, northern Red Sea. *Biological Conservation*, 105(2), 179-187.

Taula A1. Resultats del test estadístic de Kruskal-Wallis comparant les dades de la densitat de colònies de *Myriapora truncata* entre els següents períodes de temps: juliol del 2016 amb l'octubre del 2016, i octubre del 2016 amb octubre del 2017, per a cada estació.

Estació	Juliol 2016-Octubre 2016		Octubre 2016-Octubre 2017	
	χ^2	p-valor	χ^2	p-valor
Medallot	-	-	-	-
El Guix	-	-	0,66	0,41
Salpatxot	1,58	0,21	0,04	0,83
Pedra de Déu	0,002	0,96	1,35	0,24
Pota del Llop	-	-	-	-
La Vaca	-	-	-	-
La Reina	-	-	-	-
Dofi	0,21	0,64	0,34	0,56
Tascó Gros	0,2	0,65	1,03	0,31
Carall Bernat	-	-	-	-
Tascó Petit	-	-	-	-
Ferranelles	-	-	-	-
Freu	-	-	-	-
Cap Castell	-	-	-	-
Paieta	-	-	-	-
Punta Salines	-	-	-	-

Taula A2. Resultats del test estadístic de Kruskal-Wallis comparant les dades de la densitat de colònies de *Pentapora fascialis* entre els següents períodes de temps: juliol del 2016 amb l'octubre del 2016, i octubre del 2016 amb octubre del 2017, per a cada estació.

Estació	Juliol 2016-Octubre 2016		Octubre 2016-Octubre 2017	
	χ^2	p-valor	χ^2	p-valor
Medallot	1,07	0,3	0,01	0,91
El Guix	-	-	-	-
Salpatxot	0,96	0,33	0,23	0,63
Pedra de Déu	2,81	0,09	0,34	0,56
Pota del Llop	11,61	0,0006	1,84	0,17
La Vaca	6,12	0,01	-	-
La Reina	-	-	-	-
Dofí	0,28	0,59	-	-
Tascó Gros	-	-	8,16	0,004
Carall Bernat	0,14	0,71	-	-
Tascó Petit	-	-	-	-
Ferranelles	-	-	-	-
Freu	-	-	-	-
Cap Castell	-	-	-	-
Paieta	-	-	-	-
Punta Salines	-	-	-	-

Taula A3. Resultats del test estadístic de Kruskal-Wallis comparant les dades de l'alçada mitjana de les colònies de *Myriapora truncata* entre octubre del 2016 i octubre del 2017, per a cada estació.

Estació	χ^2	p-valor
Medallot	-	-
El Guix	0,10	0,75
Salpatxot	0,57	0,45
Pedra de Déu	1,16	0,28
Pota del Llop	-	-
La Vaca	-	-
La Reina	-	-
Dofí	-	-
Tascó Gros	-	-
Carall Bernat	-	-
Tascó Petit	-	-
Ferranelles	-	-
Freu	-	-
Cap Castell	-	-
Paieta	-	-
Punta Salines	-	-

Taula A4. Resultats del test estadístic de Kruskal-Wallis comparant les dades de l'alçada mitjana de les colònies de *Pentapora fascialis* entre octubre del 2016 i octubre del 2017, per a cada estació.

Estació	χ^2	p-valor
Medallot	0,05	0,81
El Guix	-	-
Salpatxot	4,18	0,04
Pedra de Déu	-	-
Pota del Llop	-	-
La Vaca	-	-
La Reina	-	-
Dofí	2,85	0,09
Tascó Gros	0,53	0,47
Carall Bernat	-	-
Tascó Petit	-	-
Ferranelles	-	-
Freu	-	-
Cap Castell	-	-
Paieta	-	-
Punta Salines	-	-

Seguiment de les poblacions de gorgònia vermella de la Reserva Marina de les illes Medes com a indicadores de l'efecte de la freqüentació de submarinistes sobre les comunitats bentòniques

Pol Capdevila, Eneko Aspillaga, Bernat Hereu, Alba Medrano, Ignasi Montero-Serra, Marta Pagès, Graciela Rovira, Cristina Linares.

Aquest capítol ha de ser citat com:

Capdevila P, Aspillaga E, Hereu B, Medrano A, Montero-Serra I, Pagès M, Rovira G, Linares C. 2017. Seguiment de les poblacions de gorgònia vermella de la Reserva Marina de les illes Medes com a indicadores de l'efecte de la freqüentació de submarinistes sobre les comunitats bentòniques Memòria tècnica. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals.

Introducció

La gorgònia vermella *Paramuricea clavata* és una espècie molt característica dels fons rocosos de la Mediterrània (Figura 1). La seva forma arborescent genera una estructura tridimensional que serveix de substrat i refugi per a moltes espècies associades, desenvolupant així comunitats molt complexes amb una elevada biodiversitat, presents sobretot a l'estatge infralitoral i circalitoral de les aigües Mediterrànies (Ballesteros 2006, Casas et al. 2015). Aquest alt valor ecològic també ve acompanyat d'un alt valor paisatgístic, que representa un reclam turístic molt important.

Paramuricea clavata és una espècie amb una dinàmica poblacional molt lenta, fet que fa que sigui especialment vulnerable a pertorbacions externes. Aquesta dinàmica ve donada per la longevitat dels individus (fins a més de cent anys), per les taxes de creixement somàtic baixes (per sota d'un centímetre a l'any), una maduresa reproductiva tardana i taxes de reclutament molt baixes (Coma et al. 1995a,b, Linares et al. 2007). Tanmateix, això implica que a aquests organismes els costi recuperar-se després d'esdeveniments de mortalitat, fet que és especialment rellevant donada la seva elevada sensibilitat a l'augment de temperatura que s'està registrant al Mar Mediterrani durant les darreres dècades (Coma et al. 2009). De fet, durant períodes anteriors on es varen detectar màxims històrics de temperatures, com el 1999 o el 2003, es va observar mortalitats molt elevades d'aquests organismes (Cerrano et al. 2000, Linares et al. 2005, Garrabou et al. 2009). En el context actual de canvi global, les projeccions climàtiques prediuen un augment de la temperatura superficial del mar (IPCC 2014), fet que no augura un futur molt esperançador per aquesta espècie.

Una problemàtica afegida a l'increment de la temperatura del mar és la creixent presència d'activitats humanes en els ecosistemes litorals (Halpern et al. 2008). En el cas de la gorgònia vermella la seva sensibilitat a pertorbacions físiques implica que es puguin veure perjudicades per les activitats recreatives que es donen en els nostres parcs, com és el cas del busseig (Linares i Doak 2010). El turisme de busseig és una de les formes més importants d'ús comercial de les àrees marines protegides de tot el món (Rouphael i Inglis 2001, Lloret et al. 2006, Parsóns i Thur 2007). Tanmateix, la presència repetida i intensiva de bussejadors ha fet progressar una altra causa de mortalitat que no per involuntària resulta menys preocupant. A diferència de la mort per estrès tèrmic, en la qual els esquelets de les gorgònies romanen durant força temps visibles a la comunitat, la mortalitat induïda pels escafandristes produeix la desaparició immediata de tota o part de la colònia, que resulta arrabassada per la tracció o per l'excessiu pes carregat sobre ella. L'erosió involuntària produïda pels bussejadors, tot i no suposar un risc per a les poblacions de gorgònies *per se*, comporta una mortalitat extra que augmenta la vulnerabilitat d'aquests organismes, ja greument amenaçats pel canvi climàtic.

Els esdeveniments de mortalitat, lligats a l'augment de la temperatura, conjuntament les pertorbacions causades per la pressió de busseig, entre d'altres activitats humanes (com la pesca, ancoratge, etc.), poden generar efectes sinèrgics, que empitjoren els efectes negatius del canvi climàtic i comprometen conservació de les poblacions de gorgònia vermella (Linares i Doak 2010). En aquesta línia, enguany s'ha observat una proliferació excessiva d'algues filamentosos, estretament lligada també a l'augment de temperatura (Mistri i Cecchereli 1996, Schiaparelli et al. 2007). Aquestes algues són arrossegades per les corrents i es poden quedar atrapades en les ramificacions de les gorgònies, on poden seguir creixent, generant una pel·lícula que ofega a

aquests organismes, amb la conseqüent aparició de teixit necrosat. Tan els efectes directes (augment de la temperatura) com indirectes (proliferació d'algues mucilaginoses) del canvi climàtic resulten difícils de gestionar a petita escala. En canvi, la reducció de la mortalitat derivada de les activitats recreatives, com el busseig, en aquelles zones més afectades, podria permetre a aquestes poblacions recuperar-se dels efectes inevitables del canvi climàtic. Tanmateix, per assolir aquesta fita resulta necessari seguir l'evolució de les poblacions gorgònia vermella per diagnosticar les zones que requereixen més protecció o mesures de gestió més directes.

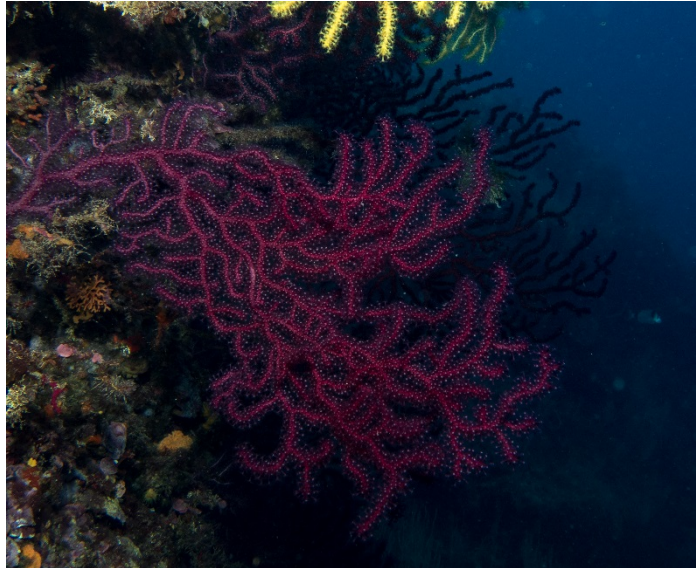


Figura 24. Imatge d'una colònia de gorgònia vermella, *Paramuricea clavata*.

Així doncs, l'objectiu d'aquest apartat del programa de seguiment és avaluar l'estat de conservació de les poblacions de la gorgònia vermella (*P. clavata*) al Parc Natural del Montgrí, illes Medes i Baix Ter. Aquesta és una espècie molt indicada per fer estudis de seguiment, per la relativa facilitat amb la qual es pot censar, per la seva gran mida i abundància, i per la seva sensibilitat a pertorbacions de diferents orígens (Linares et al. 2010). El seu monitoratge ens permetrà, per un costat, tenir un control dels efectes del canvi climàtic en aquestes espècies, a més de controlar l'impacte del busseig recreatiu en les zones d'elevada freqüentació de submarinistes.

Materials i mètodes

Disseny de mostreig

Al Parc Natural del Montgrí, illes Medes i Baix Ter, es varen monitoritzar 7 estacions dins la Reserva Natural Parcial (RNP), i 1 a la Reserva Natural Integral (RNI) i 3 estacions al Parc Natural (PN) del Montgrí (Taula 1, Figura 2), estacions que es té previst de mostrejar anualment.

Taula 4. Relació d'estacions mostrejades de *Paramuricea clavata*. Aquí es mostren les zones mostrejades, així com el seu grau de protecció, la data de mostreig i la fondària.

Protecció	Estació	Data mostreig	Fondària (m)	Longitud (m E)	Latitud (m N)
RNI	Medallot	29/09/2017	18	518350	4655527
RNP	Guix	29/09/2017	24	518190	4655349
	Pedra de Déu	21/09/2017	22	518574	4655389
	Pota del Llop	22/09/2017	18	518675	4655286
	La Vaca	22/07/2017	15	518741	4655129
	Tascó Gros	28/09/2017	15	518786	4654490
	Tascó Petit	21/09/2017	22	518721	4654353
	Carall Bernat	27/09/2017	21	518909	4654404
PN	Cap Castell	02/10/2017	20	516683	4659004
	Puig Sardina	22/09/2017	19	517263	4657889
	Pta. Salines	04/10/2017	22	517703	4656634

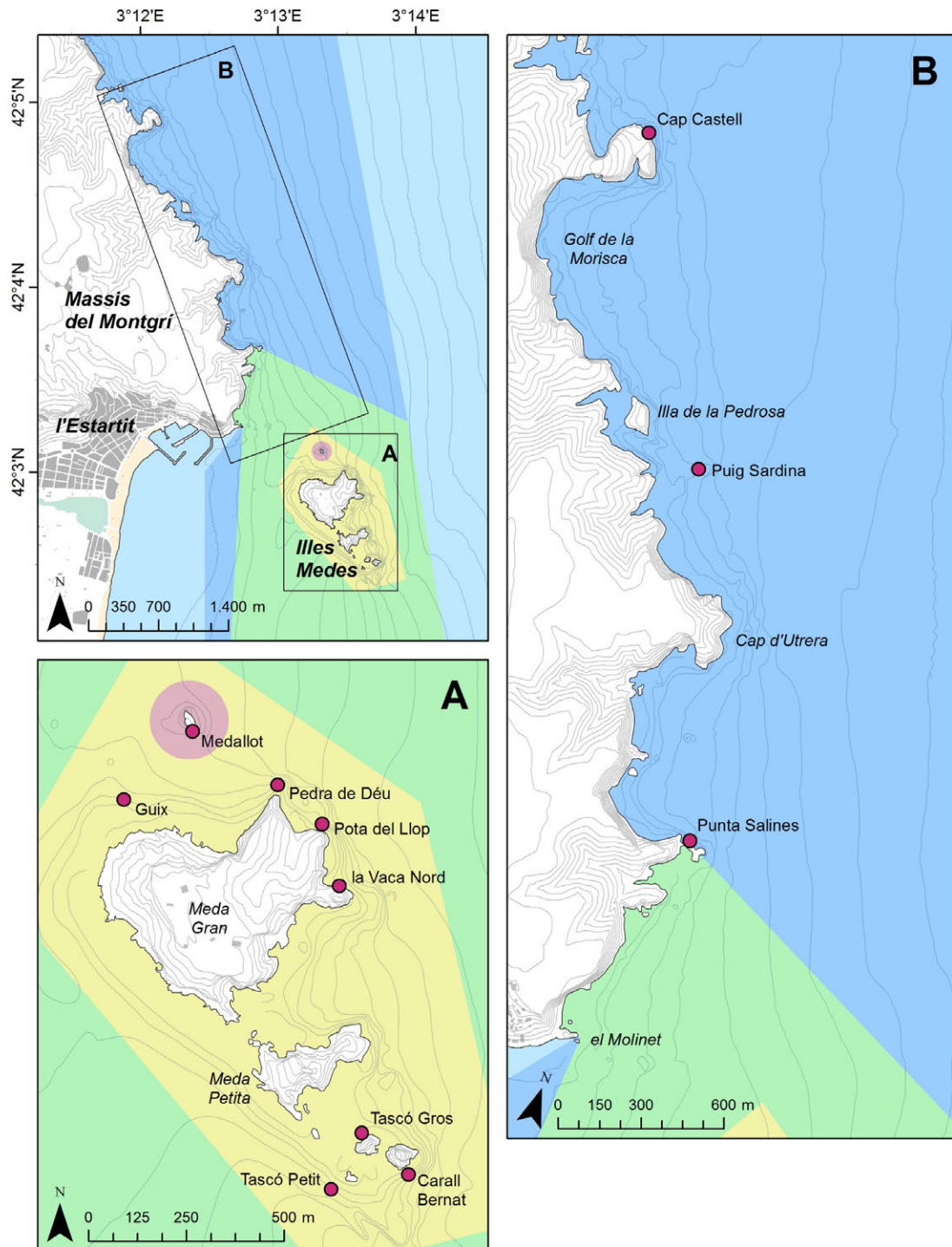


Figura 25. Mapes de les estacions de mostreig al Parc Natural del Montgrí, illes Medes i Baix Ter.

Metodologia

A cada estació es varen col·locar un mínim de 40 quadrats de 50x50 cm de forma aleatòria dins de cada població. A cada quadrat es mesurava l'alçada màxima de totes les gorgònies vermelles presents, així com el percentatge i tipus de mortalitat observada (recent o antiga). Entenem per mortalitat recent (anomenada com a necrosi) aquella que es manifesta en forma de teixits nus que recentment (al voltant d'un parell de mesos com a màxim) han perdut el teixit viu de color violaci o

groc (Figura 3). En el cas de la mortalitat antiga (anomenada com a epibiosi), la mort dels teixits s'ha produït temps enrere, les parts mortes queden cobertes per organismes epibionts de l'esquelet de les gorgònies (Figura 3).

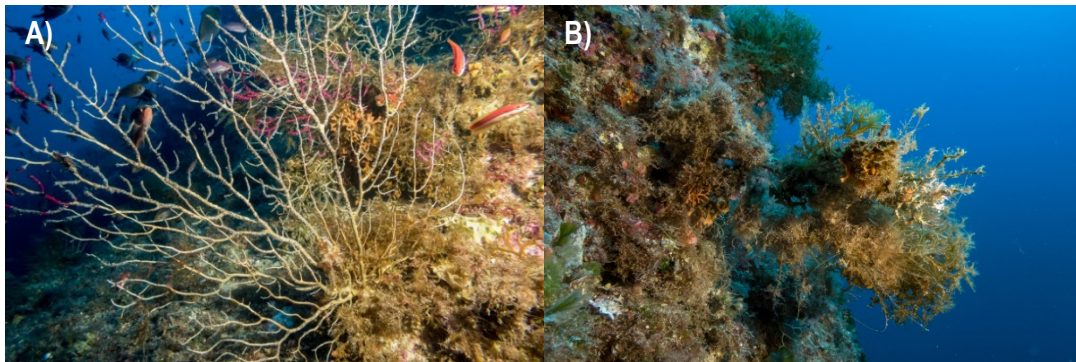


Figura 26. Exemple d'una: A) Mortalitat recent amb el teixit denudat; B) Colònia totalment epibiotada.

Les dades recollides permetien mesurar el reclutament de nous individus a les diferents poblacions, estudiar l'estructura de les classes de talla a cada estació de mostreig, avaluar el grau de mortalitat total i parcial de les colònies que, conjuntament amb el tipus d'afectació, permet inferir les causes de mortalitat entre aquelles comuns: per efectes de l'escalfament de l'aigua, d'algues filamentoses o dels submarinistes. Al mateix temps, s'anotava la possible presència d'espècies introduïdes (especialment *Womersleyella setacea* però també d'altres possibles) dins de les poblacions.

Finalment, es van prendre fotografies de les zones d'estudi i dels efectes més palesos de la mortalitat de les colònies. Aquestes fotografies serveixen com a referència per a futurs mostrejos.

Resumint, els descriptors estudiats a cada localitat són:

- **Densitat.**
- **Estructura de talles en alçada (cm)** a partir de les mides individuals de les colònies. Les classes de mida emprades són les descrites per Linares i Doak 2010
- **Grau de necrosi:** percentatge (%) mitjà de teixit denudat
- **Grau d'epibiosi:** percentatge (%) mitjà de teixit epibiotat (teixit cobert d'organismes epibionts)
- **Percentatge de colònies afectades** per algun tipus de mortalitat (parcial i totalment), considerades com afectades aquelles que presenten >10% de superfície afectada per necrosi o epibiosi (segons Linares et al. 2008) .
- **Tipus d'afectació** (si s'observa necrosi dels teixits o hi ha parts arrencades).
- **Detecció d'impactes.**
- **Reclutament de nous individus.**
- **Presència d'altres espècies vulnerables.**
- **Presències d'espècies exòtiques.**

Anàlisi de dades

Per determinar si hi havia diferències significatives entre les densitats entre els anys mostrejats, es va utilitzar el test estadístic Kruskal Wallis, el qual ens permet testar diferències sense assumir una distribució normal de les dades (Kruskal i Wallis 1952).

Resultats

Densitats

El grau de protecció no sembla influir en la densitat de *Paramuricea clavata* (ANOVA: $F_{2,808}=1.66$, $p\text{-valor}=0.19$). Totes les estacions mostrejades presenten densitats de gorgònies elevades, amb valors sempre superiors a 10 colònies per m^2 (Figura 4). Les localitats de Pedra de Déu i Pota del Llop són les que varen presentar unes densitats més elevades, amb valors al voltant de 30 colònies/ m^2 . Per contra, les poblacions de Carall Bernat i Cap Castell, varen ser les que presentaven densitats més baixes, amb valors propers a 15 colònies per m^2 . Cap de les estacions va mostrar diferències significatives entre els dos anys mostrejats (Taula 2).

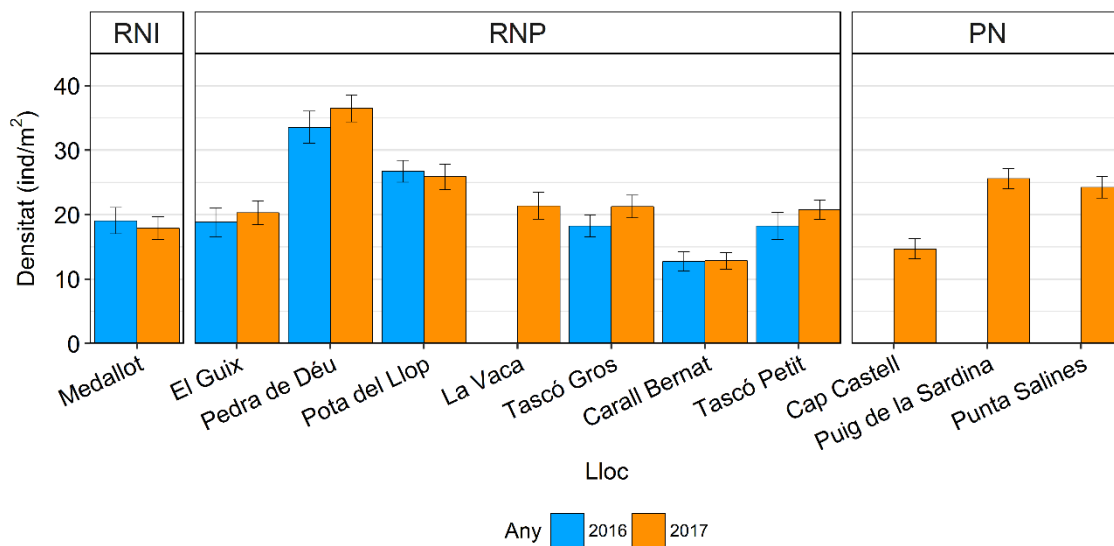


Figura 27. Densitat de colònies a les diferents poblacions estudiades al Parc Natural del Montgrí, illes Medes i Baix Ter. A la capçalera s'indica el grau de protecció de cada lloc de mostreig. Les poblacions on no hi ha gràfic de barres pel 2016 indiquen que són estacions o transsectes nous. Les barres mostren el valor mitjà del nombre de colònies per m^2 separades per any de mostreig, i la barra d'error representa el seu error estàndard. RNI: Reserva Natural Integral, RNP: Reserva Natural Parcial, PN: Parc Natural.

