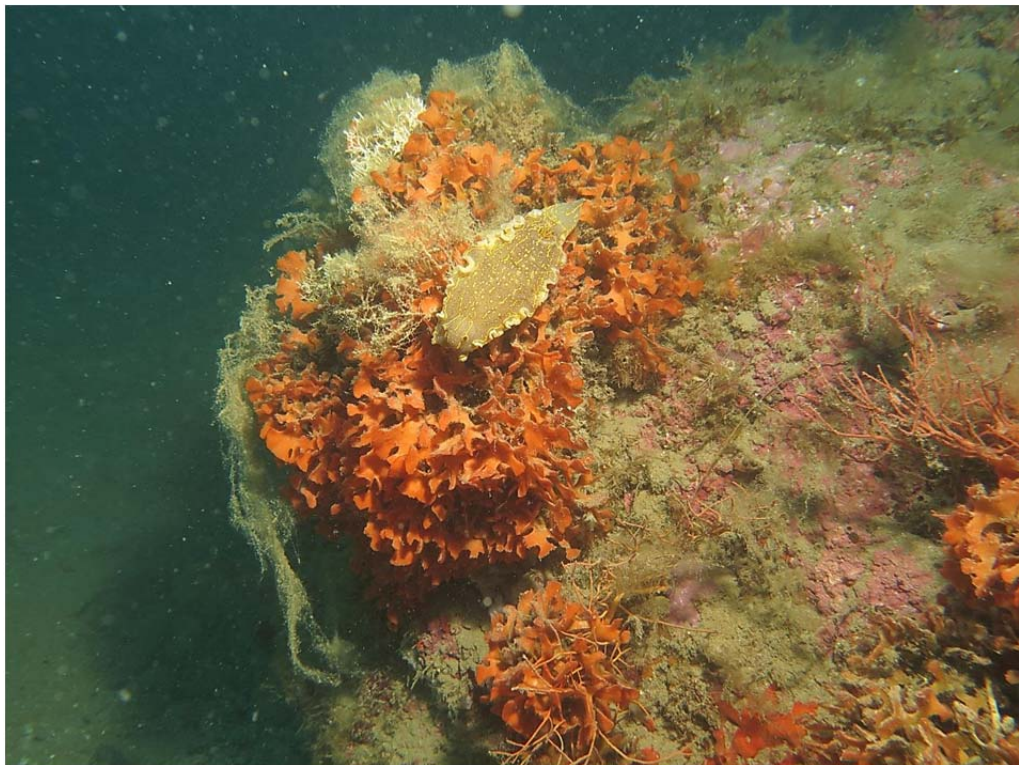




Parc Natural
**del Montgrí, les Illes Medes
i el Baix Ter**

Estudi realitzat per la Universitat de
Barcelona per encàrrec del Parc Natural del
Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter

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.



Universitat de Barcelona



Gestió i direcció del projecte

- Bernat Hereu Fina¹

Investigadors involucrats

- Eneko Aspillaga Cuevas ¹
- Pol Capdevila Lanzaco ¹
- Cristina Linares Prats¹
- Marta Pagès Escolà¹

¹ Departament d'Ecologia, Universitat de Barcelona, Av. Diagonal 643, 08028 Barcelona

Citar com:

Hereu B, Aspillaga E, Capdevila P, Linares C, 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.

PRESENTACIÓ

Aquesta memòria presenta els resultats del grup de treball del Departament d'Ecologia de la UB respecte a l'estudi de les comunitats de briozous de la Reserva Marina de les Illes Medes amb l'objectiu d'avaluar l'estat de conservació de les comunitats bentòniques, i els impactes causats per la freqüentació de submarinistes, desenvolupar una metodologia adaptada a aquests objectius, i establir un punt de control per a posteriors controls sobre les poblacions estudiades per a testar els efectes de la gestió de la freqüentació a la reserva, així com detectar altres situacions de risc pel patrimoni natural com podrien ser les espècies introduïdes o invasores o bé els possibles efectes del canvi climàtic.