Taula 5. Resultats del test estadístic Kruskal-Wallis comparant les densitats de cada lloc entre els diferents anys estudiats. KS és el valor del estadístic; p-valor és la significació del test. Quan el p-valor és inferior a 0.05 indica que les diferències són significatives entre anys.

Lloc	KS	p-valor
Medallot	0,15	0,70
El Guix	1,29	0,26
Pedra de Déu	1,27	0,26
Pota del Llop	0,09	0,76
La Vaca	-	-
Tascó Gros	0,86	0,35
Carall Bernat	0,28	0,60
Tascó Petit	2,78	0,10
Puig de la Sardina	-	-
Cap Castell	-	-
Punta Salines	-	-

Mortalitat

El percentatge de colònies de *P. clavata* presentant signes de mortalitat ha augmentat respecte l'any 2016 (Figura 5, Taula 3). En totes les poblacions hi ha hagut un increment significatiu de colònies amb signes de mortalitat (Figura 5, Taula 3). En algunes poblacions, com Medallot, El Guix, Carall Bernat o Cap Castell, el percentatge de colònies afectades per algun tipus de mortalitat gairebé s'arriba al 75% de colònies afectades. En alguns casos el percentatge de colònies afectades ha incrementat en més d'un 15%, com és el cas de la població de Medallot, Pedra de Déu, Tascó Petit i Pota del Llop (Figura 5).

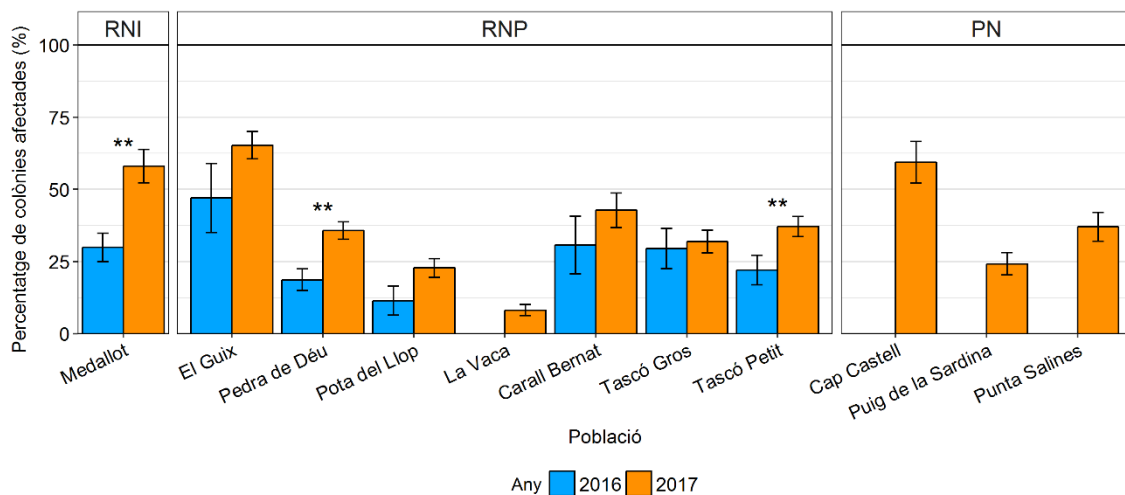


Figura 28. Percentatge de colònies amb signes de mortalitat (>10%) en les diferents poblacions estudiades al Parc Natural del Montgrí, illes Medes i Baix Ter durant el 2016 i 2017. Les poblacions on no hi ha gràfic de barres pel 2016 indiquen que són estacions o transectes nous. Els valors de les barres indiquen les mitjanes i la barra d'error és l'error estàndard. Els asteriscos indiquen aquelles poblacions on s'observen diferències significatives. RNI: Reserva Natural Integral, RNP: Reserva Natural Parcial, PN: Parc Natural.

Taula 6. Resultats del test estadístic Kruskal-Wallis comparant el percentatge de colònies afectades per mortalitat de cada població entre els diferents anys estudiats. KS és el valor del estadístic; p-valor és la significació del test. Quan

el p-valor és inferior a 0.05 indica que les diferències són significatives entre anys, aquests casos s'han destacat posant en negreta els valors.

Lloc	KS	p-valor
Medallot	5,03	0,02
El Guix	1,49	0,22
Pedra de Déu	6,28	0,01
Pota del Llop	2,27	0,13
La Vaca	-	-
Tascó Gros	0,05	0,82
Carall Bernat	0,60	0,44
Tascó Petit	3,88	0,05
Cap Castell	-	-
Puig de la Sardina	-	-
Punta Salines	-	-

Si es compara el percentatge de colònies afectades segons el tipus de mortalitat, aquest any hi ha hagut un nombre molt elevat de colònies amb signes de mortalitat antiga, amb teixit colonitzat per epífits (Figura 6). Totes les poblacions de *P. clavata* mostraven molts signes de mortalitat antiga (epibiosi), essent especialment marcada al Guix, el Medallot, Cap Castell o Carall Bernat. Val a dir que el Puig de la Sardina, Pedra de Déu i Punta Salines també presentaven elevats signes de mortalitat recent, mentre que la població de la Vaca és la que presenta un grau d'afectació menor (Figura 6).

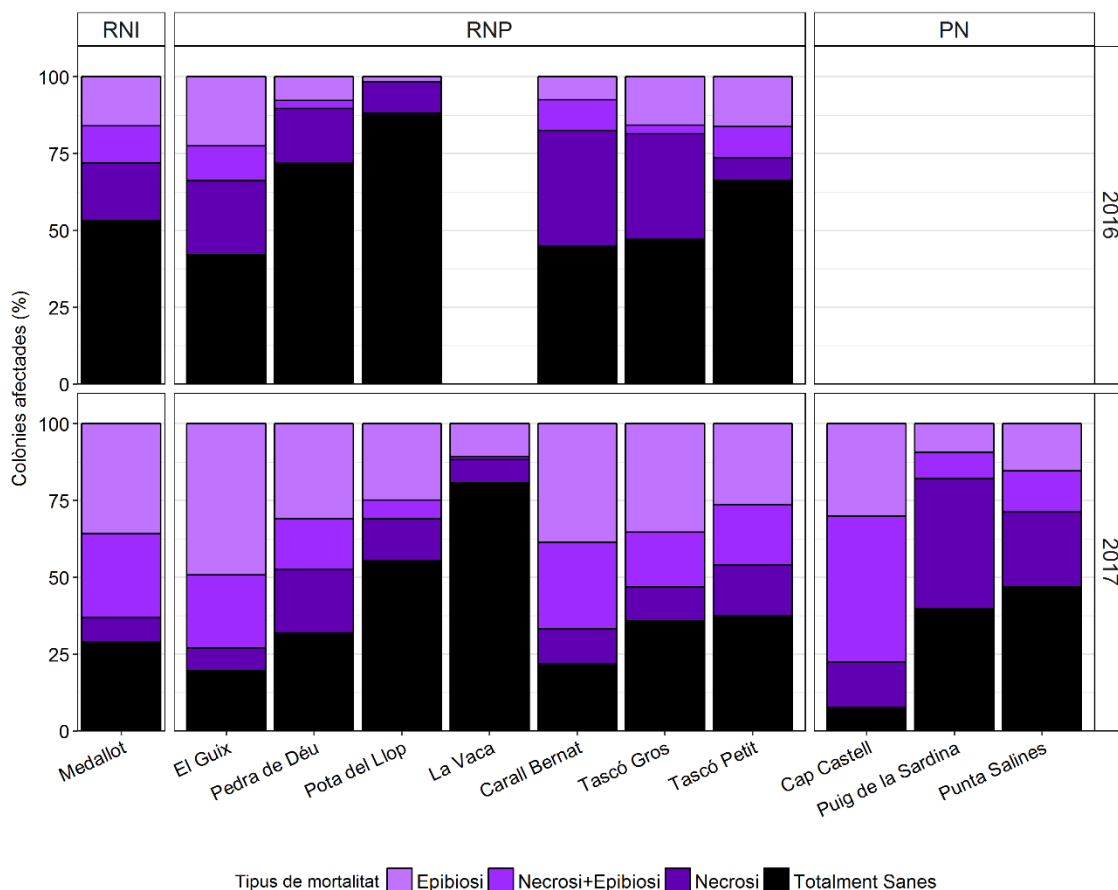


Figura 29. Percentatge de colònies afectades per les diferents poblacions estudiades al Parc Natural del Montgrí, illes Medes i Baix Ter durant el 2016 i 2017. Les poblacions on no hi ha gràfic de barres pel 2016 indiquen que són estacions o transectes nous. Els valors de les barres el percentatge de colònies afectades segons el tipus de mortalitat: Epibiosi, Necrosi, Necrosi i Epibiosi, o totalment sanes. RNI: Reserva Natural Integral, RNP: Reserva Natural Parcial, PN: Parc Natural.

Enguany a la majoria de poblacions estudiades les colònies mostren un augment significatiu de la superfície morta, en molts casos superant el 20% de superfície mitjana morta (Figura 7). A més, en consonància amb els resultats anteriors, l'anàlisi de la superfície afectada segons el tipus de mortalitat mostra un augment significatiu d'epibiosi (mortalitat antiga) (Figura 7). Totes les poblacions estudiades aquest any presenten una major superfície afectada per epibiosi respecte el 2016. Cal destacar el gran augment respecte l'any anterior de superfície afectada a la població del Guix, on les colònies presenten una mitjana de superfície epibiotada superior al 25%. Aquest no és el cas de la mortalitat recent o necrosi, que malgrat les diferències significatives en alguns casos, la majoria de poblacions presenten valors similars entre els dos anys, inclús una petita davallada en el cas de Carall Bernat i Tascó Gros (Figura 7). Cap Castell és la població on es va observar una major superfície de teixit necrosat per colònia, amb valors superiors al 10% (Figura 7).

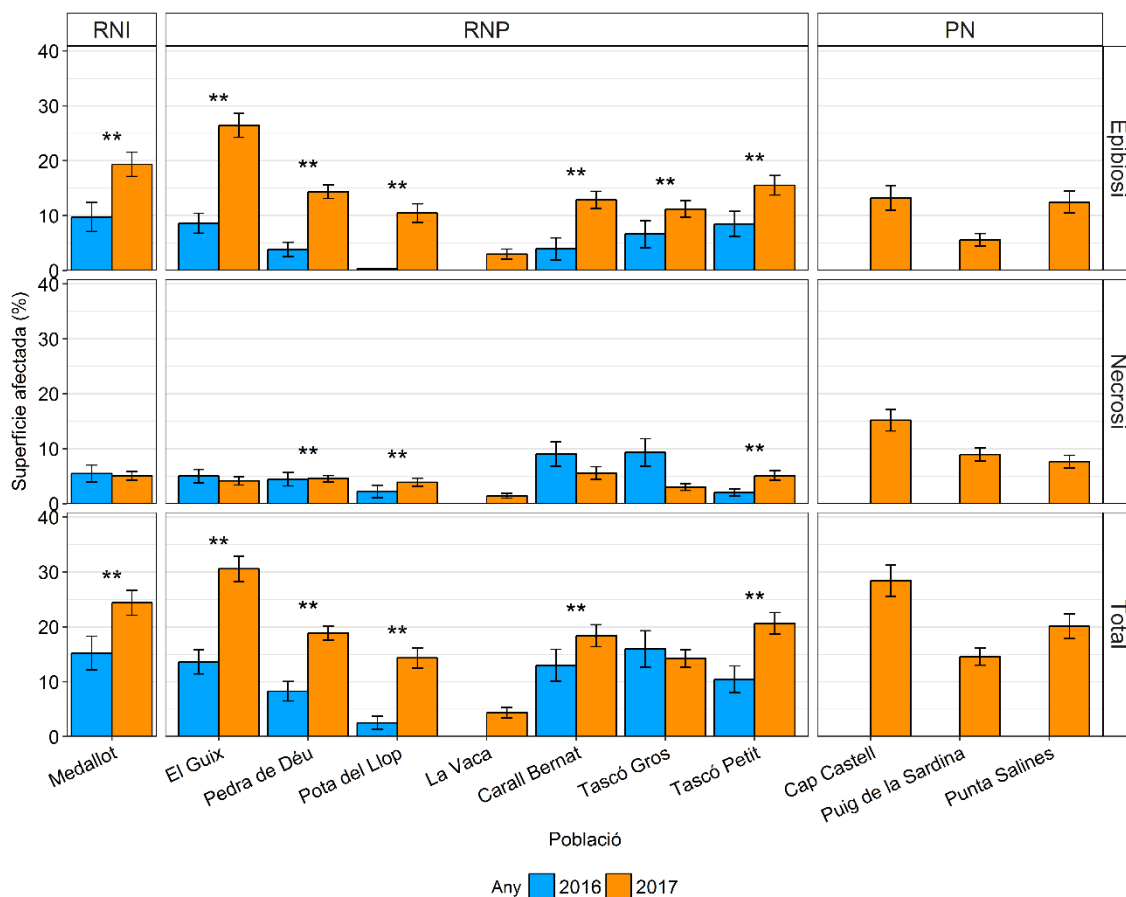


Figura 30. Percentatge de superfície afectada de cada colònia segons el tipus de mortalitat al Parc Natural del Montgrí, illes Medes i Baix Ter durant el 2016 i 2017: Epibiosi (a dalt), Necrosi (al mig) i el Total o suma de les dues mortalitats (a baix). Les poblacions on no hi ha gràfic de barres pel 2016 indiquen que són estacions/transsectes nous. Els valors representen la superfície d'afectació mitjana de cada colònia i la barra d'error representa l'error estàndard. RNI: Reserva Natural Integral, RNP: Reserva Natural Parcial, PN: Parc Natural.

Taula 7. Resultats del test estadístic Kruskal-Wallis comparant la superfície de mortalitat de colònies afectades per mortalitat de cada població entre els diferents anys estudiats. KS és el valor del estadístic; p-valor és la significació del test. Quan el p-valor és inferior a 0.05 indica que les diferències són significatives entre anys, aquests casos s'han destacat posant en negreta els valors.

Lloc	Epibiosi		Necrosi		Total	
	KS	p-valor	KS	p-valor	KS	p-valor
Medallot	4594,50	0,00	0,49	0,48	11,85	0,00
El Guix	6213,00	0,00	2,14	0,14	46,58	0,00
Pedra de Déu	20662,00	0,00	17,36	0,00	70,62	0,00
Pota del Llop	8422,50	0,00	9,61	0,00	41,75	0,00
La Vaca	-	-	-	-	-	-
Tascó Gros	5435,50	0,00	3,50	0,06	0,72	0,39
Carall Bernat	1623,50	0,00	1,38	0,24	5,70	0,02
Tascó Petit	8684,50	0,00	16,44	0,00	29,23	0,00
Cap Castell	-	-	-	-	-	-
Puig de la Sardina	-	-	-	-	-	-
Punta Salines	-	-	-	-	-	-

Anàlisi per estació

Medallot

La densitat de colònies de *P. clavata* a la població del Medallot d'enguany va ser de 18 individus/m², un valor molt proper al de 2016, no mostrant diferències significatives entre ambdós anys (Figura 4, Taula 2). L'estructura de talles d'aquesta població també va ser molt semblant a la de l'any passat, amb un menor nombre de colònies de talles més petites (entre 1 i 10 cm), però amb un major nombre d'individus de talles mitjanes (entre 10 i 30 cm), i amb cert nombre de talles grans (Figura 8).

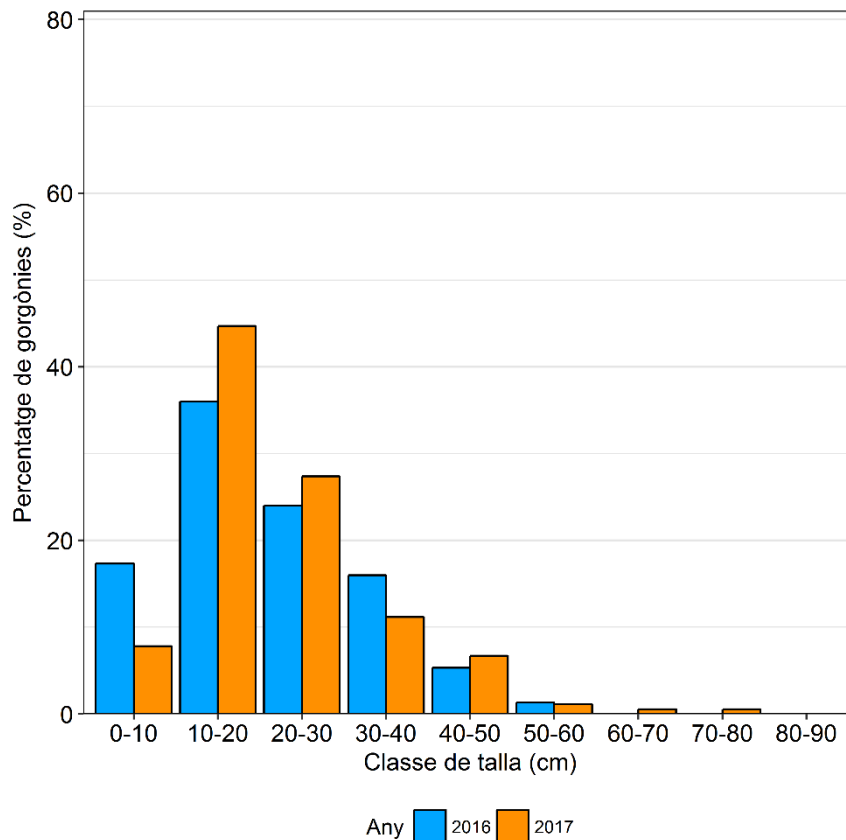


Figura 31. Medallot. Estructura de talles (alçades en categories de 10 cm) en el 2016 i en el 2017.

En aquesta estació va haver-hi un increment significatiu del nombre de colònies afectades per algun tipus de mortalitat (Figura 5, Taula 3), passant d'un 30% a gairebé un 60%. Un elevat nombre de colònies de la població estaven afectades per mortalitat antiga (63%) i/o per mortalitat recent (35%) (Figura 6), amb un patró que es manté quan s'observa la superfície afectada per colònia, amb una mitjana prop del 20 % de superfície epibiotada respecte un 10% de l'any passat, mentre es manté respecte l'any passat en quant a mitjana de superfície necrosada amb un 5% (Figura 7).

Aquest any, tant la necrosi com l'epibiosi ocorreguda a finals d'estiu, han afectat de la mateixa manera a gairebé totes les classes de talla a la localitat del Medallot (Figura 9). Comparant amb les dades de l'any passat, al 2017 les colònies amb major talla són les que presentaven una major superfície afectada (Figura 9).

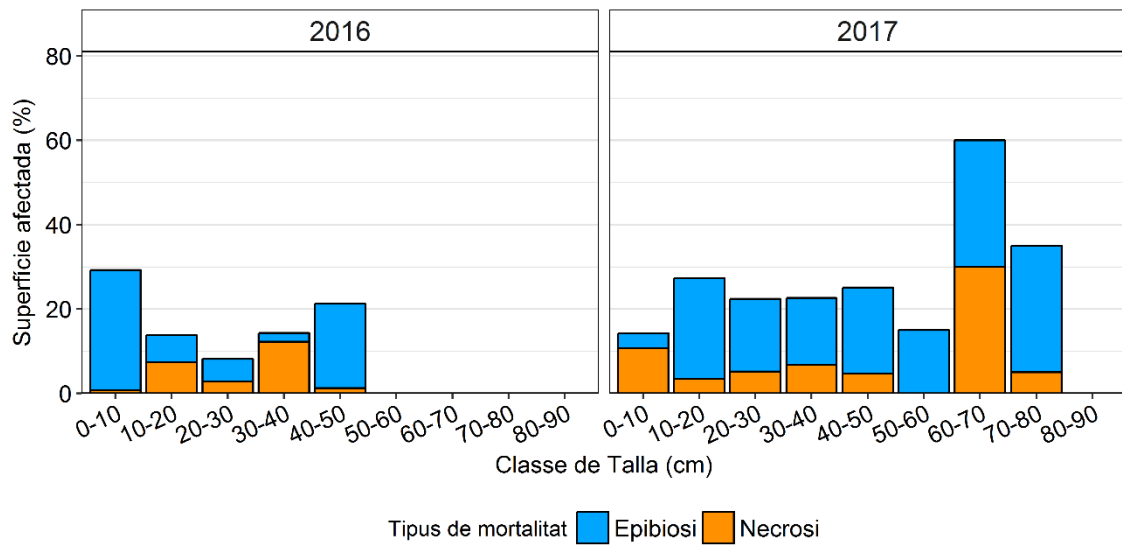


Figura 32. Superfície mitjana de colònies amb teixit necrosat i amb epibiosi segons l'any d'estudi i la classe de talla a la població del Medallot.

El Guix

La densitat de colònies de *P. clavata* a la població del Guix d'enguany va ser de 20 individus/m², un valor lleugerament superior al de 2016, no presentant així diferències significatives (Figura 4, Taula 2). L'estructura de talles d'aquesta població també va ser molt semblant a la de l'any passat, amb un menor nombre de colònies de talles més petites (entre 1 i 10 cm), però amb un major nombre d'individus de talles mitjanes (entre 10 i 30 cm), i amb cert nombre de talles grans (Figura 10).

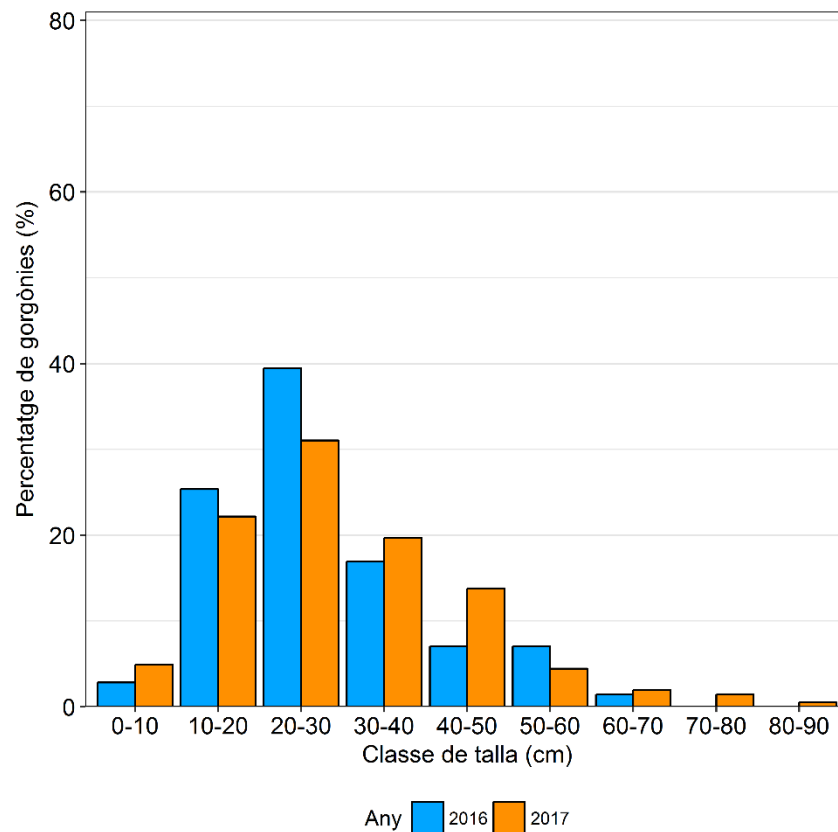


Figura 33. El Guix. Estructura de talles (alçades en categories de 10 cm) en el 2016 i en el 2017.

La població del Guix ja va presentar un nombre molt elevat de colònies amb signes de mortalitat (47%) l'any passat, però enguany el percentatge s'ha elevat fins a un 65% (Figura 5), suposant un increment significatiu respecte l'any passat (Taula 3). Un elevat nombre de colònies de la població estaven afectades per mortalitat antiga (73%) i/o per mortalitat nova (31%) (Figura 6), amb un patró que es manté quan s'observa la superfície afectada per colònia, amb una mitjana propera al 26 % de superfície epibiotada respecte un 8% de l'any passat, mentre es manté respecte l'any passat en quant a la mitjana de superfície necrosada amb un 4% (Figura 7).

Aquest any, tant la necrosi com l'epibiosi recent ocorreguda a finals d'estiu, han afectat de la mateixa manera a gairebé totes les classes de talla a la localitat del Guix (Figura 11). Comparant amb les dades de l'any passat, al 2017 les colònies amb major talla són les que presentaven una major superfície afectada (Figura 11).

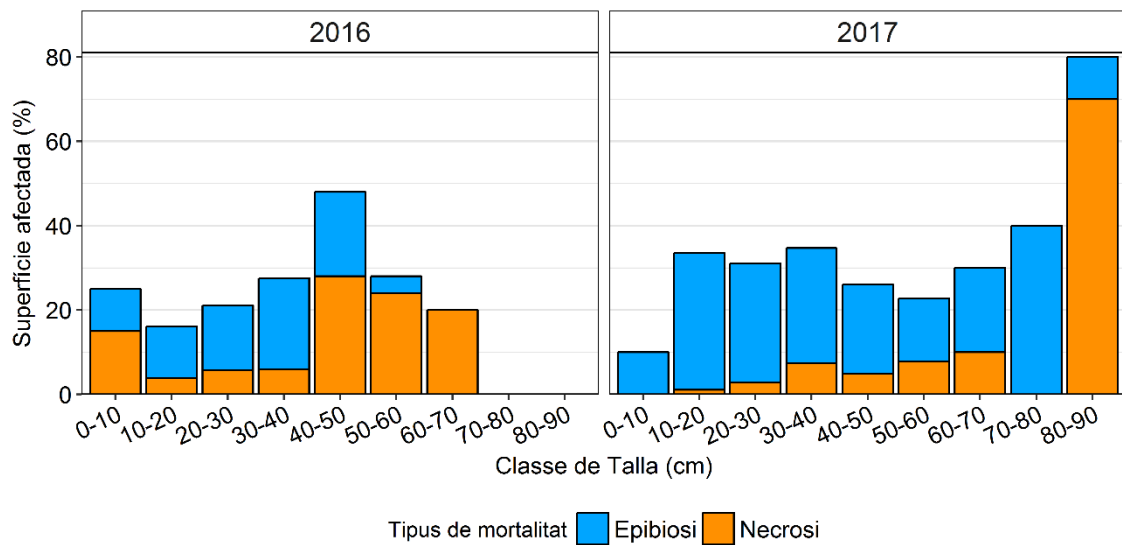


Figura 34. Superfície mitjana de colònies amb teixit necrosat i amb epibiosi segons l'any d'estudi i la classe de talla a la població del Guix.

Pedra de Déu

La densitat de colònies de *P. clavata* a la població de Pedra de Déu d'enguany va ser d'uns 37 individus/m², un valor lleugerament superior al de 2016, no presentant així diferències significatives (Figura 4, Taula 2). L'estructura de talles d'aquesta població presenta una distribució unimodal amb dominància d'individus de talles mitjanes (entre 10 i 30 cm), i amb cert nombre de talles petites i grans, sense cap variació destacable respecte l'any passat (Figura 12).

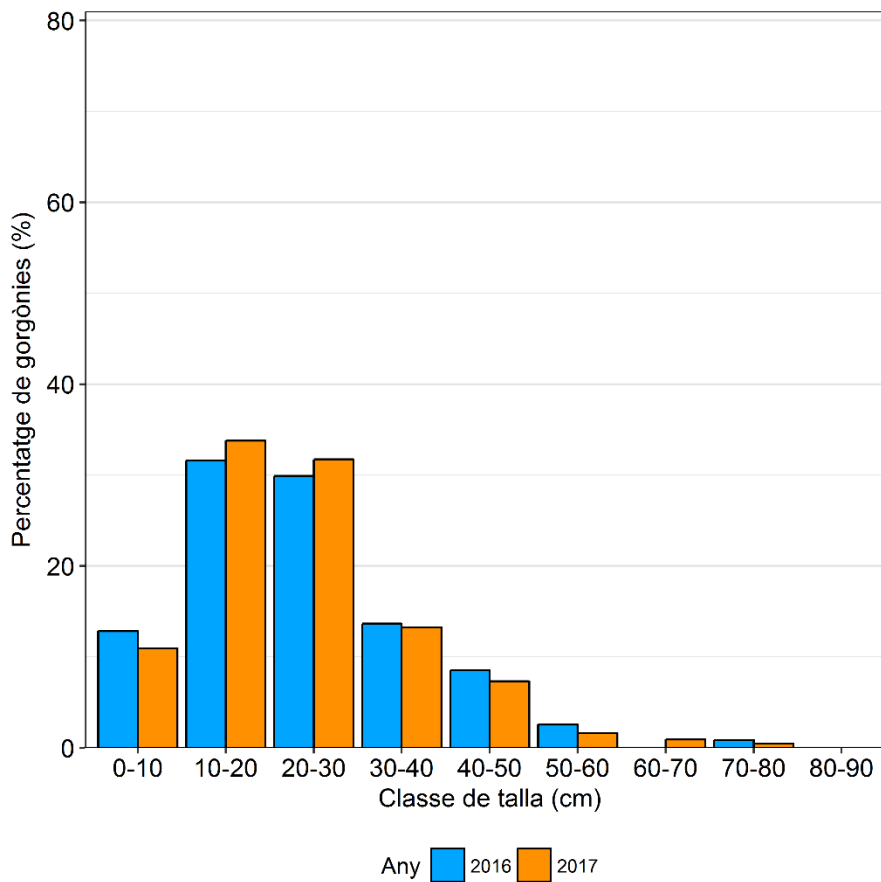


Figura 35. Pedra de Déu. Estructura de talles (alçades en categories de 10 cm) en el 2016 i en el 2017.

A la població de Pedra de Déu aquest any han augmentat significativament el nombre de colònies afectades, passant d'un 19% al 2016 a un 36% aquest any (Figura 5, Taula 3). Un elevat nombre de colònies de la població estaven afectades per mortalitat antiga (47%) i/o per mortalitat nova (37%) (Figura 6). Aquest patró es manté quan s'observa la superfície afectada per colònia, amb una mitjana propera al 15% de superfície epibiotada, suposant així un augment significatiu respecte el 4% de l'any passat (Figura 7, Taula 4), mentre es manté respecte l'any passat en quant a mitjana de superfície necrosada al voltant d'un 5% (Figura 7).

Aquest any, tant la necrosi com l'epibiosi ocorreguda a finals d'estiu, han afectat de la mateixa manera a gairebé totes les classes de talla a la localitat de Pedra de Déu (Figura 13). Comparant amb les dades de l'any passat es constata un increment de superfície afectada per epibiosi, repartida també de forma homogènia entre les diferents classes de talla (Figura 13).

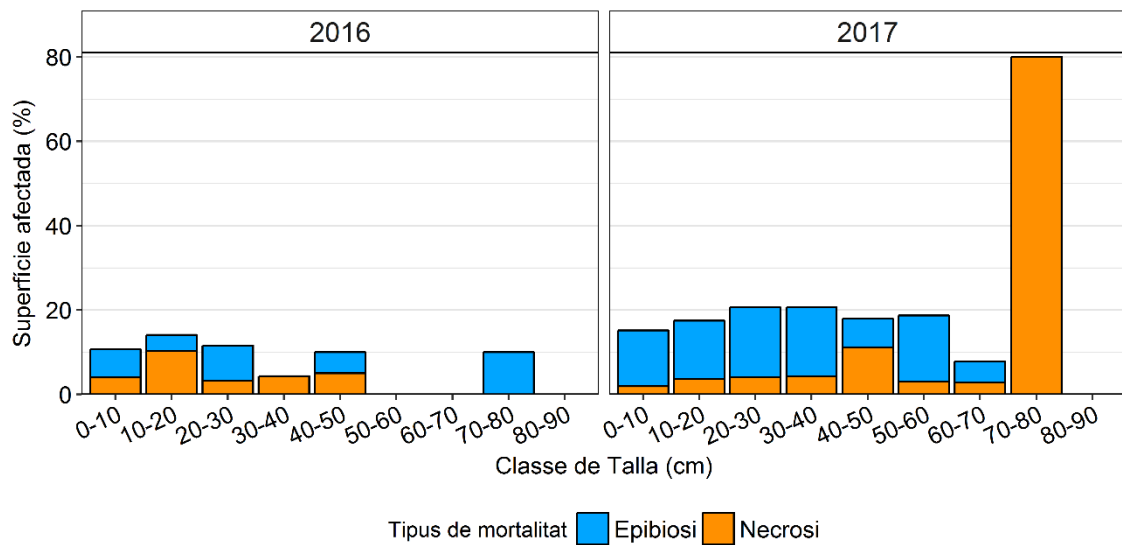


Figura 36. Superfície mitjana de colònies amb teixit necrosat i amb epibiosi segons l'any d'estudi i la classe de talla a la població de Pedra de Déu.

Pota del Llop

La densitat de colònies de *P. clavata* a la població de Pota del Llop d'enguany va ser d'uns 26 individus/m², un valor molt semblant al de 2016, no presentant així diferències significatives (Figura 4, Taula 2). L'estructura de talles d'aquesta població presenta una distribució unimodal amb dominància d'individus de talles mitjanes (entre 10 i 30 cm), i amb cert nombre de talles petites i grans, sense cap variació destacable respecte l'any passat (Figura 14).

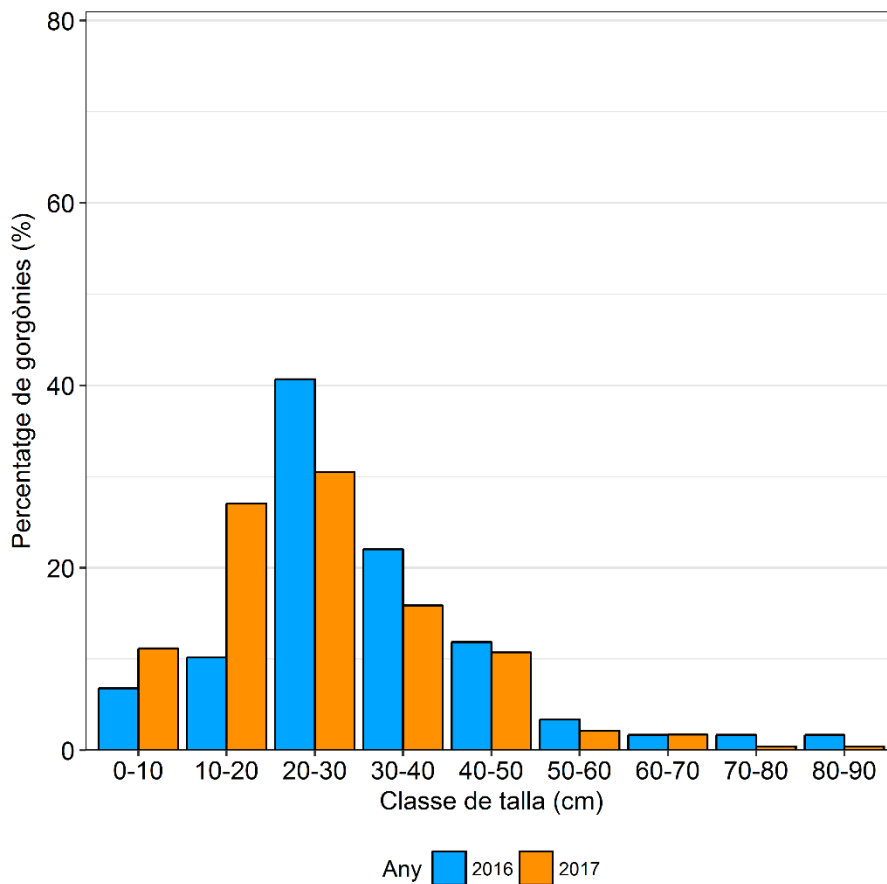


Figura 37. Pota del Llop. Estructura de talles (alçades en categories de 10 cm) en el 2016 i en el 2017.

A la població de Pota del Llop aquest any han augmentat el nombre de colònies afectades, passant d'un 11% al 2016 a un 23% aquest any, malgrat les diferències no són estadísticament significatives (Figura 5, Taula 3). Un elevat nombre de colònies de la població estaven afectades per mortalitat antiga (31%) i/o per mortalitat nova (20%) (Figura 6). Aquest patró es manté quan s'observa la superfície afectada per colònia, amb una mitjana propera al 11% de superfície epibiotada, suposant així un augment significatiu respecte el 1% de l'any passat (Figura 7, Taula 4), mentre es manté respecte l'any passat en quant a mitjana de superfície necrosada al voltant d'un 4% (Figura 7).

Enguany la mortalitat ha afectat de la mateixa manera a gairebé totes les classes de talla a la localitat de Pota del Llop (Figura 15). Comparant amb les dades de l'any passat es constata un increment de superfície afectada per epibiosi, repartida també de forma força homogènia entre les diferents classes de talla (Figura 15).

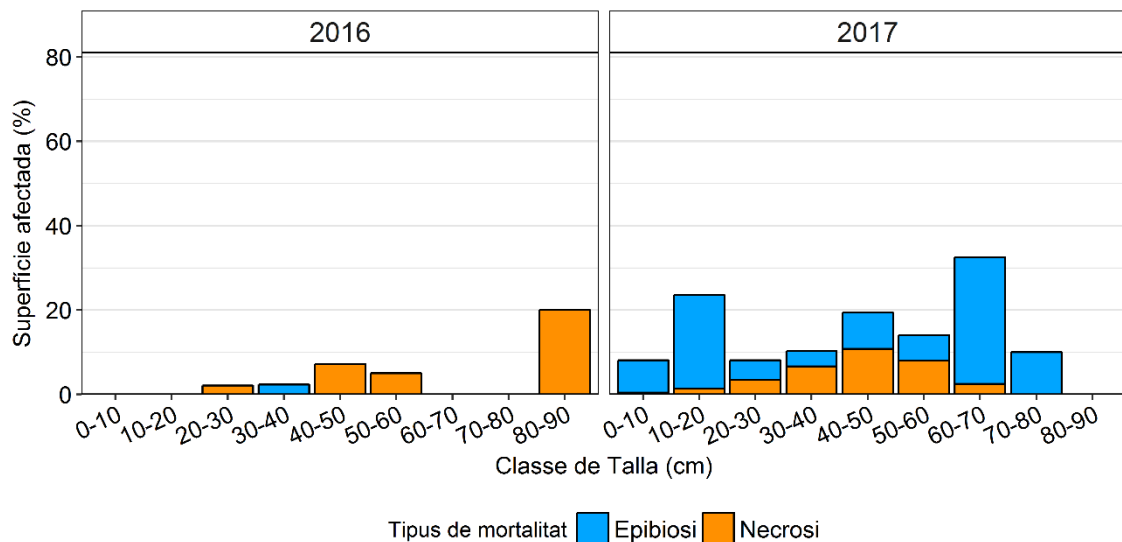


Figura 38. Superfície mitjana de colònies amb teixit necrosat i amb epibiosi segons l'any d'estudi i la classe de talla a la població de Pota del Llop.

La Vaca

Enguany aquesta estació es va canviar de localització situant-la més pròxima de la sortida Nord del túnel, per tal de buscar una zona més propera al recorregut dels submarinistes. La densitat de colònies de *P. clavata* a la població de la Vaca enguany va ser d'uns 21 individus/m² (Figura 5). L'estructura de talles d'aquesta població presenta una distribució unimodal amb dominància d'individus de talles mitjanes (entre 10 i 30 cm), i amb cert nombre de talles petites i grans (Figura 16). Cal destacar que aquesta població s'ha començat a monitoritzar aquest any, per tant no es pot comparar amb les d'anys anteriors.

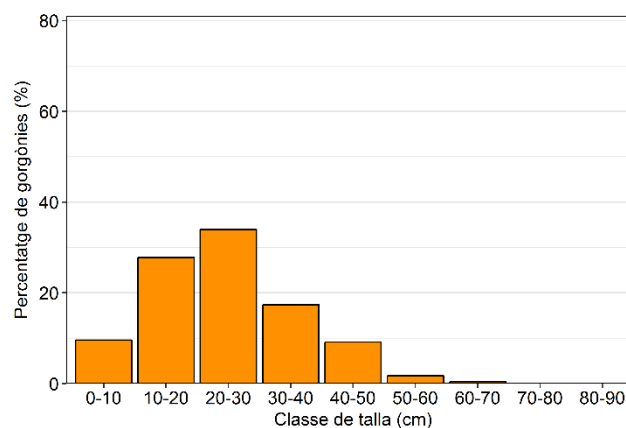


Figura 39. La Vaca. Estructura de talles (alçades en categories de 10 cm).

A la població de La Vaca un 8% de les colònies presentaven signes de mortalitat, un percentatge força inferior a la majoria de poblacions estudiades (Figura 5). De totes les colònies un 12% presentaven signes de mortalitat antiga (Epibiosi) i/o un 8% mostrant signes de mortalitat recent (Figura 6). Aquest patró es manté quan s'observa la superfície afectada per colònia, amb una

mitjana propera al 3% de superfície epibiotada i un 1% de superfície necrosada, essent la població on les colònies presenten menys superfície afectada (Figura 7).

En aquesta població la mortalitat ha tingut una afectació semblant en totes les talles presents, sense un patró clar del repartiment de l'epibiosi ni necrosi (Figura 17).

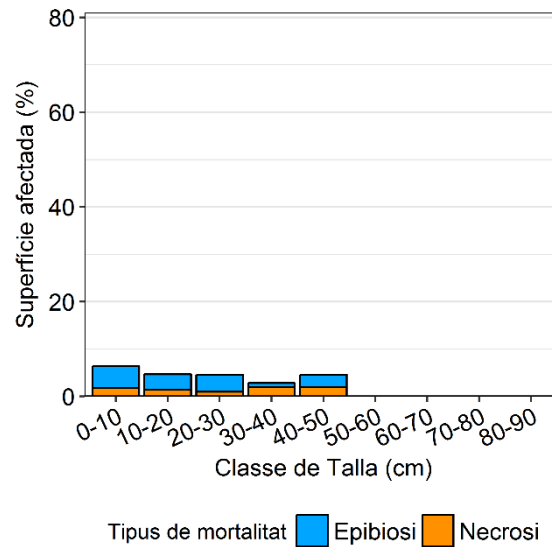


Figura 40. Superfície mitjana de colònies amb teixit necrosat i amb epibiosi segons la classe de talla a la població de la Vaca.

Tascó Gros

La densitat de colònies de *P. clavata* a la població de Tascó Gros enguany va ser d'uns 21 individus/m², un valor lleugerament major que al 2016 (Figura 4, Taula 2). L'estructura de talles d'aquesta població presenta una distribució unimodal amb dominància d'individus de talles mitjanes (entre 10 i 30 cm), i amb cert nombre de talles petites i grans, sense diferències destacables respecte el 2016 (Figura 18).

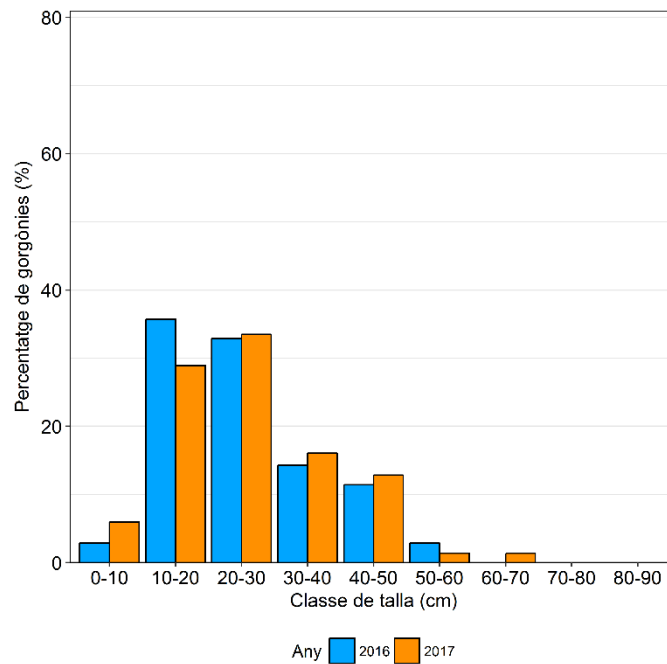


Figura 41. Tascó Gros. Estructura de talles (alçades en categories de 10 cm).

A la població de Tascó Gros enguany un 32% de les colònies presentaven signes de mortalitat, un percentatge lleugerament superior al de l'any passat (30%) però sense mostrar diferències significatives (Figura 5, Taula 3). De totes les colònies un 53% presentaven signes de mortalitat antiga (epibiosi) i/o un 29% de mortalitat recent (necrosi) (Figura 6). Aquest patró es manté quan s'observa la superfície afectada per colònia, amb una mitjana propera al 11% de superfície epibiotada, envers un 7% de l'any passat, mentre que presentaven un 3% de superfície necrosada envers un 9% de l'any passat (Figura 7).

En aquesta població la mortalitat ha afectat de manera molt semblant als individus de les diferents talles, sense un patró clar del repartiment de l'epibiosi ni necrosi (Figura 19). Malgrat això, s'observa una major proporció d'individus amb epibiosi aquest any envers l'anterior (Figura 19).