INTRODUCCIÓ

La Generalitat de Catalunya disposa d'una xarxa d'espais marins protegits que es beneficien de mesures de gestió específicament orientades a la conservació del seu patrimoni natural i de la seva diversitat biològica. Les àrees marines protegides han despertat recentment gran interès arreu del món com eines de gestió capaces de fer front a la degradació creixent dels ecosistemes litorals. Tanmateix, es tracta d'experiències relativament recents (sobretot per la dinàmica de les espècies més longeves) com per saber quins són els límits del que podem esperar dels espais marins protegits, i la millor forma de regular-ne els usos. El principi general és el de realitzar una gestió adaptativa que implica l'avaluació periòdica d'aquest patrimoni per a determinar l'efecte de les mesures endegades en la seva evolució. Aquest és el principal objectiu del projecte d'estudi de les comunitats de briozous del Montgrí i les illes Medes.

El Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter constitueix un espai singulars dels ecosistemes de la Mediterrània occidental, i ha esdevingut unes de les reserves marines més extraordinàries del litoral mediterrani. Tant es així, que ha esdevingut un atractiu turístic de primer ordre, l'efecte dels quals ha tingut cada cop un pes més important sobre l'economia de la zona, fins al punt de prioritzar-se moltes vegades sobre la protecció del medi natural. La conservació, i encara millor, l'ampliació del patrimoni natural de la Reserva, han esdevingut un objectiu molt important no sols des d'una perspectiva conservacionista, sinó també des d'una perspectiva econòmica.

Precisament és en aquesta intensitat d'ús i en el nostre desconeixement del comportament dels ecosistemes marins enfront d'una situació parella on rau el principal perill de degradació del patrimoni natural d'aquests espais. En aquest sentit, les mesures de gestió de la reserva han d'anar dirigides a compatibilitzar la conservació dels hàbitats marins de la reserva amb les activitats que s'hi desenvolupen.

Les mesures de protecció en aquestes illes van començar el 1983, amb una Ordre de la Generalitat de Catalunya que establia la Reserva Marina de les Illes Medes, que comportava restringir l'activitat. El 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 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 comprén les illes Medes, on no és permes cap tipus de pesca.

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 2 (ORDRE AAM/112/2015, de 30 d'abril, per la qual es modifiquen els annexos 1 i 6 del document normatiu del Pla rector d'ús i gestió de l'àrea protegida de les illes Medes, aprovat pel Decret 222/2008, d'11 de novembre).

El turisme de submarinisme és una de les major formes d'ús comercial de les àrees marines protegides en tot el món (Rouphael i Inglis 2001, Lloret et al., 2006; Parsons i Thur, 2007). Així mateix, un augment en l'interès per la natura, la conservació i els problemes ambientals han augmentat la popularitat en el submarinisme en aquestes àrees (Barker i Roberts 2004, Hawkins et al. 2005; Di Franco et al., 2009). 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).

Així mateix, els guanys econòmics obtinguts d'aquesta activitat són molt grans. A la Reserva de les Illes Medes, els guanys són de 7 milions i mig anuals (incloent altres activitats marines, com snorkel i caiac, que representen un petit percentatge del total) (Hereu i Quintana, 2012). Així mateix, aquesta activitat presenta alt rendiment econòmic, fet que obstaculitza una protecció completa i efectiva d'aquestes comunitats.

Els submarinistes poden afectar als organismes d'una forma intencionada o accidentalment. El dany es pot produir per contacte directe amb els organismes marins (amb el cos o amb l'equipament), 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 corall i altres 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; Luna et al., 2009), comparant l'estat de l'ecosistema entre zones freqüentades i no freqüentades i al llarg del temps (Hawkins i Roberts 1992, Garrabou et al 1996, Coma et al., 2004; Luna-Pérez et al., 2010; De la Nuez-Hernández, 2014). Però 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 repetitivitat), 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 et al. 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 (Dixon et al., 1993; Harriot et al., 1997, Hawkins et al., 1999, Tratalos i Austin, 2001; Rouphael i Inglis 2001; Barker i Roberts 2004, Parsons i Thur, 2008; Dearden et al., 2010), han utilitzat espècies de coralls, ja que són espècies enginyeres, amb una estructura calcària fràgil i sensible a les pertorbacions físiques causades pels submarinistes.