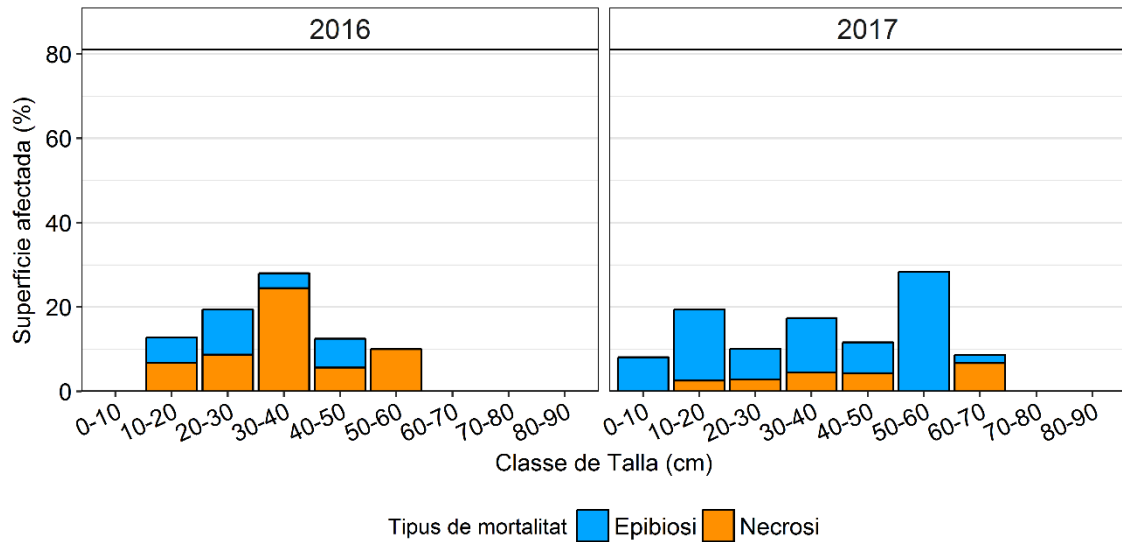


Figura 42. Superfície mitjana de colònies amb teixit necrosat i amb epibiosi segons l'any d'estudi i la classe de talla a la població de Tascó Gros.

Carall Bernat

La densitat de colònies de *P. clavata* a la població de Carall Bernat enguany va ser d'uns 13 individus/m², un valor pràcticament idèntic al de 2016 (Figura 4, Taula 2). L'estructura de talles d'aquesta població presenta una distribució unimodal amb dominància d'individus de talles mitjanes (entre 10 i 30 cm), i amb un nombre relativament elevat de colònies de talles petites, sense diferències remarcables respecte el 2016 (Figura 20).

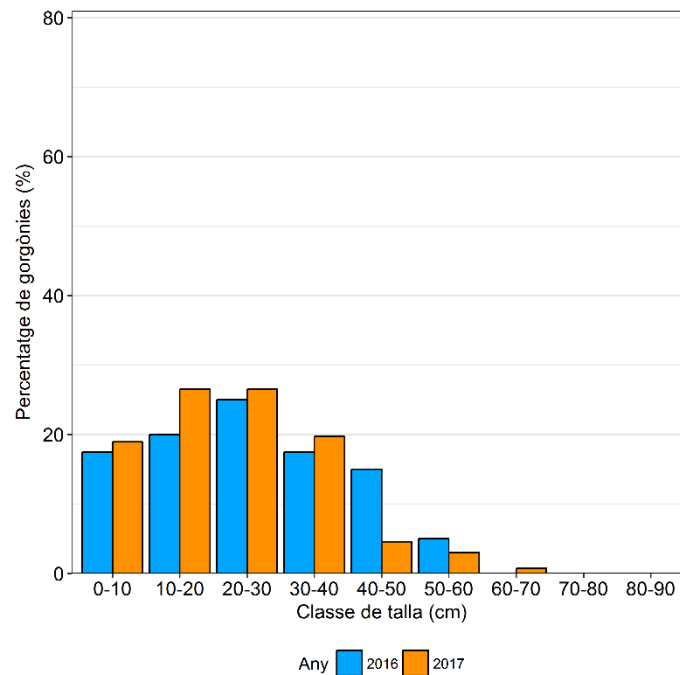


Figura 43. Carall Bernat. Estructura de talles (alçades en categories de 10 cm).

A la població del Carall Bernat enguany un 43% de les colònies presentaven signes de mortalitat, un percentatge lleugerament superior al de l'any passat (31%) però sense mostrar diferències significatives (Figura 5, Taula 3). De totes les colònies un 67% presentaven signes de mortalitat antiga (epibiosi) i/o un 40% mostraven signes de mortalitat recent (Figura 6). Aquest patró es manté quan s'observa la superfície afectada per colònia, amb una mitjana propera al 13% de superfície epibiotada, envers un 4% de l'any passat, essent un augment significatiu (Taula 4), mentre que presentaven un 5% de superfície necrosada envers un 9% de l'any passat (Figura 7).

En aquesta població la mortalitat ha afectat de manera molt semblant als individus de les diferents talles, amb un cert increment a les talles més grans i amb una major proporció d'individus epifitats (Figura 21). S'observa també una major proporció d'individus amb epibiosi aquest any envers l'anterior (Figura 21).

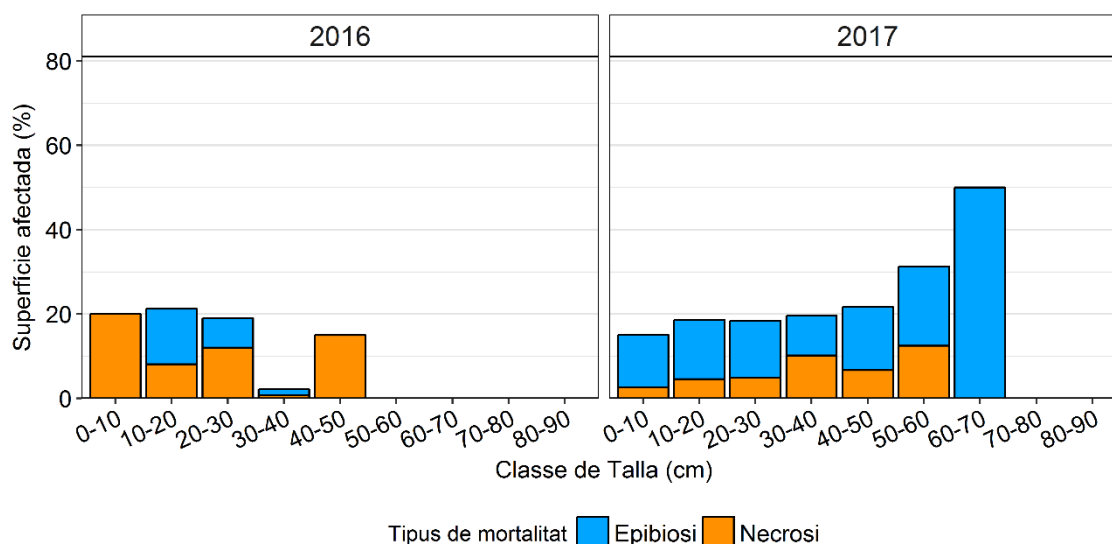


Figura 44. Superfície mitjana de colònies amb teixit necrosat i amb epibiosi segons l'any d'estudi i la classe de talla a la població de Carall Bernat.

Tascó Petit

La densitat de colònies de *P. clavata* a la població de Tascó Petit enguany va ser d'uns 21 individus/m², un valor lleugerament major que al 2016 (Figura 4, Taula 2). L'estructura de talles d'aquesta població presenta una distribució unimodal amb dominància d'individus de talles mitjanes (entre 10 i 30 cm), tot i que amb una major proporció de talles grans, sense diferències destacables respecte el 2016 (Figura 22).

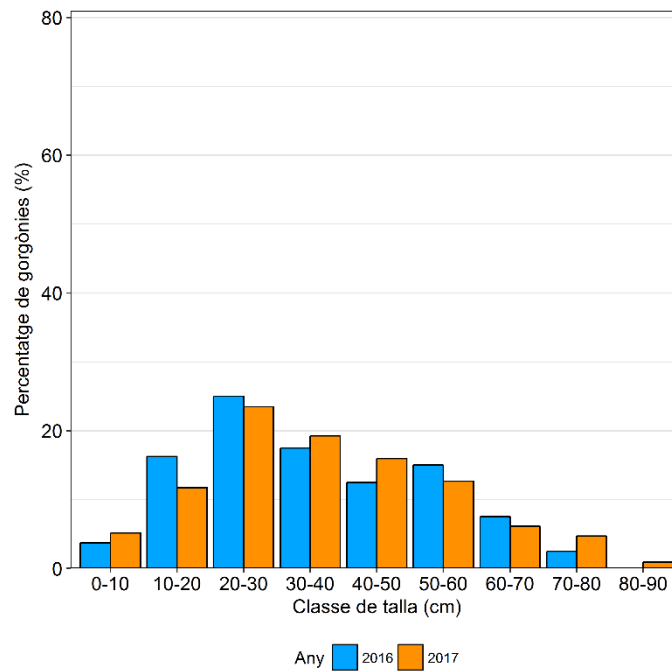


Figura 45. Tascó Petit. Estructura de talles (en categories de 10 cm).

A la població de Tascó Petit enguany un 37% de les colònies presentaven signes de mortalitat, un percentatge significativament superior al de l'any passat (22%) (Figura 5, Taula 3). De totes les colònies un 46% presentaven signes de mortalitat antiga (Epibiosi) i/o un 36% de mortalitat recent (Figura 6). Aquest patró es manté quan s'observa la superfície afectada per colònia, amb una mitjana propera al 16% de superfície epibiotada, el doble de l'any passat, mentre que presentaven un 5% de superfície necrosada envers un 2% de l'any passat (Figura 7).

A la població del Tascó Petit la mortalitat d'enguany ha afectat de manera molt semblant als individus de les diferents talles, sense un patró clar del repartiment de l'epibiosi ni necrosi (Figura 23). Malgrat això, s'observa una major proporció d'individus amb epibiosi aquest any envers l'anterior, a més de presentar una afectació major a les talles grans (Figura 23).

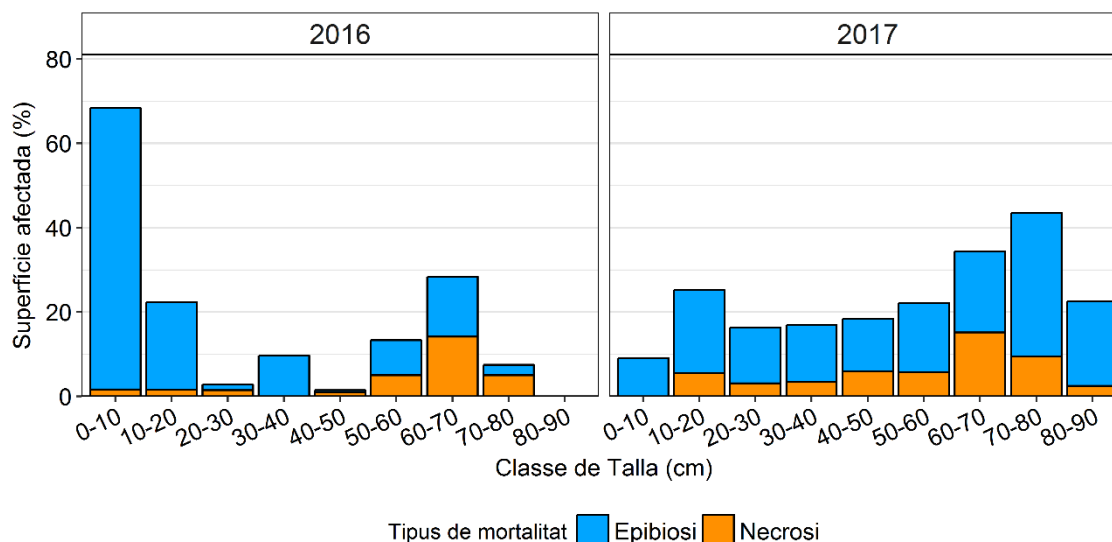


Figura 46. Superfície mitjana de colònies amb teixit necrosat i amb epibiosi segons l'any d'estudi i la classe de talla a la població de Tascó Petit.

Cap Castell

La densitat de colònies de *P. clavata* a la població de Cap Castell va ser d'uns 15 individus/m², un dels valors més baixos entre les poblacions estudiades (Figura 4). L'estructura de talles d'aquesta població presenta una distribució unimodal amb dominància d'individus de talles mitjanes (entre 10 i 30 cm), tot i que no presenta individus de les talles més grans (Figura 24).

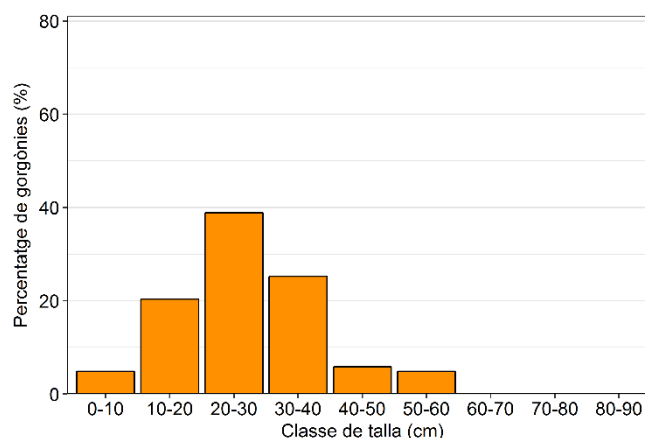


Figura 47. Cap Castell. Estructura de talles (en categories de 10 cm).

En aquesta població un 60% de les colònies presentaven signes de mortalitat, essent una de les poblacions amb major nombre de colònies afectades (Figura 5). De totes les colònies un 78% presentaven signes de mortalitat antiga (Epibiosi) i/o un 62% mostraven signes de mortalitat recent (Figura 6). Aquest patró es manté quan s'observa la superfície afectada per colònia, amb una mitjana propera al 13% de superfície epibiotada, mentre que presentaven una mitjana de 15% de

superfície necrosada, essent la població on les colònies presentaven una major superfície necrosada registrada d'enguany (Figura 7).

A la població de Cap Castell la mortalitat ha afectat de manera molt semblant als individus de les diferents talles, sense un patró clar de l'afectació per necrosi i epibiosi (Figura 25).

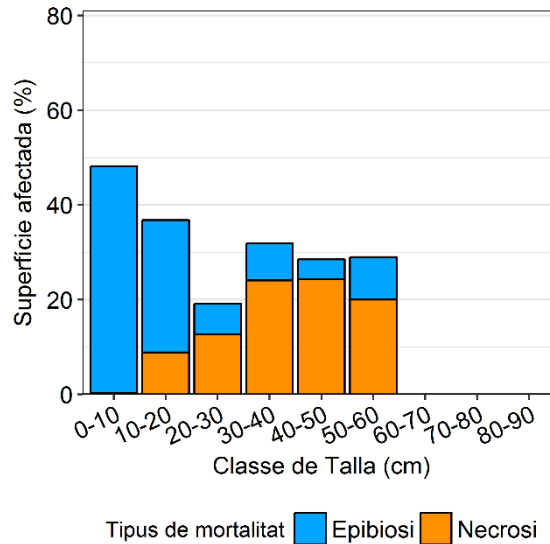


Figura 48. Superfície mitjana de colònies amb teixit necrosat i amb epibiosi segons l'any d'estudi i la classe de talla a la població de Cap Castell.

Puig de la Sardina

La densitat de colònies de *P. clavata* a la població del Puig de la Sardina va ser d'uns 26 individus/m², situant-se entre les poblacions més denses estudiades enguany (Figura 4). L'estructura de talles d'aquesta població presenta una distribució unimodal amb dominància d'individus de talles mitjanes (entre 10 i 30 cm), tot i que amb absència de talles grans (Figura 26).

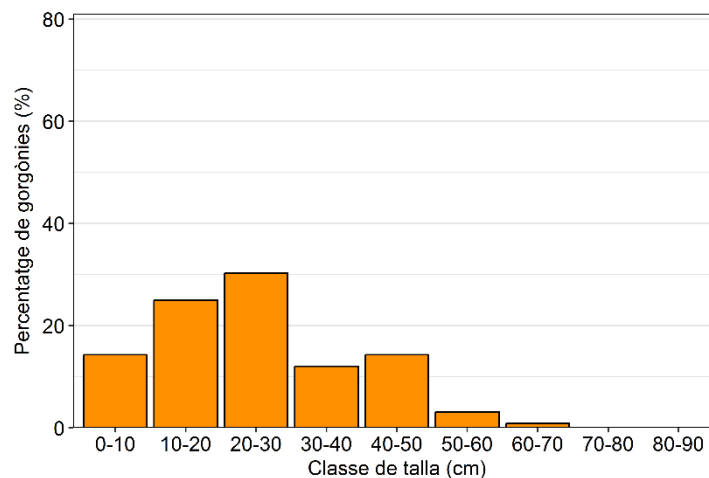


Figura 49. Puig de la Sardina. Estructura de talles (en categories de 10 cm).

Aquesta població presentava un 24% de les colònies amb signes de mortalitat, un valor relativament baix comparat amb la resta de poblacions estudiades enguany (Figura 5). De totes les colònies un 18% presentaven signes de mortalitat antiga (Epibiosi) i/o un 51% de mortalitat recent, essent una de les poblacions amb major mortalitat recent però menor mortalitat antiga (Figura 6). Aquest patró es manté quan s'observa la superfície afectada per colònia, amb una mitjana propera al 6% de superfície epibiotada i amb una mitjana del 9% de superfície necrosada (Figura 7).

A la població del Puig de la Sardina la mortalitat d'enguany ha afectat de manera molt semblant als individus de les diferents talles, sense un patró clar del repartiment de l'epibiosi ni necrosi (Figura 27).

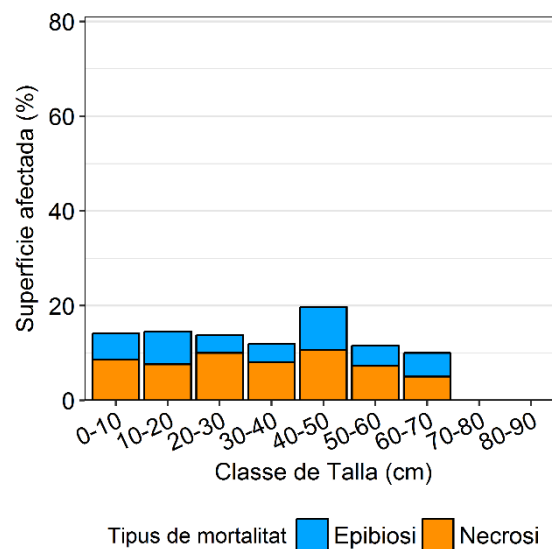


Figura 50. Superfície mitjana de colònies amb teixit necrosat i amb epibiosi segons l'any d'estudi i la classe de talla a la població de Puig de la Sardina.

Punta Salines

La densitat de colònies de *P. clavata* a la població de Punta Salines va ser d'uns 24 individus/m², un dels valors més elevats entre les poblacions estudiades (Figura 4). L'estructura de talles d'aquesta població presenta una distribució unimodal amb dominància d'individus de talles mitjanes (entre 10 i 30 cm), tot i que no presenta individus de les talles més grans (Figura 28).

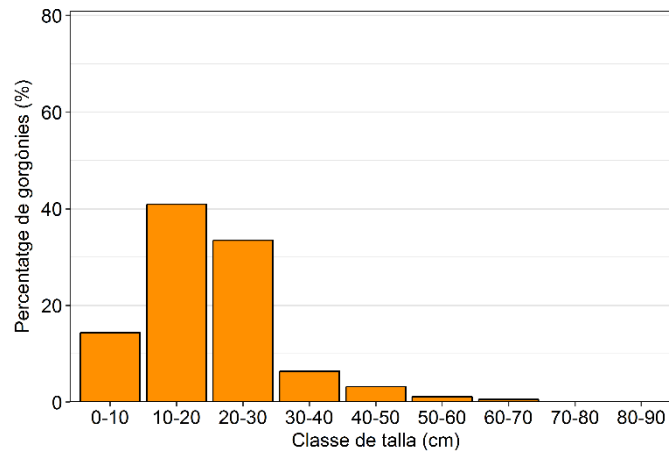


Figura 51. Punta Salines. Estructura de talles (en categories de 10 cm).

En aquesta població un 37% de les colònies presentaven signes de mortalitat (Figura 5). De totes les colònies un 29% presentaven signes de mortalitat antiga (Epibiosi) i/o un 38% mostraven signes de mortalitat recent (Figura 6). Aquest patró es no manté però quan s'observa la superfície afectada per colònia, amb una mitjana del 12% de superfície epibiotada, mentre que presentaven una mitjana de 8% de superfície necrosada, essent la població on les colònies presentaven una major superfície necrosada registrada d'enguany (Figura 7).

A la població de Punta Salines la mortalitat ha afectat de manera molt semblant als individus de les diferents talles, amb els individus de talles més grans principalment afectats per epibiosi (Figura 29).

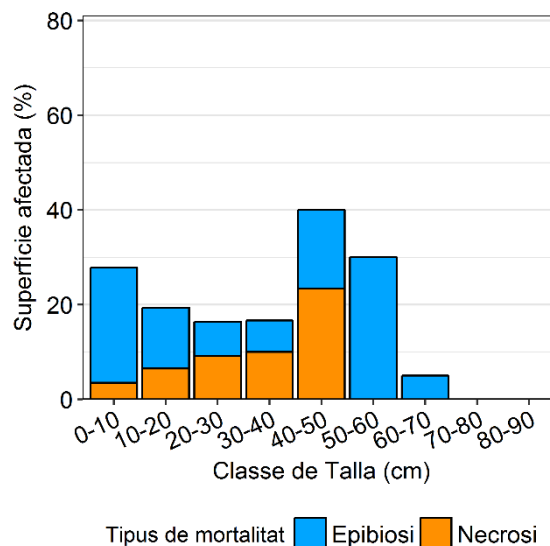


Figura 52. Superfície mitjana de colònies amb teixit necrosat i amb epibiosi segons l'any d'estudi i la classe de talla a la població de Punta Salines.

Discussió

Els resultats del seguiment de gorgònies d'enguany ens han permès constatar que les poblacions de *P. clavata* han patit una elevada mortalitat, tant per l'afectació de l'any passat, com la pròpia d'aquest any. Les causes més probables són les elevades temperatures d'aquest estiu 2017, combinat amb les de l'any passat, a més de la proliferació de l'alga filamentosa *Acinetospora crinita* que ha cobert gran part de les gorgònies durant els mesos de primavera i estiu. Malgrat que les dades obtingudes aquí no ens permeten determinar si la causa de la mortalitat de les gorgònies ha sigut només per temperatura, només la proliferació d'algues filamentoses o una acció combinada d'ambdues, els valors de mortalitat d'enguany són alarmants, i una vegada més, posen de relleu el preocupant estat de conservació d'aquesta espècie, detectat ja l'any passat. A continuació es discuteix la informació aportada per cadascun dels paràmetres avaluats, així com les dades concretes obtingudes en les diferents localitats per veure l'impacte directe del busseig sobre les poblacions de gorgònies.

La densitat de gorgònies no ha variat significativament entre cap de les poblacions estudiades el 2016, suggerint que no hi ha una gran pèrdua d'individus respecte l'any passat. Les diferències entre les diverses poblacions estudiades, les quals prenen valors entre 10 i 30 colònies/m², no difereixen molt de les que es troben en altres localitats de la Mediterrània (Linares et al. 2005, Linares et al. 2008, Gori et al. 2011). Cal destacar també l'elevada densitat dels transectes incorporats aquest any, tant els situats dins de la reserva (La Vaca), com els situats fora (Cap Castell, Puig de la Sardina i Punta Salines). De fet entre les poblacions de gorgònies amb major densitat trobem les de Pota del Llop, Pedra de Déu, Puig de la Sardina i Punta Salines.

L'estructura de talles de les diferents poblacions estudiades presenta un patró molt semblant a anys anteriors. Si bé la talla central a les diferents distribucions es troba entre els 10-20 ó 20-30 cm aproximadament i la major part de les estructures de tall presenten una distribució unimodal amb forma de campana, alguns llocs presenten estructures poblacionals diferents. La població de Tascó Petit i la del Puig de la Sardina destaquen per l'elevada abundància de colònies de més de 40 cm, mentre que aquestes mides grans són pràcticament absents en la majoria de localitats. En general, també es pot veure un reclutament molt limitat, pràcticament nul en la majoria de localitats o molt petit en las poblacions del Puig de la Sardina, Punta Salines, Carall Bernat i Pedra de Déu. Aquestes estructures de talles són similars a les que s'observen en general a totes les poblacions de la gorgònia vermella *P. clavata* (Linares et al. 2008, Gori et al. 2011). Tampoc es varen observar diferències notables entre les estructures observades l'any passat.

Enguany s'ha observat un increment significatiu del nombre de colònies afectades per mortalitat (>10% de teixit afectat), degut principalment a un augment de la mortalitat per epibiosi respecte 2016. En canvi, la mortalitat per necrosi s'ha mantingut estable en comparació a l'any passat, tot i que segueix presentant uns valors molt elevats que no s'havien observat mai anteriorment al 2016 a les illes Medes. Les colònies que presenten teixit epifitat són indicadores d'esdeveniments de mortalitats passades. S'ha de tenir en compte que una població en un bon estat de conservació hauria de presentar la majoria de colònies amb menys del 10% de teixit afectat, de manera que quan tenim valors superiors a aquest percentatge ens indica una mortalitat addicional a la natural

(Linares et al. 2008). Les poblacions de gorgònies a les illes Medes fins als darrers dos últims anys no superaven aquests líndars, indicant que no havien patit esdeveniments de mortalitat relacionats amb el canvi climàtic (Linares et al. 2008). Tanmateix, les elevades temperatures de l'any passat, podrien ser la causa d'aquest increment de teixit epibiotat, on es sumen els efectes de les mortalitats antigues i recents detectades l'any passat. També cal tenir en compte que, tot i que els mostrejos es fan al mes d'Octubre, les colònies segueixen patint els efectes de la temperatura fins a finals de Novembre, fet que pot explicar que es doni més mortalitat que la que es va detectar l'any passat com recent. Aquest fet ha afectat a la majoria de poblacions estudiades aquest any (exceptuant potser la Vaca i Puig de la Sardina), amb una mitjana de superfície epibiotada superior al 15%, i en el cas del Guix més del 20%.

D'altra banda, malgrat que no presenti valors superiors a l'any passat, no és gens menyspreable el nivell de mortalitat de necrosi d'enguany, que és tan elevat com al 2016. Les estacions més afectades per aquest tipus de mortalitat són principalment les situades fora de la reserva, on destaca la població de Cap Castell amb una mitjana de 15% de superfície afectada per colònia. Aquesta mortalitat recent és la que s'observa els primers mesos després de l'afectació, com s'ha demostrat en el seguiment a llarg termini d'altres poblacions afectades per anomalies tèrmiques positives (Cerrano et al. 2000, Perez et al. 2000, Linares et al. 2005) però també podria haver estat causada pel recobriment d'*Acinetospora crinita* que ha tingut lloc des de primavera fins a finals de Juliol-Agost, en molts indrets del Parc, on ha arribat a cobrir la majoria de colònies. La proliferació excessiva d'algues filamentoses d'enguany, molt probablement lligada a l'augment de temperatura (Mistri i Cecchereli 1996, Schiaparelli et al. 2007), ha estat una de les causes probables d'aquesta mortalitat recent. Aquestes algues són arrossegades per les corrents i es poden quedar atrapades en les ramificacions de les gorgònies, generant una pel·lícula que ofega a aquests organismes, amb la consegüent aparició de teixit necrosat. Com s'ha mencionat anteriorment, també cal tenir en compte que aquestes mortalitats es donen amb un cert decalatge i, per tant, després dels nostres mostrejos es pot arribar a produir una mortalitat recent addicional, que no s'ha pogut tenir en compte en aquest informe.

Cal destacar també que la mortalitat observada en funció de la mida de les colònies no mostra un patró clar i tant les colònies petites com les de mida gran resulten afectades per mortalitat per epibiosi i per necrosi. Estudis anteriors han demostrat com l'efecte erosiu dels escafandristes afecta principalment a les colònies de mida gran (Coma et al. 2004), mentre que la mortalitat atribuïble al canvi climàtic afecta tant a les colònies de mida petita com a les grans (Linares et al. 2005, Coma et al. 2006). El fet de no observar un patró clar entre les talles evidencia que el busseig en aquestes poblacions té un impacte reduït. A més, la majoria de poblacions situades a la reserva natural parcial no mostren una disminució de la densitat ni de les talles més grans respecte l'any passat. Tot i així les mortalitats atribuïbles al busseig, de l'ordre d'entre 3 i 7% i que són degudes principalment a mortalitat total, únicament són detectables amb transectes fixes i després d'almenys 4 anys de seguiment per corroborar la desaparició total de les colònies (Coma et al. 2004, Linares et al. 2007, Linares i Doak 2010). Es per això que aquests resultats es mostraran al final del seguiment (2020). De totes maneres intuïm que la gran mortalitat causada pel canvi climàtic o global pot emascarar les mortalitats causades pel busseig com es va detectar al Parc National de Port-Cros en un seguiment semblant (Linares et al. 2005).

Els resultats obtinguts ens mostren un elevat nombre de colònies afectades per algun tipus de mortalitat, que s'està repetint durant els darrers anys de seguiment de la gorgònia vermella. Com ja s'ha esmentat abans, el grau d'afectació és el paràmetre que ens indica en quina mesura les poblacions han patit en el passat o en el present impactes que han afectat a la població. En els primers estudis sobre les poblacions de gorgònies, el grau d'afectació era menor del 10% (Linares et al. 2008), fet que implica que aquest llinar és un indicador de bon estat de conservació. Seguint aquest criteri, la població de la Vaca és la única que es manté per sota d'aquest llinar aquest any. Tot i que per ara no s'ha observat una disminució destacable en cap de les localitats estudiades, és important tenir en compte que les gorgònies amb percentatges d'afectació majors als 50% probablement acabaran morint després d'uns anys, tal com s'ha vist, per exemple, en el seguiment a llarg termini de les poblacions al Parc Nacional de Port-Cros (França) (Linares et al. 2005). Per tant, és esperable a mig termini una disminució important en la densitat d'aquestes poblacions, sobretot si es veuen afectades per altres perturbacions o, de nou, per temperatures inusualment elevades en els propers anys. Tanmateix, aquests efectes no són immediats, sinó que poden tenir un decalatge de diversos anys. En aquest sentit, l'efecte combinat de les perturbacions derivades del busseig o la proliferació d'algues filamentoses, poden agreujar els ja efectes crítics del canvi climàtic i, per tant, convindria aplicar el criteri de precaució a l'hora de gestionar les seves poblacions, reduint al màxim les possibles fonts d'impacte, com és el busseig.

Conclusions

L'increment de les colònies amb signes de mortalitat, especialment per epibiosi, posa de manifest l'impacte del canvi climàtic en les poblacions de *P. clavata* a les nostres costes. Donat que aquests impactes són impossibles de gestionar a nivell local, és probable que en els propers anys els seus efectes segueixin fent estralls a les poblacions de gorgònia vermella.

Les poblacions que mereixen un especial atenció són el Guix, Carall Bernat, Tascó Petit i Pedra de Déu, per mostrar percentatges d'afectació molt elevats.

El fet de no haver observat diferències entre les densitats i estructures de talles els anys 2016 i 2017 de l'estiu indica que no hi ha hagut una mortalitat total molt elevada i que l'augment de mortalitat causat per l'impacte del busseig és difícilment detectable amb aquests grans mortalitats causades pel canvi global, com són l'augment de temperatura i la proliferació d'algues filamentoses. Tanmateix, la lenta dinàmica poblacional d'aquesta espècie únicament permet considerar canvis significatius a partir de 4 ó 5 anys i, per tant, tot i no haver observat una gran davallada en les poblacions de *P. clavata*, el gran nombre de colònies amb signes de mortalitat indica que cal aplicar un principi de precaució i intentar reduir la freqüentació de submarinistes.

Bibliografia

- Ballesteros, E. (2006). Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 44, 123-195.
- Casas, E., Teixidó, N., Garrabou, J., Cebrian, E. (2015) Structure and biodiversity of coralligenous assemblages over broad spatial and temporal scales. *Marine Biology*, 162, 901–912.
- Cerrano, C., Bavestrello, G., Bianchi, C. N., et al. (2000). A catastrophic mass-mortality episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian Sea (North-western Mediterranean), summer 1999. *Ecology Letters*, 3(4), 284-293.
- Coma, R., Ribes, M., Zabala, M., i Gilil, J. M. (1995a). Reproduction and cycle of gonadal development in the Mediterranean gorgonian *Paramuricea clavata*. *Marine Ecology Progress Series*, 117, 173-183.
- Coma, R., Zabala, M., i Gili, J. M. (1995b). Sexual reproductive effort in the Mediterranean gorgonian *Paramuricea clavata*. *Marine Ecology Progress Series*, 117(1), 185-192.
- Coma, R., Pola, E., Ribes, M., i Zabala, M. (2004). Long-term assessment of temperate octocoral mortality patterns, protected vs. unprotected areas. *Ecological Applications*, 14(5), 1466-1478.
- Coma, R., Linares, C., Ribes, M., Díaz, D., Garrabou, J., i Ballesteros, E. (2006). Consequences of a mass mortality in populations of *Eunicella singularis* (Cnidaria: Octocorallia) in Menorca (NW Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series*, 327, 51-60.
- Coma, R., Ribes, M., Serrano, E., Jiménez, E., Salat, J., i Pascual, J. (2009). Global warming-enhanced stratification and mass mortality events in the Mediterranean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(15), 6176-6181.
- Garrabou, J., Coma, R., Bensoussan, N., Bally, M., Chevaldonné, P., Cigliano, M., i Cerrano, C. (2009). Mass mortality in Northwestern Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. *Global Change Biology*, 15(5), 1090-1103
- Gori, A., Rossi, S., Berganzo, E., Pretus, J. L., Dale, M. R., i Gili, J. M. (2011). Spatial distribution patterns of the gorgonians *Eunicella singularis*, *Paramuricea clavata*, and *Leptogorgia sarmentosa* (Cape of Creus, Northwestern Mediterranean Sea). *Marine Biology*, 158(1), 143-158.
- Halpern, B. S., Walbridge, S., Selkoe, et al. (2008). A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, 319(5865), 948-952.
- Kruskal, W.H., i Wallis, W.A. (1952) Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. *J. Am. Stat. Assoc.*, 47, 583–621.
- Linares, C., Coma, R., Díaz, D., Zabala, M., Hereu, B., i Dantart, L. (2005). Immediate and delayed effects of a mass mortality event on gorgonian population dynamics and benthic community structure in the NW Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 305, 127-137.
- Linares, C., Doak, D. F., Coma, R., Díaz, D., i Zabala, M. (2007). Life history and viability of a long-lived marine invertebrate: the octocoral *Paramuricea clavata*. *Ecology*, 88(4), 918-928.
- Linares, C., Coma, R., Garrabou, J., Díaz, D., i Zabala, M. (2008). Size distribution, density and disturbance in two Mediterranean gorgonians: *Paramuricea clavata* and *Eunicella singularis*. *Journal of Applied Ecology*, 45(2), 688-699.
- Linares, C., i Doak, D. F. (2010). Forecasting the combined effects of disparate disturbances on the persistence of long-lived gorgonians: a case study of *Paramuricea clavata*. *Marine Ecology Progress Series*, 402, 59-68.

- Linares, C., Zabala, M., Garrabou, J., Coma, R., Díaz, D., Hereu, B., i Dantart, L. (2010). Assessing the impact of diving in coralligenous communities: the usefulness of demographic studies of red gorgonian populations. *Sci Rep Port-Cros Natl Park*, 24, 161-184.
- Mistri, M., Ceccherelli, V. U. (1996) Effects of a mucilage event on the Mediterranean gorgonian *Paramuricea clavata*. Short term impacts at the population and colony levels. *Italian Journal of Zoology*, 63, 221–230.
- Lloret, J., Marin, A., Marin-Guirao, L., i Carreño, M. F. (2006). An alternative approach for managing scuba diving in small marine protected areas. *Aquatic conservation*, 16(6), 579-592.
- Parsóns, G. R., i Thur, S. M. (2008). Valuing changes in the quality of coral reef ecosystems: a stated preference study of SCUBA diving in the Bonaire National Marine Park. *Environmental and Resource Economics*, 40(4), 593-608.
- Perez, T., Garrabou, J., Sartoretto, S., Harmelin, J. G., Francour, P., i Vacelet, J. (2000). Mortalité massive d'invertébrés marins: un événement sans précédent en Méditerranée nord-occidentale. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series III-Sciences de la Vie*, 323(10), 853-865.
- Rouphael, A. B., i Inglis, G. J. (2001). Take only photographs and leave only footprints?: An experimental study on the impacts of underwater photographers on coral reef dive sites. *Biological Conservation*, 100, 281–287.
- Schiaparelli, S., Castellano, M., Povero, P., Sartoni, G., Cattaneo-Vietti, R. (2007) A benthic mucilage event in North-Western Mediterranean Sea and its possible relationships with the summer 2003 European heatwave: short term effects on littoral rocky assemblages. *Marine Ecology an Evolutionary Perspective*, 28, 341–353.

Seguiment de les comunitats de coves submarines de la Reserva Marina de les illes Medes com a indicadores de l'efecte de la freqüentació de submarinistes sobre les comunitats bentòniques

Eneko Aspillaga, Pol Capdevila, Graciela Rovira, Bernat Hereu

Aquest capítol ha de ser citat com:

Aspillaga E, Capdevila P, Rovira G, Hereu B. 2017. Seguiment de les coves submergides al Parc Natural de Cap de Creus i Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter. Memòria tècnica. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Direcció General de Polítiques Ambientals.

Introducció

Les coves i túnels submergits de l'infralitoral i del circalitoral alberguen comunitats d'una gran singularitat, que es troben entre les més diverses i fràgils de la Mediterrània (Gerovasileiou i Voultziadou 2012). Aquests hàbitats representen indrets especials des del punt de vista faunístic i ecològic, ja que es tracta d'espais més o menys tancats i amb règims de llum de diferents intensitats, però sempre baixos comparats amb els de les comunitats externes a la mateixa profunditat. La fauna que hi trobem està especialitzada a la baixa intensitat lumínica, a les condicions d'hidrodinamisme, a la sedimentació i a les possibles variacions de salinitat que poden derivar de la presència de diferents entrades d'aigua dolça. Totes aquestes característiques permeten el desenvolupament de comunitats molt peculiars, dominades per invertebrats (majoritàriament esponges i cnidaris) amb dinàmiques demogràfiques que poden ser molt lentes (baix creixement, alta longevitat) i molt sensibles a les pertorbacions. La fauna de les coves submergides de la Mediterrània comparteix molts elements amb la de les comunitats del circalitoral i del coral·ligen, exceptuant la major part de les algues coral·lines incrustants que caracteritzen i creen les estructures pròpies d'aquestes comunitats profundes. A part, aquesta compta amb espècies relictas cavernícoles, adaptades als ambients estables i aïllats característics d'aquests sistemes. A més, les espècies, els grups taxonòmics i els grups funcionals augmenten el seu grau d'especialització en aquests tipus d'ambient a mesura que ens endinsem a les coves.

Malgrat que les comunitats de les coves estan protegides per la Directiva Europea d'Hàbitat (92/43/EEC), les distribucions espacials i temporals dels seus conjunts faunístics han estat poc estudiades (Bussotti et al. 2006, Di Franco et al. 2010), així com els principals impactes que poden patir aquestes comunitats (Garrabou i Harmelin 2002, Di Franco et al. 2010). Una de les principals pertorbacions en aquests ambients és deguda a la freqüentació de submarinistes (Lloret et al. 2006) que tenen preferència per aquest tipus d'enclavaments i on, a més, tenen un major contacte amb els organismes (Di Franco et al. 2009). Els escafandristes poden causar pertorbacions a través d'impactes directes, com el contacte i destrucció directa dels organismes; o indirectes, a través de la resuspensió de sediments (Di Franco et al. 2010). Per aquests motius, la presència de bussejadors pot causar un augment de l'heterogeneïtat espacial i la disminució d'estructures tridimensionals i d'alt valor estructural en la biocenosi de les coves (Guarnieri et al. 2012). A més, la seva presència pot afectar el comportament de certes espècies (Hawkins et al. 1999) i també causar la presència de les bombolles d'aire que queden atrapades en els sostres (Milazzo et al. 2002). Aquestes últimes impossibiliten l'assentament o desenvolupament d'organismes allà on l'aire queda atrapat, i això pot contribuir al deteriorament de les comunitats.

Tot i tractar-se d'un dels espais més fràgils i freqüentats per submarinistes, no va ser fins al seguiment de l'any 2016 que no es varen quantificar els impactes del busseig en les coves de la Reserva Natural de les illes Medes. Degut a la gran representativitat que aquestes comunitats tenen al massís del Montgrí i les illes Medes (per la seva naturalesa calcària), aquestes constitueixen un gran reclam pels submarinistes, i són un dels ambients més freqüentats alhora que més fràgils de la reserva. Així doncs, en aquest apartat del seguiment es descriu l'estat de la

fauna bentònica de cinc coves freqüentment visitades per bussejadors a la zona protegida de les illes Medes. Més concretament, es detallen i quantifiquen els efectes directes de la presència de bussejadors mitjançant el seguiment de les càmeres d'aire presents als sostres de les coves. Addicionalment, també s'ha obtingut un catàleg d'imatges fotogràfiques de les coves estudiades per tal de tenir una referència que permeti seguir avaluant els efectes del busseig en el futur.

Materials i Mètodes

Disseny i estacions de mostreig

El mostreig es va dur a terme a 5 coves de la Reserva Marina de les illes Medes: la cova del Dofí, el túnel del Dofí, la cova dels Misidacis, la cova del Mal Pas i la cova de la Vaca, entre el 5 i el 7 de setembre de 2017 (Figura 1, Taula 1).

Taula 1. Relació d'estacions mostrejades i les dates pel descriptor de coves.

Estació	Data mostreig
Cova del Dofí	07/09/2017
Túnel del Dofí	06/09/2017
Cova del Mal Pas	06/09/2017
Cova de la Vaca	05/09/2017
Cova dels Misidacis	07/09/2017

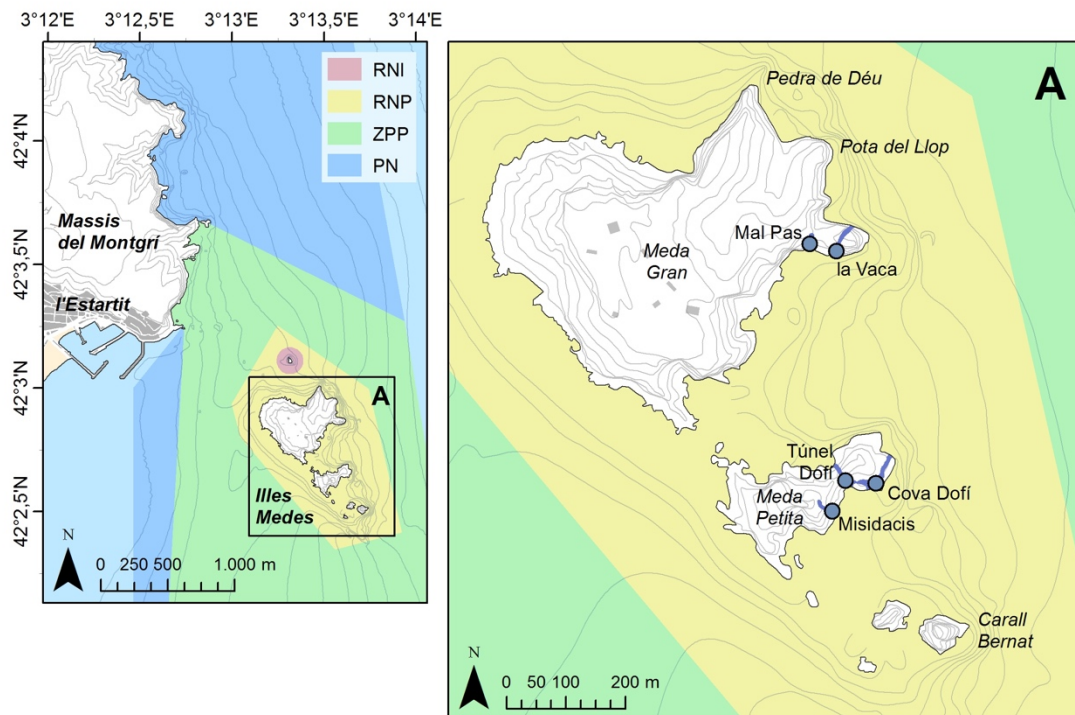


Figura 1. Mapa de les coves mostrejades al Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i Baix Ter. Grau de protecció: Reserva Natural Integral (RNI), Reserva Natural Parcial (RNP), Zona Perifèrica de Protecció (ZPP), Parc Natural (PN).