A la Mediterrània, les comunitats més sensibles a les pertorbacions causades pels submarinistes són les comunitats medio i circalitorals, com les comunitats esciòfiles i el coral·ligen, ja que estan dominades per organismes sèssils amb un alt component estructural i, per tant molt fràgils a les pertorbacions físiques, i concretament pel busseig (Ballesteros 2006, Sala et al. 1996; Lloret et al. 2006). Així, s'han utilitzat les gorgònies (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.

D'aquestes, els briozous han mostrat ser un bon indicador de l'impacte del busseig, degut a la seva composició calcària d'elevada fragilitat, i que són sotmesos a trencaments i abrasions que produeixen una disminució de la densitat i mides de les colònies (Sala et al. 1996, Garrabou et al., 1998; García-Charton et al., 2005; Ballesteros 2006).

Aquest estudi, per encàrrec de la direcció del Parc Natural del Montgrí, Illes Medes i Baix Ter, té com a objectiu determinar l'efecte dels submarinistes sobre les comunitats bentòniques mitjançant la caracterització de les poblacions de briozous com a indicadors dels impactes produïts per la pràctica del submarinisme a la Reserva Marina de les Illes Medes. Els resultats d'aquest informe, a més de avaluar l'estat actual d'aquestes poblacions i comunitats, s'afegiran a la sèrie temporal per a conèixer-ne la seva evolució, i així poder realitzar una diagnosi per a la gestió i conservació de les comunitats bentòniques marines de la reserva.

MATERIAL I MÈTODES

Aquest estudi s'ha dut a terme mitjançant el mostreig in situ, en transectes fixes situats a diverses localitats de les Illes Medes i la costa del Montgrí, considerant la freqüentació de submarinistes. A més, es va seleccionar una localitat de referència a la costa del Montgrí (Cap Castell), ja que a les Illes Medes no s'ha trobat cap zona no freqüentada (Figura 1).