A l'any 2016, es varen instal·lar a cada cova dos transectes de 10 metres de llargada, un al sostre i l'altre al fons, mitjançant la fixació de cargols de plàstic assegurats amb massilla epoxídica de dos components, col·locats a cada metre del transecte. Per a fer el mostreig es va instal·lar una cinta mètrica resseguint els cargols de plàstic com a referència i es varen fer fotografies cada 50 cm a ambdós costats de la cinta. A diferència de l'any passat, a on les fotografies es realitzaven amb un regle que servia de referència i la superfície a estudiar es delimitava posteriorment a l'ordinador, aquest any s'han fotografiat quadrats de PVC de 50x50 cm que directament enquadraven una superfície de 0.25 m², facilitant l'anàlisi posterior (Figura 2). Addicionalment, amb l'objectiu d'obtenir un registre fotogràfic detallat de les comunitats del sostre i el fons de les coves, es varen realitzar entre 20 i 25 fotografies a l'atzar de superfícies més petites, delimitades per un quadrat d'acer inoxidable de 25x25 cm, al voltant dels transectes instal·lats. Aquestes últimes fotografies no seran analitzades en aquest estudi, però es classificaran i emmagatzemaran per a poder realitzar estudis del canvi de les comunitats bentòniques en el futur. Totes les fotografies es varen realitzar mitjançant una càmera Canon G7X amb caixa estanca i un flash.

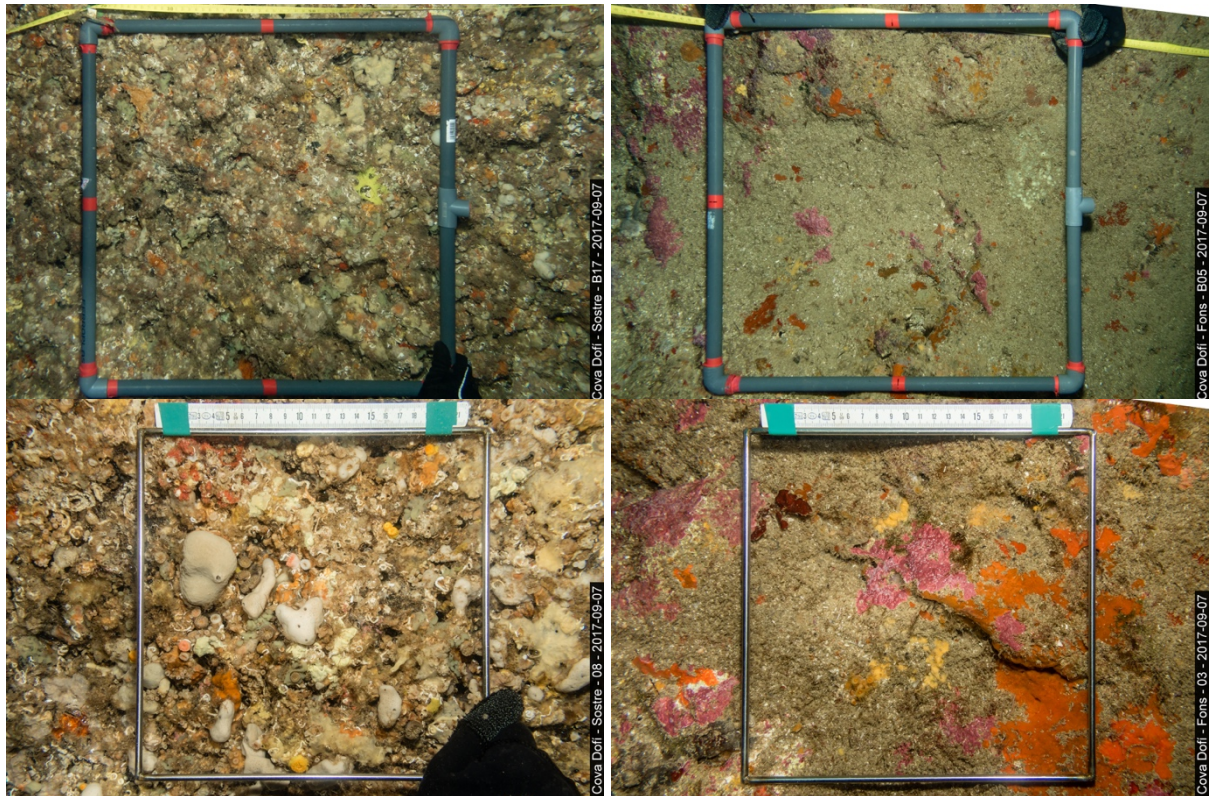


Figura 2. Exemple de fotografies dels quadrats de 50x50 cm realitzades al llarg dels transectes, tal i com van ser analitzades en aquest estudi (dalt) i dels quadrats de 25x25 cm realitzades a l'atzar per a obtenir el registre fotogràfic de les comunitats (sota). Les fotos corresponen al sostre (esquerra) i fons (dreta) de la Cova del Dofi.

Anàlisi de les imatges

Les imatges es varen analitzar mitjançant el programa Photoshop versió CS4 (Adobe Systems, San José, California), corregint primer la distorsió de la superfície generada per l'angle de la càmera i mesurant després les àrees afectades per l'aire exhalat pels submarinistes. Degut a la dificultat que suposava identificar totes les espècies a través de les fotografies, es va optar per utilitzar tres mesures que indiquessin el diferent grau de pertorbació, degut a l'acumulació d'aire:

1. Àrea ocupada per organismes vius, sense cambres d'aire acumulat.
2. Àrea ocupada per cambres d'aire i amb presència d'organismes vius. Aquesta categoria indica la formació de càmeres d'aire que poden ser alliberades en certa mesura, i que representen un cert grau de pertorbació dels organismes, tot i no ser letal a curt termini.
3. Àrea ocupada per cambres d'aire sense organismes o amb organismes morts per necrosi. Aquesta categoria indica un impacte irreversible, ja que la capacitat de recuperació dels organismes és nul·la a curt i a mig termini.

Per cada fotografia, es va calcular el percentatge de superfície de cada categoria en relació a la superfície analitzada. Amb aquests valors, es va calcular el percentatge mitjà i l'error estàndard corresponent a cada categoria per a cada transecte. Aquests valors es varen comparar amb els

valors obtinguts a l'any 2016 amb el objectiu d'analitzar l'evolució temporal de les zones afectades per les cambres d'aire als sostres de les coves.

Detecció d'impactes

A més de l'anàlisi de les fotografies, a cada cova es va fer una inspecció visual, tant en els sostres com en les parets i els fons, amb la finalitat de detectar indicis de perturbacions, com per exemple càmeres d'aire als sostres, trencament d'organismes bentònics, restes d'organismes trencats al fons, i restes de deixalles.

Resultats

Totes les coves presentaven, en major o menor mesura, càmeres d'aire atrapat al sostre derivades de la respiració dels submarinistes (Figura 3). De la mateixa manera que es va fer a l'any 2016, el seguiment d'aquest any s'ha centrat en calcular el percentatge de superfície afectada per aquestes cambres de aire en cada una de les coves estudiades (Taula 2).

Taula 2. Mitjana (\pm error estàndard) del percentatge de superfície cobert per cambres d'aire, amb fauna viva o morta, als sostres de les coves estudiades a l'any 2017. També s'especifica el nombre de fotografies (N) i les superfícies totals analitzades (Sup.).

Estació	N	Sup. (m ²)	% aire total	% aire mort	% aire viu
Cova del Dofi	40	10	1,62 (\pm 0,40)	0,48 (\pm 0,25)	1,14 (\pm 0,18)
Túnel del Dofi	40	10	7,72 (\pm 1,49)	3,55 (\pm 0,92)	4,16 (\pm 0,85)
Cova dels Misidacis	40	10	1,44 (\pm 0,14)	0,15 (\pm 0,06)	1,29 (\pm 0,14)
Cova de la Vaca SE	40	10	2,50 (\pm 0,25)	0,39 (\pm 0,08)	2,11 (\pm 0,19)
Cova del Mal Pas	43	10,75	3,89 (\pm 1,14)	1,60 (\pm 0,57)	2,29 (\pm 0,62)

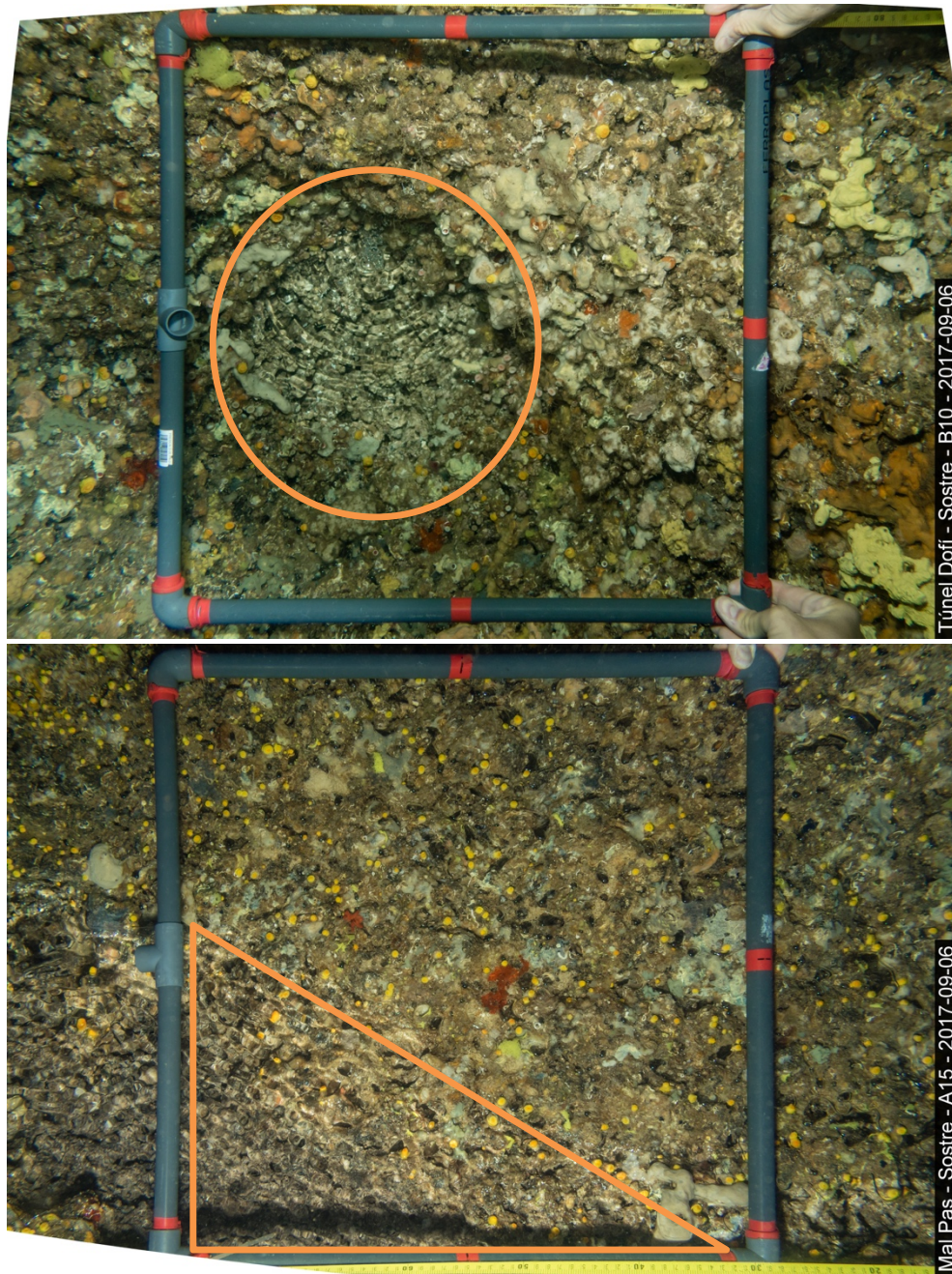


Figura 3. Fotografies de quadrats de 50x50 cm a on es veuen cambres d'aire emmagatzemat al sostre, fetes als transectes del túnel del Dofí (dalt) i de la cova del Mal Pas (sota). Les zones més descolorides dins dels requadres corresponen a superfícies amb organismes morts.

El túnel del Dofí i la cova dels Mal Pas presenten les majors superfícies cobertes per cambres d'aire (7,72% i 3,89%, respectivament), que també corresponen als majors percentatges de superfície amb organismes morts (3,55% i 1,60%, respectivament) (Figura 3). La cova de la Vaca, la del Dofí i la dels Misidacis varen presentar els valors de superfície coberta per cambres d'aire més baixos (2,50%, 1,62% i 1,44%, respectivament), però el percentatge de superfície coberta per organismes morts va ser lleugerament superior a la cova de la Vaca (2,11%) que a les altres dues (1,29% i 1,14%) (Figura 4).

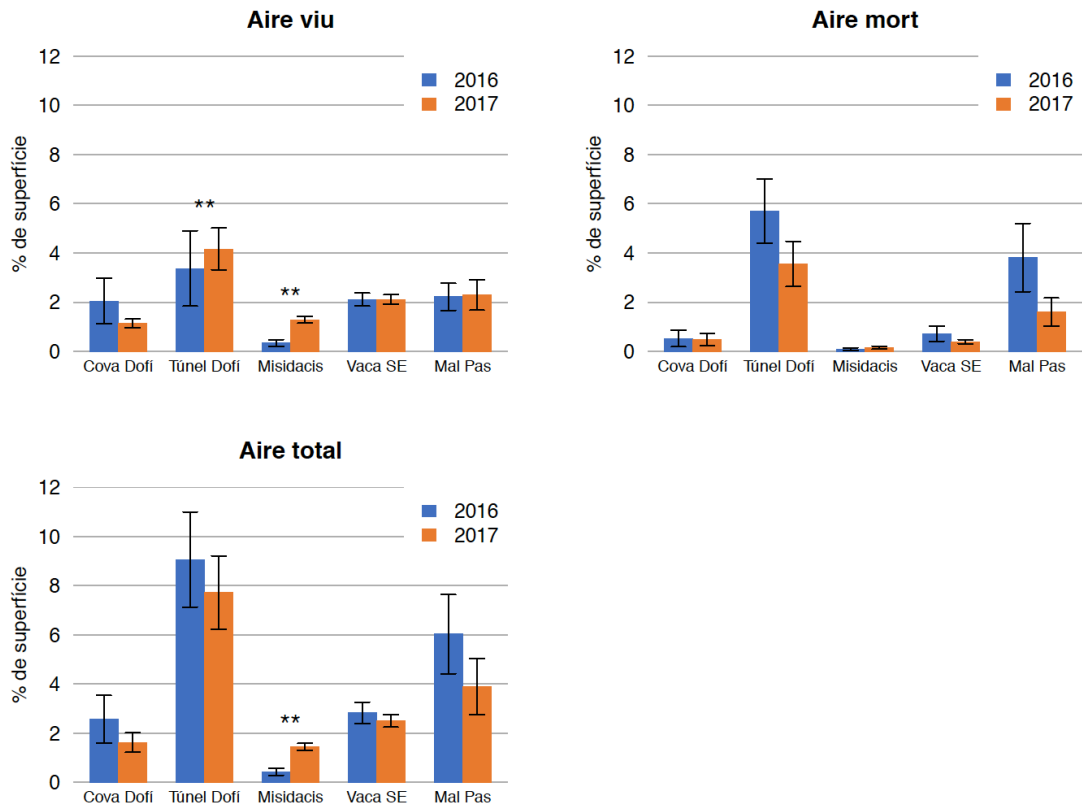
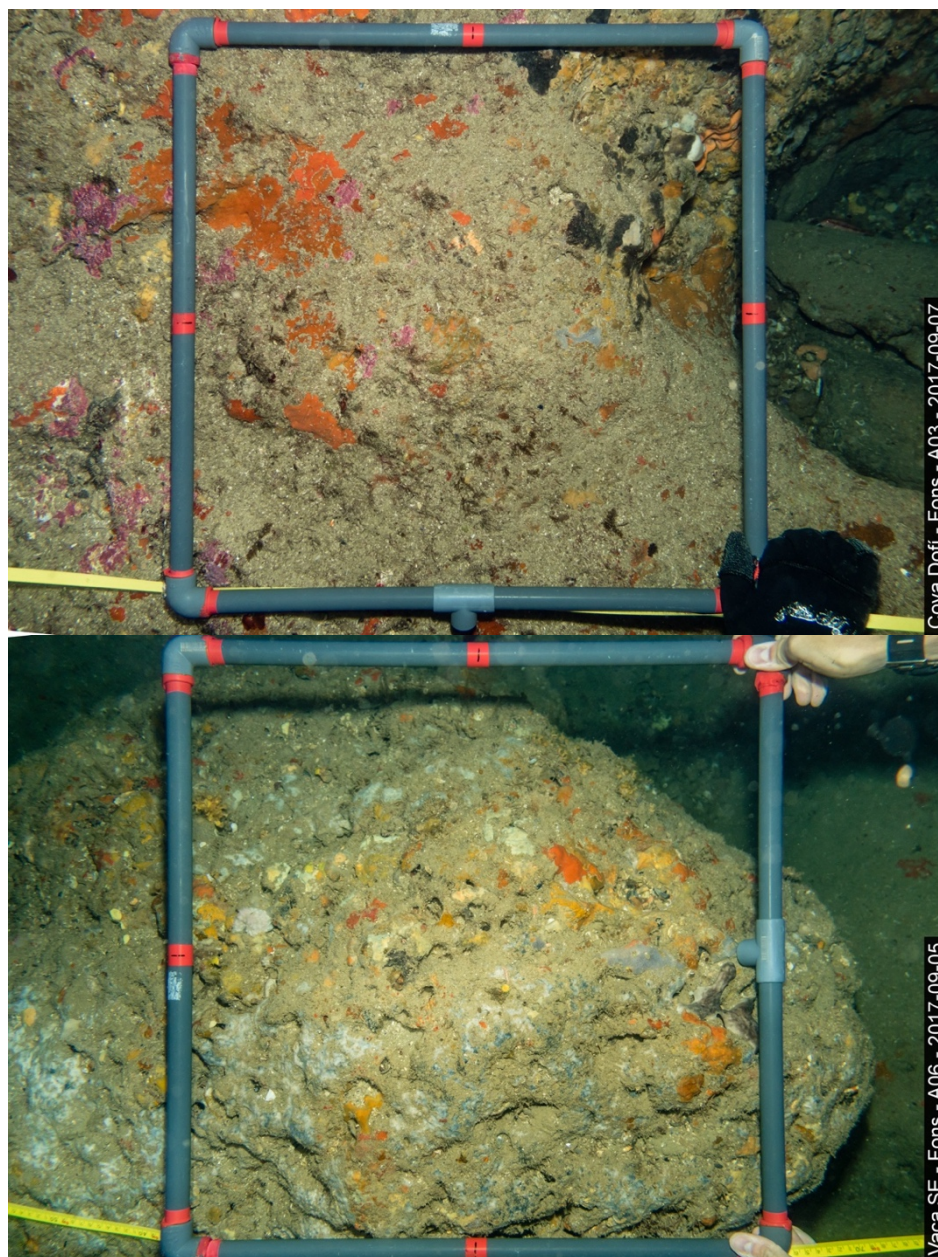


Figura 4. Mitjanes \pm error estàndard dels percentatges de superfície de sostre ocupat per cambres d'aire (amb organismes vius, amb organismes morts, i la suma dels dos), a les 5 coves estudiades durant els dos anys en els que s'ha realitzat el seguiment.

Les cambres d'aire quantificades al sostre de les coves en el present període d'estudi no mostren cap tendència representativa respecte al període d'estudi previ (any 2016) (Taula 3). No s'han trobat canvis significatius en el percentatge de superfície afectada per bombolles d'aire a la majoria de les coves, a excepció del túnel del Dofí i la cova dels Misidacis, que mostren increments significatius en la superfície coberta per aire i amb organismes vius (Figura 4, Taula 3). Aquests increments, però, són molt petits, i corresponen a superfícies afectades que no superen el 5% (en el cas del túnel del Dofí) i el 2% (en el cas de la cova dels Misidacis) del total de la superfície estudiada.

Taula 3. Resultats del test estadístic Kruskal-Wallis comparant els percentatges de superfícies afectades per bombolles (àrees amb organismes vius, amb organismes morts i la suma dels dos) a cada cova entre els dos anys estudiats (2016 i 2017). KS és el valor del estadístic; D.F. són els graus de llibertat i p-valor és la significació del test. Quan el p-valor és inferior a 0.05 indica que les diferències són significatives entre anys, aquests casos s'han destacat posant en negreta els valors.

Estació	Aire viu			Aire mort			Aire total		
	KS	D.F.	p-valor	KS	D.F.	p-valor	KS	D.F.	p-valor
Cova Dofi	1,521	1	0,22	0,076	1	0,78	0,31	1	0,58
Túnel Dofi	26,576	1	<0.01**	0,002	1	0,97	0,931	1	0,33
Misidacis	36,079	1	<0.01**	2,259	1	0,13	32,305	1	<0.01**
Vaca SE	0,322	1	0,57	3,08	1	0,08	0,035	1	0,85
Mal Pas	0,097	1	0,76	0,63	1	0,43	0,836	1	0,36



Figura

Fotografies de quadrats de 50x50 cm fetes als transectes del fons del túnel del Dofi (dalt) i de la cova del Mal Pas (sota).

El fons de totes les coves va presentar un aspecte generalment denudat, sense presència d'organismes erectes i amb un elevat grau de sedimentació (Figura 5). En totes les prospeccions visuals realitzades es varen observar parts d'organismes trencats o arrabassats al fons, sobretot corresponents a esponges, cnidaris i briozous (Figura 6). La freqüència d'organismes trencats al fons no s'ha pogut quantificar per ser relativament baixa, però demostra que en l'actualitat hi ha un cert impacte per abrasions físiques sobre les comunitats bentòniques de les coves.



Figura 6. Fragments d'organismes bentònics trencats o arrabassats trobats al fons de la Cova del Dofi (dalt) i de la Vaca (mig i sota).

Discussió

En aquest estudi s'han revisitat els transectes instal·lats l'any previ (2016), i s'han repetit les mesures de la superfície recoberta per bombolles o cambres d'aire al sostre de les coves, amb el que s'ha pogut fer una primera estimació de la seva variabilitat interanual. La metodologia posada a punt l'any passat ha demostrat ser eficient per a fer el seguiment de les cambres d'aire al sostre de les coves, ja que s'han pogut retrobar els transectes i analitzar exactament la mateixa superfície que l'any anterior i els resultats han sigut consistents i repetibles durant els dos anys d'estudi.

Els resultats obtinguts enguany mostren l'efecte de les bombolles exhalades pels submarinistes sobre els sostres de les coves. Aquestes bombolles queden atrapades i s'acumulen al sostre, deixant els organismes sèssils que hi viuen exposats a l'aire. En algunes zones, tot i haver cambres d'aire, els organismes exposats encara sobreviuen, possiblement perquè es troben en llocs on aquest aire es queda retingut de manera temporal abans d'evacuar-se fora de la cova, i tenen certa resistència a aquesta pertorbació. La mortalitat d'organismes es troba sobretot al centre de grans cambres d'aire, on l'aire queda retingut de manera persistent. La superfície afectada per cambres d'aire ha estat variable segons les coves, en gran part degut a l'orografia dels sostres, que permeten, en menor o major mesura, l'evacuació de l'aire, possiblement també influenciat pel grau de freqüentació per submarinistes.

Els resultats d'enguany en quant a la distribució i recobriment de les cambres d'aire dins de les diferents coves, coincideixen amb els resultats de l'any anterior, el que indica la gran persistència i poca variabilitat d'aquestes cambres, que es formen en llocs específics a on les característiques morfològiques dels sostres (e.g. petits caus i voltes) permeten l'acumulació de bombolles d'aire. No obstant això, la comparació que es va realitzar al seguiment de l'any 2016 amb fotografies d'arxiu del 1978, en les que la superfície afectada per bombolles era pràcticament insignificant, va demostrar que l'estat actual del sostre de les coves dista molt de ser pristi. Per la poca variabilitat observada en els últims dos anys de seguiment, considerem que la recuperació de les zones amb organismes morts per bombolles és molt poc probable a curt i mitjà termini, mantenint un nombre d'immersions proper a l'actual.

Un altre indicatiu de l'impacte per freqüentació de submarinistes en les coves submarines és l'estat de les comunitats del fons. Al seguiment de l'any 2016, en el que es van comparar fotografies preses aquell any al túnel del Dofí amb fotografies d'arxiu de l'any 1978, es va indicar que hi ha hagut un canvi significatiu en la composició i abundància de la fauna bentònica, causat, sens dubte, per l'erosió produïda pel contacte directe dels submarinistes amb el fons. Degut a que es tracta d'ambients tancats i més estrets, que limiten la mobilitat dels submarinistes, aquest tipus d'erosió pot ser més important dins de les coves que en altres zones obertes. Atès que la dinàmica d'aquestes comunitats és molt lenta, no és d'estranyar que l'estat dels fons no hagi canviat d'un any per l'altre i, igual que passa amb l'estat dels sostres, la recuperació d'aquestes comunitats és molt improbable mantenint l'actual nombre d'immersions.

D'altra banda, tenir un bon registre fotogràfic permet establir referències de base per a poder determinar els canvis produïts en les comunitats, tal i com es va demostrar al seguiment de l'any passat amb la comparació de fotografies actuals amb fotografies de l'any 1978. Un dels beneficis de tenir un programa de seguiment continu i al llarg termini en aquesta àrea protegida és la possibilitat de generar un ampli registre fotogràfic, que podrà ser utilitzat en el futur per establir la resposta de les comunitats als impactes o la seva recuperació en el cas que es prenguin mesures de gestió per a minimitzar-los.

Conclusions

Com a conclusions doncs, en aquest estudi hem corroborat un impacte significatiu per part dels submarinistes, tant en els sostres com en els fons de les coves. Es recomana, per tant, prendre mesures de gestió oportunes per a minimitzar els impactes de la freqüentació sobre aquestes comunitats. Finalment, i en base als indicis trobats durant les campanyes, creiem que és interessant mantenir aquest descriptor en el programa de seguiment de la reserva, però recomanem fer més èmfasi en el seguiment del fons de les coves, ja que probablement estan subjectes a una pressió major que els sostres.

Bibliografia

- Bussotti, S., et al. (2006). Spatial and temporal variability of sessile benthos in shallow Mediterranean marine caves. *Marine Ecology Progress Series*, 325(1966), 109–119.
- Di Franco, A., et al. (2010). Can recreational scuba divers alter natural gross sedimentation rate? A case study from a Mediterranean deep cave. *ICES Journal of Marine Science*, 67(5), 871–874.
- Di Franco, A., et al. (2009). Scuba diver behaviour and its effects on the biota of a Mediterranean marine protected area. *Environmental Conservation*, 36(1), 32.
- Garrabou, J. i Harmelin, J.G. (2002). A 20-year study on life-history traits of a harvested long-lived temperate coral in the NW Mediterranean: insights into conservation and management needs. *Journal of Animal Ecology*, 71(6), 966–978.
- Gerasimou V., Voultsiadou, E. (2012) Marine Caves of the Mediterranean Sea: A Sponge Biodiversity Reservoir within a Biodiversity Hotspot. *PLoS ONE* 7(7): e39873.
- Guarnieri, G. et al. (2012). Increasing heterogeneity of sensitive assemblages as a consequence of human impact in submarine caves. *Marine Biology*, 159(5), 1155–1164.
- Hawkins, J.P. et al. (1999). Effects of Recreational Scuba Diving on Caribbean Coral and Fish Communities. *Conservation Biology*, 13(4), 888–897.
- Lloret, J. et al. (2006). An alternative approach for managing scuba diving in small marine protected areas. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 16(6), 579–591.
- Milazzo, M., Chemello, R. i Badalamenti, F. (2002). The impact of human recreational activities in marine protected areas: what lessons should be learnt in the Mediterranean sea? *Marine*, 1, 280–290.

Diagnosi sobre l'efecte del submarinisme en les comunitats bentòniques de la Reserva Marina de les illes Medes

La normativa específica dels usos i activitats de l'àrea protegida de les illes Medes, estan regulats pel Pla Rector d'Usos i Gestió recollit aprovat el 2008 (en el Decret 222/2008, d'11 de novembre, pel qual s'aprova el Pla rector d'ús i gestió de l'Àrea Protegida de les illes Medes), i que recentment ha estat modificat en els seus annexes 1 i 6 (ORDRE AAM/112/2015, de 30 d'abril).

En aquesta nova normativa es regula el nombre de submarinistes que poden accedir a les diferents zones de busseig (Taula 1) segons el grau de fragilitat de les comunitats en les que s'hi desenvolupa aquesta activitat. Aquesta normativa preveu que aquest nombre pugui anar canviant al llarg del temps en funció de la informació que es vagi obtenint sobre l'estat de conservació de les comunitats i l'impacte del submarinisme sobre els fons.

La finalitat del programa de seguiment de la biodiversitat marina del Parc Natural del cap de Creus i el Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter es realitzar el seguiment de l'estat de conservació de la biodiversitat marina en aquests espais, així com relacionar-lo amb la possible afectació de les activitats antròpiques i dels factors ambientals a partir del seguiment i monitorització de determinades espècies i comunitats indicadores. D'aquesta manera es proporcionaran dades objectives que permetran la presa de decisions als gestors d'aquests espais naturals protegits.

Tal com s'especifica en el Plec de Prescripcions tècniques del contracte, "La memòria d'avaluació d'impacte de la ordre AAM/112/2015 de modificació del pla rector d'ús i gestió de l'àrea protegida de les illes Medes estableix,(...), que la modificació del model de limitació d'immersions a les illes Medes comporta la realització d'un seguiment complementari i específic de l'evolució de les comunitats que es troben en els diferents punts d'immersió".

Aquesta modificació del règim d'immersions té com objectiu ajustar millor els requeriments de conservació i la capacitat d'acollida. Es tracta doncs d'establir uns nombres màxims anuals d'immersió per a cada zona o sector d'immersió de les illes. Paral·lelament, s'ha habilitat un seguiment acurat dels indicadors biològics de les comunitats més fràgils i vulnerables com el

coral·ligen i les coves (i, per extensió de totes les espècies que s'hi poden trobar) que ens indiqui en quins casos l'evolució d'aquest és negativa (fet que comportaria reduir de forma immediata el nombre d'immersions anuals en les zones on s'hagi detectat) i en quins casos es positiva (fet que comportaria incrementar a mig termini el nombre d'immersions anuals en les zones on s'hagi detectat).

Aquesta memòria de seguiment de l'any 2017 recull els resultats del grup de treball de la secció d'Ecologia del Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals de la Universitat de Barcelona relatiu al seguiment del medi marí al Parc Natural del Cap de Creus i al Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter de l'any 2017, tal i com consta al plec de prescripcions amb expedient PTOP_2017_130 en compliment de la llei 19/1990 de 10 de desembre del Parlament de Catalunya, i amb les millores proposades a l'oferta tècnica homònima. Els resultats dels treballs de camp tenen com a objectiu central l'avaluació de l'estat de les poblacions i dels hàbitats marins en relació tant amb les activitats humanes que es duen a terme als espais naturals estudiats com amb els factors ambientals. Així mateix s'analitza l'evolució en el temps dels descriptors i s'intenta avaluar l'efecte de la protecció. El darrer objectiu és detectar altres situacions de risc pel patrimoni natural com podrien ser l'arribada d'espècies alienes o invasores, o bé els possibles efectes del canvi climàtic.

En aquesta memòria es presenten els descriptors destinats a avaluar l'efecte del submarinisme a l'àrea protegida de les illes Medes: briozous, gorgònies i coves, a les diferents zones estudiades segons cada descriptor (Taula 1).

Taula 1. Estacions de mostreig estudiades per a la diagnosi sobre l'efecte de la freqüentació en les comunitats bentòniques, amb les boies d'amarrament per a les embarcacions de busseig amb el nombre d'immersions designat per l'Ordre AAM/112/2015 a cada boia, i els descriptors utilitzats per a cadascuna.

Protecció	Lloc	Boia	Nombre d'immersions permeses	Immersions 2016	Immersions 2017	Briozous	Gorgònies	Coves
RNI	Medallot		0			X	X	
RNP	Guix	C1	6.136	3.440	2.804	X	X	
	Salpatxot	C2, P1*	6.136	4.239	3.709	X		
	L'embarcador del Francès	I2**	4.000					
	Pedra de Déu	C3 i P2	5.687	5.581	5.121	X	X	
	Pota del Llop	C4 i P3	2.939	2.089	2.265	X	X	
	Vaca	C5A*, C5B*, P4* i P5*	8.451	8.001	7.994	X	X	X
	Cova del Mal Pas	C5B, P5						
	Cova de la Reina	C6	2.390	2.007	1.621	X		
	Dofí	C7A*, C7B*, P6A*, P6B*	8.533	7.123	7.195	X		X
	Túnel del Dofí							X
	Cova dels Misidacis			C7B*, P6B*				
	Sant Istiu	I6**	4.000					
	Tascó Gran	C8 i P7	4.439	3.322	2.953	X	X	
	Carall	C9 i P8	6.591	6.122	5.852	X	X	
	Tascó Petit	C10	5.850	5.644	5.709	X	X	
Ferranelles	C11A, C11B i P9	11.000	9.953	10.018	X			
ZPP	Freu		ND			X		
PN	Cap Castell		ND			X	X	
	Paieta		ND			X		
	Punta Salines		ND			X	X	
	Puig de la sardina		ND				X	

* No utilitzables de manera simultània, ** D'acord amb les especificacions de l'apartat 2.3 de l'Ordre AAM/112/2015, ND No determinat per l'Ordre AAM/112/2015

Els resultats de l'informe indiquen que en algunes estacions els descriptors estudiats mostren diferents graus d'impacte. No obstant, per a la determinació de l'efecte del submarinisme en cada una de les estacions, i tenint en compte els diferents descriptors, s'han de considerar una sèrie de factors.

- Per una banda, no tots els descriptors o les comunitats estudiades estan a totes les zones (veure Taula 1).
- Tot i que es va procurar establir els transectes en zones de la mateixa fondària i morfologia, en algunes estacions no va ser possible, de manera que aquestes comunitats o bé no estan ben desenvolupades, degut a que no hi ha les hàbitats apropiats, o les zones trobades amb les comunitats òptimes estan allunyades de les zones de busseig.
- Tot i que s'ha demostrat la utilitat de tots els indicadors, s'ha de tenir en compte que les estacions estudiades ja han estat impactades i, per tant, els canvis entre anys no són perceptibles en moltes d'elles. Únicament serien esperables canvis positius si es redueix la pressió de freqüentació.
- En aquest sentit, la zona del Medallot i les estacions no freqüentades i de referència ens serveixen com a control de l'estat de les poblacions, i també de la capacitat de recuperació de comunitats no impactades.
- Pel que fa a briozous, la majoria d'estacions mostren densitats molt baixes, així que seria recomanable no seguir, com a mínim anualment, algunes de les estacions dins les illes Medes, a més de desenvolupar i seguir-hi altres descriptors més adequats.
- Pel que fa a les gorgònies, la lenta dinàmica poblacional d'aquesta espècie únicament permet considerar canvis significatius en les taxes de mortalitat i reclutament a partir de 4 ó 5 anys i, per tant, el període estudiat no ens permet detectar canvis en les densitats i estructures de talles a curt termini. A més, degut a la important mortalitat produïda pels efectes de l'anomalia tèrmica positiva d'enguany, juntament amb el desenvolupament de l'alga *Acinetospora crinita* que ha arribat a cobrir la majoria de estacions amb gorgònies durant 3-4 mesos, emmascaren encara més la potencial mortalitat per erosió causada pels bussejadors.
- Pel que fa a les comunitats de coves, en aquest estudi s'ha mesurat la cobertura de les cambres d'aire com a indicador de l'efecte dels submarinistes. Això no vol dir que aquest sigui l'únic impacte sobre aquestes comunitats, ja que l'aire, encara que no s'acumuli, sí que pot pertorbar de forma no letal als organismes. Tampoc s'ha analitzat en detall l'efecte de l'erosió sobre els organismes dels fons i les parets, que probablement són molt superiors que en altres zones, ja que el confinament de les coves obliga a que tots els submarinistes a fer el mateix recorregut. Conseqüentment, el poc espai disponible redueix la seva capacitat de moviment, i el nombre de submarinistes que les freqüenten simultàniament fa que un hi hagi major nombre d'impactes involuntaris sobre el fons. És per aquest motiu que pensem que determinar l'erosió del fons és també un molt bon descriptor de l'efecte dels submarinistes, i que s'hauria d'incorporar en el

seguiment, prioritzant-lo davant de l'acumulació d'aire al sostre. Pensem que els nivells d'impacte detectables continuaran estables al llarg del temps mentre no es redueixi o es prohibeixi totalment el busseig en algunes de les coves estudiades.

- Les comunitats de coves, degut a la seva dinàmica lenta, derivada de l'ambient poc il·luminat i confinat, necessiten molt de temps per recuperar-se, probablement dècades.

Així doncs, per determinar l'efecte dels submarinistes en cada una de les zones de busseig, s'han de considerar diferents indicadors, a ser possible, més d'un en algunes zones i en d'altres el que estigui dins del recorregut dels bussejadors. En el cas de les estacions on sigui possible seguir més d'un indicador, s'haurien de considerar els que han patit un impacte, tot i que l'altre o els altres no en mostrin.

A més, el comportament dels submarinistes no és homogeni al voltant del punt d'immersió on es troba la boia, sinó que els submarinistes tendeixen a anar a punts concrets per a ser visitats, com les parets de gorgònies, o coves, pel que en aquestes comunitats és on s'ha de focalitzar el control de l'impacte dels submarinistes, donat que són les zones més freqüentades, i alhora les més fràgils.

D'aquesta manera, es fa una diagnosi punt per punt, tenint en compte aquestes consideracions:

El Guix

Aquesta estació l'any 2017 ha estat visitada amb un total de 2.804 immersions, totes provinents de centres d'immersió, 636 menys que l'any 2016. Amb la nova proposta de decret de pel qual es modifica el Pla rector d'ús i gestió de l'àrea protegida de les illes Medes, aprovat pel Decret 222/2008, d'11 de novembre, es preveu que aquesta zona sigui visitada per 6.136 submarinistes.

En aquesta estació s'han monitoritzat les poblacions de briozous i gorgònies com a indicadores de l'impacte del submarinisme.

Briozous

En aquesta estació, les abundàncies de briozous han estat molt baixes (no s'ha trobat cap colònia de *Pentapora fascialis*, i les densitats de *Myriapora truncata* han estat molt baixes), seguint la tendència observada des de la primavera de 2016.

Aquestes densitats, igual que les trobades en la resta de punts mostrejats (veure comentaris a cada estació), són molt baixes si les comparem amb les mateixes zones estudiades a la dècada dels 90 (3,6 individus/m² al Guix), o amb estacions no freqüentades sense impacte. Alguns exemples en serien la zona de Cap Castell, o les pedres aïllades del Salpatxot (valors obtinguts en estudis recents en aquesta mateixa àrea (7,2 i 8,0 individus/m², respectivament).

Pel que fa a les poblacions de briozous, l'estació del Guix està molt lluny de mostrar signes de recuperació.

Gorgònies

Les diferències entre els controls de 2016 i 2017 pel que fa a la densitat no han estat significatives. No obstant, sí que s'ha detectat una forta mortalitat degut a al canvi climàtic (l'augment de temperatura i el creixement d'algues filamentoses), ja que la població del Guix ja va presentar un nombre molt elevat de colònies amb signes de mortalitat (65%) més elevat inclús que l'enregistrat l'any anterior (47%), amb una mitjana propera al 26 % de superfície epibiotada per colònia respecte un 8% de l'any passat, i una mitjana de superfície necrosada amb un 4%.

Aquesta estació mereix una especial atenció, ja que mostra una caiguda de densitat destacable i uns percentatges d'afectació molt elevats.

Diagnosi

Aquesta estació mostra un impacte degut a la freqüentació de submarinistes pel que fa a l'indicador de briozous, ja que mostra densitats molt baixes, i sense signes de recuperació, tot i presentar un nombre de submarinistes registrats el 2017 (2.804) d'aproximadament la meitat dels previstos amb el nou pla. A més, la forta afectació de la mortalitat de gorgònies, ja acumulada des d'anys anteriors, fa que aquesta estació tingui una nova situació més sensible, ja que l'afectació per la freqüentació pot ser més severa en les poblacions ja afectades per la mortalitat per canvi climàtic. L'indicador que dóna més informació és el de gorgònies i, per tant, es recomana mantenir aquest descriptor mentre que el de briozous no aporta massa informació si no es redueix el busseig.

Es per això que es recomana **reduir la freqüentació de submarinistes** en aquesta zona per sota dels valors registrats el 2016.

Salpatxot

Aquesta estació ha estat visitada per 3.638 submarinistes provinents de centres i 71 de particulars, menys que l'any 2016, amb 4.196 submarinistes provinents de centres i 43 particulars.

Amb la nova Ordre AAM/112/2015 de modificació del pla rector d'ús i gestió de l'àrea protegida de les illes Medes, es preveu que aquesta zona sigui visitada per 6.136 submarinistes.

En aquesta estació només s'han monitoritzat les poblacions de briozous com a indicadores de l'impacte del submarinisme.

Briozous

La densitat de *P. fascialis* ha disminuït progressivament des de l'any 2016 fins a valors pràcticament nuls (0,25 ind/m²), tot i que les poblacions de *M. truncata* es mantenen estables (1 ind/m²).

Els valors de densitat són molt baixos si els comparem amb les mateixes zones estudiades a la dècada dels anys 90 (veure comentaris a l'apartat de la zona del Guix). Lluny de mostrar cap signe de recuperació, les poblacions de briozous segueixen disminuint a l'estació del Salpatxot.

Diagnosi

Tot i que el nombre de submarinistes registrats el 2017 ha baixat respecte el 2016, aquesta estació mostra un fort impacte degut a la freqüentació d'aquests pel que fa a l'indicador de briozous, ja que mostra densitats molt baixes, i sense signes de recuperació. Caldrà veure si, continuant amb els elevats valors de nivell de busseig, realment es detecta una recuperació en aquesta estació o si 3.000 bussejadors per any ja és un llinar que impedeix veure aquesta millora.

Es per això que es recomana **reduir la freqüentació de submarinistes** en aquesta zona per sota dels valors registrats el 2016.

Pedra de Déu

Aquesta és una de les estacions que presenta valors més elevats de bussejadors, sent 5.121 l'any 2017, 4.929 provinents de centres i 192 particulars. Amb la nova proposta de decret de pel qual es modifica el Pla rector d'ús i gestió de l'àrea protegida de les illes Medes, aprovat pel Decret 222/2008, d'11 de novembre, es preveu que aquesta zona sigui visitada per 5.687 submarinistes.

En aquesta estació s'han monitoritzat les poblacions de briozous i gorgònies com a indicadores de l'impacte del submarinisme.

Briozous

La densitat de les poblacions de *P. fascialis* en aquesta estació s'ha mantingut molt baixa respecte l'any anterior, sense cap signe de recuperació. Les poblacions de *M. truncata* es mantenen en densitat relativament elevades, tot i que no s'ha trobat cap colònia amb un grau d'exposició elevat, i totes les presents estaven resguardades, indicant que les colònies més exposades a l'erosió no estan presents.

Gorgònies

La densitat de gorgònia vermella d'aquesta estació no ha variat respecte l'any anterior. En aquesta estació s'ha detectat una forta mortalitat degut a l'escalfament de l'aigua ja que es va detectar que el 36% de les colònies estaven afectades per necrosi, ja sigui per mortalitat antiga (47%) o nova (37%), amb una mitjana d'un 15% de la seva superfície epibiotada i un 5% de superfície morta.

Aquesta estació mereix una especial atenció, ja que mostra una caiguda de densitat destacable i uns percentatges d'afectació molt elevats.

Diagnosi

Aquesta estació mostra un fort impacte degut a la freqüentació de submarinistes pel que fa a l'indicador de briozous, ja que mostra densitats molt baixes, i sense signes de recuperació amb el nombre de submarinistes registrats el 2017 (5.121), lleugerament per sota dels previstos amb el nou pla. La forta afectació de la mortalitat de gorgònies fa que aquesta estació tingui una nova situació més sensible, ja que l'impacte per la freqüentació pot ser més severa en les poblacions ja malmeses per la mortalitat per canvi climàtic.

És per això que es recomana **reduir la freqüentació de submarinistes** en aquesta zona, per sota dels valors registrats el 2017.

Pota del Llop

L'any 2017 l'estació de Pota del Llop ha estat visitada per 2.265 submarinistes, 2.237 procedents de centres d'immersió i 28 particulars, 227 més que l'any 2016 (amb 2.038 visites de centres i 51 de particulars). Amb la nova proposta de decret pel qual es modifica el Pla rector d'ús i gestió de l'àrea protegida de les illes Medes, aprovat pel Decret 222/2008, d'11 de novembre, es preveu que aquesta zona sigui visitada per 2.939 submarinistes.

En aquesta estació s'han monitoritzat les poblacions de briozous i gorgònies com a indicadors de l'impacte del submarinisme.

Briozous

Les densitats observades el 2017 en aquesta estació són pràcticament nul·les, amb valors molt inferiors als enregistrats l'any anterior, i especialment respecte els enregistrats el juliol de 2016, quan hi va haver una disminució en les densitats que s'ha mantingut fins a l'actualitat, sense cap signe de recuperació.

En aquesta estació no s'han observat colònies de *M. truncata* en cap dels censos efectuats en el marc del seguiment.

Gorgònies

La densitat de colònies de *P. clavata* a la població de Pota del Llop d'enguany va ser d'unes 26 colònies/m², un valor molt semblant al de 2016, no presentant així diferències significatives. L'estructura de talles tampoc mostra cap variació respecte l'any anterior.