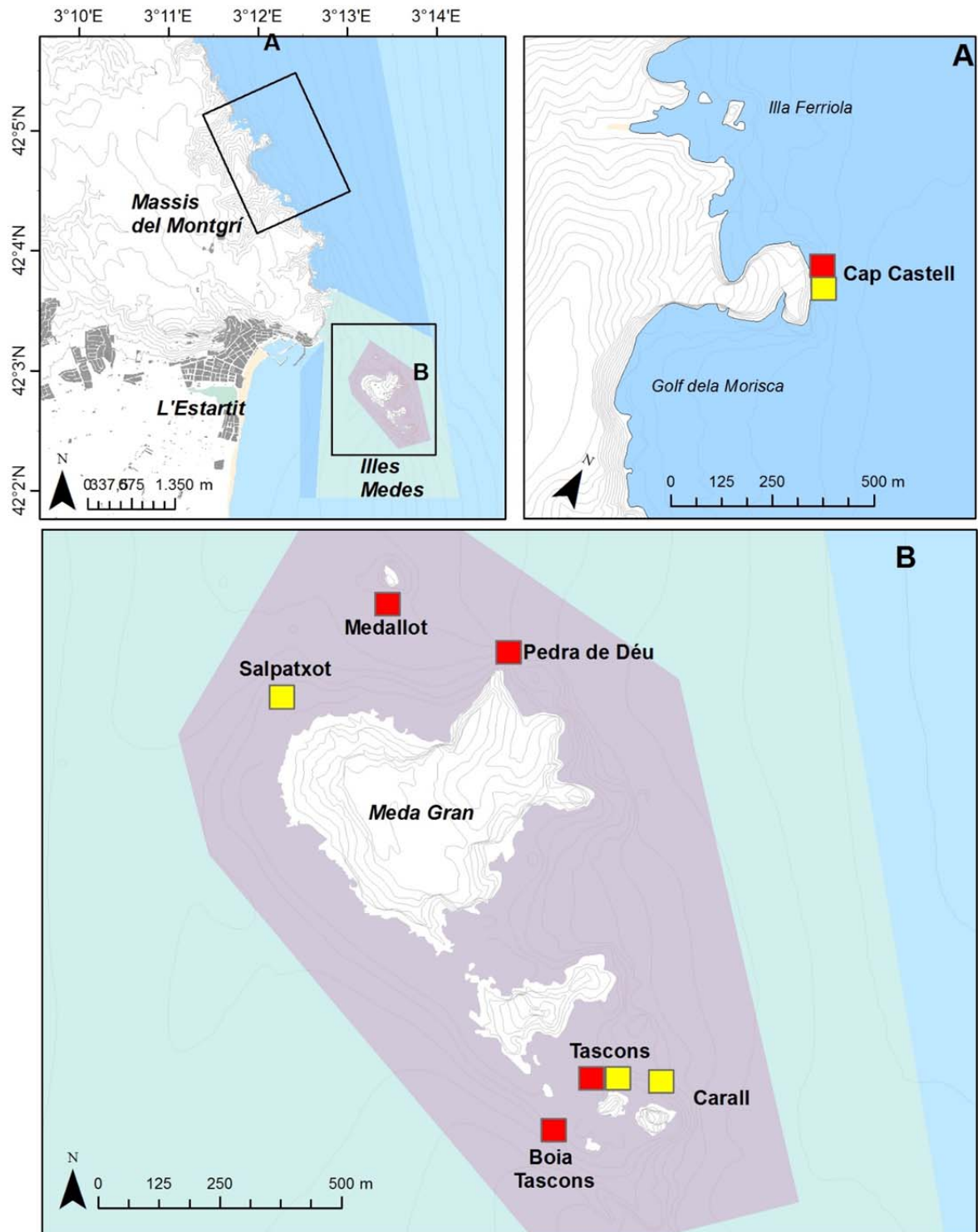


Figura 1- Localització de les estacions de les poblacions de briozous estudiades al Parc Natural de Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Els colors indiquen els diferents tipus de comunitat: fons pla (groc) i parets verticals (vermell). Les coordenades es donen en UTM fus 31, utilitzant el sistema de referència European Datum 1950.

A cada localitat es varen estudiar dos tipus de fons diferenciats segons la seva orientació: fons plans i parets verticals dominades per gorgònies. Aquesta distinció és deguda al fet que les parets verticals dominades per gorgònies, aquestes confereixen un hàbitat estructural diferent a la zona de fons, i per tant, poden representar una protecció davant l'impacte dels bussejadors sobre els organismes que es troben en aquesta comunitat. Es va mantenir sempre la mateixa fondària (entre 15 i 20 m) per a evitar al màxim la possible variabilitat espacial. A més, es va estudiar també l'efecte del canvi de boia de la zona del tascó Petit, de forma que es varen caracteritzar les poblacions de briozous a l'antiga zona (fons pla) i les poblacions que es troben al costat de la nova disposició de la boia (paret amb gorgònies) (Taula 1).

Zona	Localitat	Freqüentació	Fondària	UTM (X,Y)	
Plans	Cap Castell	No freqüentació	20-21	516720	4658931
	Carall Bernat	Sí freqüentació	20-22	518882	4654479
	Tascons	Sí freqüentació	18-20	518801	4654519
	Salpatxot	Sí freqüentació	18-20	518073	4655304
Paret	Cap Castell	No freqüentació	22-25	516727	4658920
	Boia nova	No freqüentació	15-17	518789	4654351
	Tascons	Sí freqüentació	20-21	518798	4654501
	Medallot	Sí freqüentació	21-22	518363	4655523
	Pedra de Déu	Sí freqüentació	18-20	518599	4655397

Taula 1- Relació de les estacions mostrejades en l'estudi, el seu grau de freqüentació per submarinistes, la fondària en metres i les coordenades UTM (fus 31, sistema de referència European Datum 1950).

En cada una de les zones, i a les fondàries on la densitat de briozous és màxima (entre 15 i 20 metres), es va delimitar un transecte mitjançant una cinta mètrica d'almenys 5 metres d'allargada disposada linealment sobre el fons o la paret. A cada transecte es varen instal·lar marques permanents consistents en claus de PVC enganxats al fons amb cola epoxi innòcua (IVEGOR) a cada metre, incloent l'inici i el final del transecte. Aquestes marques fixes permanents permetran retrobar els mateixos transectes en futurs controls de les mateixes parcel·les i poder comparar l'evolució de les comunitats sense l'error produït per la variabilitat espacial a petita escala en la distribució de les colònies que es podria produir fent un mostreig a l'atzar a la mateixa zona.