No obstant, en aquesta població ha augmentat el nombre de colònies afectades, passant d'un 11% al 2016 a un 23% aquest any, amb un elevat nombre de colònies amb mortalitat antiga (31%) i/o amb mortalitat nova (20%), i una superfície mitja epibiotada de l'11%, i una superfície necrosada al voltant d'un 4%.

Diagnosi

Aquesta estació mostra un fort impacte degut a la freqüentació de submarinistes pel que fa a l'indicador de briozous, ja que mostra densitats molt baixes després d'una disminució continuada i sense cap signe de recuperació, essent les colònies més exposades (i les més sensibles als efectes de l'erosió) les que han desaparegut.

La forta afectació de la mortalitat de gorgònies fa que aquesta estació tingui una nova situació més sensible, ja que l'afectació per la freqüentació pot ser més severa en les poblacions ja afectades per la mortalitat per canvi climàtic.

Es per això que es recomana **reduir la freqüentació de submarinistes** en aquesta zona per sota dels valors registrats el 2017.

Cova de la Vaca

El transecte d'aquesta estació està situat entre dues boies d'immersió i aquest fet fa que sigui una de les boies més visitades pels submarinistes. Enguany la xifra de submarinistes ha estat de 7.994, 7.714 submarinistes de centres i 280 particulars, i s'ha mantingut pràcticament igual respecte l'any passat, amb 8.001 visites (7.722 submarinistes provinents de centres d'immersió i 279 particulars).

Amb la nova proposta de decret pel qual es modifica el Pla rector d'ús i gestió de l'àrea protegida de les illes Medes, aprovat pel Decret 222/2008, d'11 de novembre, es preveu que aquesta zona sigui visitada per 8.451 submarinistes.

En aquesta estació s'ha fet el control de les comunitats de briozous, gorgònies i coves com a indicadores de l'impacte del submarinisme.

La densitat de colònies de briozous en aquesta estació ha seguit disminuint molt significativament des de l'inici del seguiment, fins al punt en que enguany no s'ha pogut observar cap colònia, fet que mostra que les poblacions han disminuït molt, i no mostren cap signe de recuperació.

Gorgònies

L'estació de gorgònies enguany ha canviat respecte a l'estació del 2016, fet pel que no es pot comparar amb les dades de l'any anterior, doncs s'ha triat una zona on hi ha una major afluència de submarinistes. No obstant, l'anàlisi d'aquesta població mostra una estructura de talles unimodal amb dominància d'individus de talles mitjanes, sense individus de talles grans. Aquesta és l'estació on menys impacte ha tingut l'esdeveniment de mortalitat degut a l'episodi d'anomalia tèrmica d'enguany, ja que de totes les colònies un 12% presentaven signes de mortalitat antiga (epibiosi) i/o un 8% de mortalitat recent, amb una mitjana propera al 3% de superfície epibiotada i un 1% de superfície necrosada. Això fa que sigui la població on les colònies presenten menys superfície afectada i, per tant, un bon estat de conservació.

Coves

La cova del Malpàs mostra un elevat percentatge de la superfície del sostre afectada per l'acumulació de bombolles d'aire provinents dels submarinistes, 3,89%, amb un percentatge de zones totalment mortes de l'1,61%

La cova de la Vaca presenta un 2,5% de la superfície amb acumulació d'aire, amb un 0,39% d'organismes morts.

La inspecció visual del fons de la cova, ha mostrat un any més que la superfície de les roques mostraven clars signes d'erosió, i hi havia restes d'organismes, com esponges, gorgònies i altres espècies d'antozous que havien estat arrencats del sostre o les parets de la cova.

Diagnosi

Aquesta estació mostra un fort impacte degut a la freqüentació de submarinistes pel que fa a l'indicador de briozous, ja que presenta densitats molt baixes, amb la total desaparició de les colònies comptabilitzades el 2016.

A més, la falta de colònies grans de *P. clavata*, indica que aquesta es una població ja afectada pel submarinisme, i que els nivells de busseig no permeten a les colònies arribar a les talles més grans habituals en zones on hi ha una intensitat de busseig menor. Donat la baixa incidència de la mortalitat per temperatura i *Acinetospora* en aquesta estació, es recomana reduir els impactes que siguin gestionables, com el busseig, per tractar de garantir aquest bon estat de salut. L'elevat grau de mortalitat en les gorgònies d'aquesta estació, fa que tingui una nova situació més sensible, ja que l'afectació per la freqüentació pot ser més severa en les poblacions ja afectades per la mortalitat per canvi climàtic.

El descriptor de les comunitats de coves, mostra una vegada més un clar efecte de l'impacte dels submarinistes en aquestes comunitats, ja sigui per l'acumulació d'aire sobre al sostre, com per l'erosió del fons de la cova.

És per això que es recomana **reduir la freqüentació de submarinistes** en aquesta zona, per sota dels valors registrats el 2017. Donat que no s'ha trobat cap briozous i que els indicadors de gorgònies i coves són prou informatius per aquesta zona, es recomana deixar el seguiment anual dels briozous almenys temporalment.

Cova de la Reina

Aquest any la Cova de la Reina ha estat visitada per 1.621 submarinistes tots provinents de centres d'immersió, un nombre inferior en comparació amb el 2016, que va tenir 2.007 immersions, també totes de centres d'immersió.

Amb la nova proposta de decret de pel qual es modifica el Pla rector d'ús i gestió de l'àrea protegida de les illes Medes, aprovat pel Decret 222/2008, d'11 de novembre, es preveu que aquesta zona sigui visitada per 2.390 submarinistes.

Aquesta estació s'ha monitoritzat les poblacions de briozous com a indicadores de l'impacte del submarinisme.

Briozous

En aquesta estació el transecte d'aquest any no és el mateix que el de l'any passat, tot i que els valors de densitat segueixen sent molt baixos, amb totes les colònies de *P. fascialis* de mida petita, ja sigui exposades o epífites sobre gorgònia blanca, i sense que s'hagi comptabilitzat cap colònia de *M. truncata*.

Diagnosi

En aquesta estació, els descriptors utilitzats no ens permeten detectar un impacte del submarinisme.

És per això que en aquesta estació es recomana **mantenir el nombre de submarinistes** fins que es determini si les poblacions de briozous es recuperen.

A més, es recomana substituir l'indicador de briozous per altres **descriptors en comunitats més vulnerables**, com el corall vermell, que és abundant a la zona d'extraplom situada a la zona Nord de la boia, que per la seva disposició poden ser molt vulnerables a l'efecte de la freqüentació dels submarinistes.

Cova del Dofí, Túnel del Dofí i Cova dels Misidacis

Tot i que en aquesta localitat hi ha dues boies, C7a i C7b, i en les que s'han estudiat diferents paràmetres, es podria considerar una mateixa estació, ja que la majoria de submarinistes fan el mateix recorregut travessant la cova del Dofí i el túnel del Dofí, i ocasionalment visitant la cova dels Misidacis.

Aquesta estació ha estat visitada l'any 2017 per 6.948 submarinistes, 5.463 provinents de la boia Dofí Nord (5.404 provinent de centres d'immersió i 157 particulars) i 1.634 provinents de la boia Dofí Sud (1.544 provinent de centres d'immersió i 90 particulars).

Amb la nova proposta de decret de pel qual es modifica el Pla rector d'ús i gestió de l'àrea protegida de les illes Medes, aprovat pel Decret 222/2008, d'11 de novembre, es preveu que aquesta zona sigui visitada per 8.533 submarinistes.

En aquesta estació s'ha monitoritzat les poblacions de briozous i les comunitats de coves com a indicadores de l'impacte del submarinisme.

Briozous

Les densitats d'aquesta estació han baixat de forma sostinguda des del primer control, el juliol de 2016, fins a l'actualitat, amb només dues colònies observades, i sense que mostri cap signe de recuperació. Les densitats de *M. truncata* en aquesta estació sempre han estat baixes, tot i que enguany també trobem el valor mínim observat, amb només una colònia.

Coves

El túnel del Dofí i la cova del Dofí, tal com es va observar l'any passat, mostra un elevat percentatge de superfície de sostre afectada per l'acumulació de bolles d'aire derivades de la respiració dels submarinistes (amb un 7,72% i 1,62% de superfície respectivament). Per altra banda, la cova dels Misidacis és la que menor percentatge de superfície afectada mostra, amb un 1,44%. El túnel del Dofí és la que presenta un major grau d'afectació, probablement perquè és la cova que rep més visites i probablement està més confinada. Tal com es va mostrar l'informe de 2016, la comparació amb les fotografies preses el 1978, en les que només hi havia un 0,7% d'aire acumulat, i una composició faunística diferent, mostra que aquest efecte es causa directa dels submarinistes.

Però no només s'ha detectat un impacte en els sostres, sinó que també s'ha pogut constatar un fort impacte sobre els fons de la cova del Dofí. La comparació dels fons del túnel del Dofí entre l'any 1978 i el 2016, mostra que, mentre el 1978 els blocs de roca dels fons mostraven una elevada cobertura d'esponges i tunicats, mentre que en les fotografies de 2016 s'observa aquests mateixos blocs totalment denudats, sense organismes que formin estructures tridimensionals sobre el fons. Creiem que aquest impacte és comú a la resta de coves de les illes Medes, ja que en totes s'observa la mateixa tipologia de les comunitats dels fons.

A més, també es va poder observar organismes sèssils de les parets i el sostre arrencats i caiguts a terra, com a conseqüència dels impactes dels submarinistes.

Diagnosi

Pel que fa a la comunitat de briozous, aquesta estació mostra una certa tendència, ja que s'ha observat una disminució de les densitats de les colònies. No obstant, en aquesta estació, la zona

on s'ha instal·lat el transecte per a l'estudi dels briozous, queda força allunyada de les zones d'immersió degut a que no es varen trobar zones més a prop amb els hàbitats idonis.

El descriptor de les comunitats de coves, mostra un efecte molt clar de l'impacte dels submarinistes en aquestes comunitats, amb una forta afectació sobre les comunitats de sostres, i també sobre els fons.

És per això que lluny d'augmentar el nombre de submarinistes es recomana **reduir la freqüentació de submarinistes** en aquesta zona per sota dels valors registrats el 2017.

A més de les coves, i com indicador que pot donar més informació que els briozous **el seguiment del corall vermell**, molt abundant en aquesta zona i en el llocs més visitats pels bussejadors, pot ser un bon indicador per avaluar l'efecte dels submarinistes.

Tascó Gros

L'any 2017 l'estació de Tascó Gros ha estat visitada per 2.953 submarinistes, 2.829 de centres d'immersió i 124 de particulars, 369 menys que el 2016 (que va tenir 3.183 immersions de centres i 139 de particulars). Amb la nova proposta de decret de pel qual es modifica el Pla rector d'ús i gestió de l'àrea protegida de les illes Medes, aprovat pel Decret 222/2008, d'11 de novembre, es preveu que aquesta zona sigui visitada per 4.439 submarinistes.

En aquesta estació s'han monitoritzat les poblacions de briozous i gorgònies com a indicadores de l'impacte del submarinisme.

Briozous

Aquesta estació és la que ha mostrat una davallada més marcada i constant en la densitat de *P. fascialis* des del juliol de 2016, i no mostra cap signe de recuperació.

Gorgònies

La densitat de gorgònia vermella d'aquesta estació no ha variat respecte l'any passat. Enguany, a la població de Tascó Gros, un 32% de les colònies presentaven signes de mortalitat, un percentatge lleugerament superior al de l'any passat (30%). De totes les colònies, un 53% presentaven signes de mortalitat antiga (epibiosi) i/o un 29% de mortalitat recent (necrosi). Aquest patró es manté quan s'observa la superfície afectada per colònia, amb una mitjana propera al 11% de superfície epibiotada, envers un 7% de l'any passat, mentre que presentaven un 3% de superfície necrosada envers un 9% de l'any passat.

Diagnosi

Aquesta estació mostra un fort impacte degut a la freqüentació de submarinistes pel que fa a l'indicador de briozous, ja que mostra una forta disminució de les densitats, i sense cap signe de recuperació.

L'elevat grau de mortalitat de les gorgònies fa que aquesta estació tingui una nova situació més sensible, ja que l'afectació per la freqüentació pot ser més severa en les poblacions ja afectades per la mortalitat per canvi climàtic.

És per això que es recomana **reduir la freqüentació de submarinistes** en aquesta zona per sota dels valors registrats el 2017.

Tascó Petit

Aquesta estació ha sigut visitada per 5.709 submarinistes aquest any 2017, superant l'any passat que en va tenir 5.644, tots provinents de centres d'immersió. Amb la nova proposta de decret de pel qual es modifica el Pla rector d'ús i gestió de l'àrea protegida de les illes Medes, aprovat pel Decret 222/2008, d'11 de novembre, es preveu que aquesta zona sigui visitada per 5.850 submarinistes.

En aquesta estació s'han monitoritzat les poblacions de briozous i gorgònies com a indicadores de l'impacte del submarinisme.

Briozous

Aquesta població al 2016 ja tenia unes densitats molt baixes, amb molt poques colònies que han acabat de desaparèixer el 2017.

Gorgònies

La densitat de gorgònies vermelles d'aquesta estació s'ha mantingut respecte l'any anterior, i manté també una estructura de talles similar, amb presència de colònies grans.

A la població de Tascó Petit enguany un 37% de les colònies presentaven signes de mortalitat, un percentatge significativament superior al de l'any passat (22%). De totes les colònies un 46% presentaven signes de mortalitat antiga (Epibiosi) i/o un 36% de mortalitat recent, amb una mitjana propera al 16% de superfície epibiotada, el doble de l'any passat, mentre que mostraven un 5% de superfície necrosada envers un 2% de l'any passat.

Aquesta estació mereix una especial atenció, ja que, a diferència de la resta d'estacions, l'estructura de talles d'aquesta població mostra un percentatge força elevat de classes de talla gran. Això és degut a que aquesta estació no havia estat molt visitada anteriorment, ja que la posició de l'actual boia es va establir el 2015. Tenint en compte la lenta dinàmica d'aquesta espècie, i el temps necessari per a detectar perturbacions en aquestes poblacions, aquesta serà una estació de referència a seguir en el futur, ja que no ha estat impactada i s'ha començat a visitar recentment. A més, els elevats percentatges d'afectació per la mortalitat per canvi climàtic poden afectar a la seva viabilitat, com la resta d'estacions.

Diagnosi

Aquesta estació mostra un marcat impacte degut a la freqüentació de submarinistes pel que fa a l'indicador de briozous, ja que mostra densitats molt baixes, i una disminució fins a la seva desaparició amb el nombre de submarinistes registrats el 2017. La forta afectació de la mortalitat de gorgònies fa que aquesta estació tingui una nova situació més sensible, ja que l'impacte de la freqüentació pot ser més severa en les poblacions ja malmeses per la mortalitat per canvi climàtic.

És per això que es recomana **reduir la freqüentació de submarinistes** en aquesta zona per sota dels valors registrats el 2017. Donada la baixa abundància de les dues espècies de briozous detectada sempre en aquesta zona, es recomana no seguir anualment aquest descriptor doncs no ens aporta informació rellevant any a any.

Carall Bernat

L'estació de Carall Bernat ha estat la més visitada per submarinistes aquest any 2017 amb 5.852 submarinistes, 5.533 provinents de centres d'immersió i 319 de particulars. Tot i això també ha disminuït respecte l'any passat, que va tenir 5739 immersions de centres i 383 de particulars. Amb la nova proposta de decret de pel qual es modifica el Pla rector d'ús i gestió de l'àrea protegida de les illes Medes, aprovat pel Decret 222/2008, d'11 de novembre, es preveu que aquesta zona sigui visitada per 6.591 submarinistes.

En aquesta estació s'han monitoritzat les poblacions de briozous i gorgònies com a indicadores de l'impacte del submarinisme.

Briozous

Aquest any no s'ha trobat cap colònia de briozous a l'estació de Carall Bernat, fet que confirma la davallada continua observada des de juliol de 2016.

Gorgònies

La densitat de gorgònia vermella d'aquesta estació no ha variat entre 2016 i 2017, amb una estructura de talles unimodal amb dominància d'individus de talles mitjanes (entre 10 i 30 cm), i amb un nombre relativament elevat de colònies de talles petites.

A la població del Carall Bernat enguany un 43% de les colònies presentaven signes de mortalitat lleugerament superior al de l'any passat (31%), de les quals un 67% presentaven signes de mortalitat antiga (epibiosi) i/o un 40% mostraven signes de mortalitat recent, amb una superfície epibiotada mitjana propera al 13%, respecte un 4% de l'any passat, i un 5% de superfície necrosada respecte un 9% de l'any passat.

Diagnosi

Aquesta estació mostra un marcat impacte degut a la freqüentació de submarinistes pel que fa a l'indicador de briozous, ja que mostra densitats molt baixes i cap signe de recuperació. La mortalitat de les gorgònies fa que aquesta estació tingui una nova situació més sensible, ja que l'afectació per la freqüentació pot ser més severa en les poblacions ja afectades per la mortalitat per canvi climàtic.

És per això que es recomana **reduir la freqüentació de submarinistes** en aquesta zona per sota dels valors registrats el 2017. Donada la baixa abundància de les dues espècies de briozous detectada sempre en aquesta zona, es recomana no seguir anualment aquest descriptor, doncs no ens aporta informació rellevant any a any.

Ferranelles

Aquest transecte es troba entre les dues boies dels centres d'immersió i, per tant, els valors dels bussejadors s'han sumat, fent un total de 9.744 immersions per part de centres i 274 de particulars. Ha disminuït una mica respecte l'any passat, que va tenir un total de 9.675 visites de centres i 278 de particulars. Amb la nova proposta de decret de pel qual es modifica el Pla rector d'ús i gestió de l'àrea protegida de les illes Medes, aprovat pel Decret 222/2008, d'11 de novembre, es preveu que aquesta zona sigui visitada per 11.000 submarinistes.

En aquesta estació s'han monitoritzat les poblacions de briozous com a indicadores de l'impacte del submarinisme.

Briozous

En aquesta estació, les abundàncies de de *P. fascialis* han estat pràcticament nul·les. La densitat de les colònies de *M. truncata* ha estat molt elevada, tot i que la majoria de colònies es trobaven en zones amagades o extraplomades.

Diagnosi

Amb els elements actuals analitzats, no tenim indicadors que mostrin o bé una disminució o una recuperació de l'estat de les comunitats d'aquesta estació.

És per això que es recomana **mantenir la freqüentació de submarinistes** amb els valors registrats el 2016.

No obstant, creiem que la zona on s'ha instal·lat el transecte per a l'estudi dels briozous, queda força allunyada de les zones d'immersió degut a que no es varen trobar zones més a prop amb els hàbitats idonis. És per això que es recomana **buscar nous descriptors** que ens proporcionin més informació sobre l'evolució i l'estat de les comunitats en aquesta zona.

Medallot

Aquesta estació, amb la nova proposta de gestió ha estat declarada zona de reserva integral, fet que ha permès establir per a primera vegada una zona de control que servirà com a referència de zona no impactada per els submarinistes.

Briozous

Les poblacions de *P. fascialis* en aquesta estació han mostrat una lleugera disminució continuada des de els primers controls l'any 2015, probablement degut als efectes de les elevades temperatures, i la proliferació d'algues filamentoses. Tot i aquesta petita baixada, les densitats segueixen sent elevades, lluny dels valors pràcticament nuls de la resta d'estacions freqüentades, fet que mostra que aquestes densitats tan baixes trobades no només són efecte de causes naturals que han afectat a les poblacions del Medallot.

Gorgònies

La densitat de gorgònia vermella d'aquesta estació es mantenen respecte l'any passat, amb una estructura de talles d'aquesta estació dominada per una major representació de les classes mitjanes, entre 10 i 30 cm d'alçada, i amb individus de talla gran.

La mortalitat d'aquests organismes també ha afectat a aquesta població, passant d'un 30% el 2016 a gairebé un 60% el 2017, amb un elevat nombre de colònies afectades per mortalitat antiga (63%) i/o per mortalitat recent (35%), una superfície mitja afectada per colònia de prop del 20 % de superfície epibiotada respecte un 10% de l'any passat, i una mitjana de superfície necrosada amb un 5%, molt similar a la de l'any anterior.

Diagnosi

S'ha de tenir en compte que aquesta reserva integral va començar el 2015 després de molts anys d'haver estat freqüentada. Això implica que no s'ha de tenir com a referència de zona no impactada, ja que ho va estar fins l'any passat, de manera que els paràmetres actuals analitzats són molt similars al de les altres estacions, fet que indica que està igual de pertorbada que la resta, i no a la inversa (que la resta d'estacions estan en bon estat com a una reserva integral sense impacte).

Aquesta estació ens servirà sens dubte per a observar quina és la capacitat de recuperació de les poblacions després d'haver estat impactades, de forma que en els propers anys ens pot proporcionar indicadors sobre la recuperació de les poblacions no només de briozous i gorgònies, sinó d'altres comunitats i espècies, a resta d'estacions que sí estan visitades.

Per tant, recomanem **mantenir aquesta estació tancada a les visites.**

Taula 3. Taula resum amb el nombre de submarinistes enregistrats el 2017, els resultats obtinguts per a cada descriptor estudiat, diagnosi del seguiment de cada indicador estudiat a cada estació, la recomanació per a la gestió del busseig l'any 2018, i els descriptors recomanats per avaluar l'estat de cada estació.

Estació	Immersiones 2017	Briozous	Gorgònies	Coves	Recomanacions	Descriptors recomanats
El Guix	2.804	No recuperació	Necrosi i Epibiosi	-	Reduir el nombre	Gorgònies
El Salpatxot	3.638	No recuperació	-	-	Reduir el nombre	Briozous
Pedra de Déu	5.121	No recuperació	Necrosi i Epibiosi	-	Reduir el nombre	Gorgònies i Briozous
Pota del Llop	2.265	No recuperació	Necrosi i Epibiosi	-	Reduir el nombre	Gorgònies i Briozous
Cova de la Vaca	7.994	Regressió	Poques talles grans	Regressió	Reduir el nombre	Gorgònies i Coves
Cova Reina	1.621	No recuperació	-	-	Mantenir el nombre	Corall
Dofí i Misidacis	6.948	Regressió	-	Regressió	Reduir el nombre	Coves i Corall
Tascó Gros	2.953	Regressió	Es mantenen els nivells	-	Reduir el nombre	Gorgònies i Briozous
Tascó Petit	5.709	Regressió	Necrosi/Epibiosi	-	Reduir el nombre	Gorgònies
Carall Bernat	5.852	Regressió	Necrosi/Epibiosi	-	Reduir el nombre	Gorgònies
Ferranelles	10.018	No recuperació	-	-	Mantenir el nombre	Buscar nous descriptors
Medallot	0	No recuperació	Necrosi/Epibiosi	-	Mantenir tancat a les visites	Gorgònies i Briozous