Per al mostreig es va procedir a recórrer la cinta mètrica a banda i banda amb quadres PVC de 100x50 cm, subdividits en dos quadres de 50x50 cm, disposat perpendicularment a la cinta i referenciats a la cinta mètrica, de forma que cada quadre queda perfectament identificable i, per tant, es pugui replicar exactament la mateixa àrea en el futur. En total, a cada transecte es va mostrejar una superfície d'almenys 10 m², variable segons la disponibilitat de substrat.

Dins de cada quadre es va identificar in situ totes les colònies de *Pentapora fascialis*, *Myriapora truncata* i *Reteporella* sp. les espècies estudiades, i es va anotar la seva posició en un mapa representant cada quadre, i es mesurar l'alçada màxima de totes les colònies mitjançant un regle.

A més, es va anotar el grau d'exposició de les colònies en una escala de 1 a 5 seguint el criteri utilitzat a sala et al., 1996: 1, epífit; 2, sobre superfícies convexes; 3, sobre superfícies planes; 4, sobre superfícies còncaues; 5, en forat vertical (Figura 2).

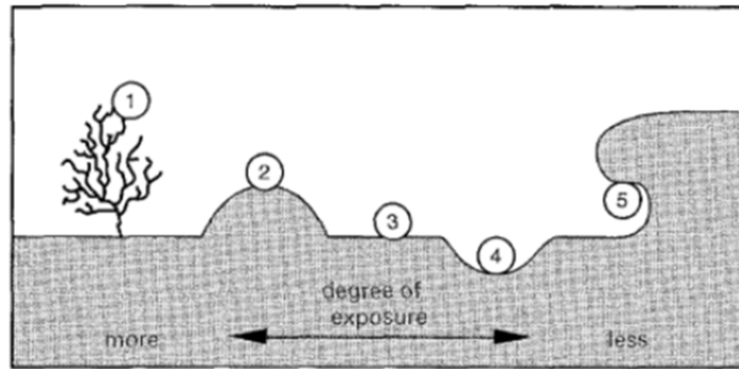


Figura 2- Classificació dels graus d'exposició (1, epibionts; 2, sobre superfície convexa; 3, sobre superfície plana; 4, sobre superfície còncava; 5, sota extraploms)

A més, en cada transecte es varen fotografiar tots els quadres identificats en relació a la seva posició a la cinta mètrica mitjançant una càmera digital. Aquestes fotografies es varen analitzar al laboratori mitjançant el programa informàtic ImageJ, de forma que es va identificar les colònies mesurades *in situ*, calcular el diàmetre, el perímetre i l'àrea de de les colònies. Aquestes dades, juntament amb l'alçada calculada en el mostreig *in situ* va permetre caracteritzar la forma i la mida de cada una de les colònies compreses dins del transecte.

Degut a la variabilitat de les dades, s'ha estudiat la distribució i la homoceïstat de variància de les dades mitjançant els tests Shapiro i Lèvene. Els supòsits de normalitat i de igualtat de variàncies no s'han complert, així degut a les característiques de les dades hem utilitzat Models Lineals Generals (GLM) per a l'anàlisi de les possibles diferències entre estacions. Les diferències entre estacions s'ha determinat en un anàlisi posterior mitjançant un test de Tukey.

RESULTATS

S'han analitzat els diferents paràmetres separant per zona, plans i paret, i per espècie, *Pentapora fascialis* i *Myriapora truncata*. Així mateix, s'ha comparat l'alçada, el diàmetre i la densitat mitja entre localitats, per concloure si les comunitats que es troben en zones no freqüentades presenten un valors més alts d'aquestes variables.

1. Fons pla.

Per *Pentapora fascialis*, el paràmetre poblacional que presenta diferències estadísticament significatives entre poblacions es la densitat de colònies, ja que ni el diàmetre mig ni l'alçada mitja (a l'estació Salpatxot no es va mesurar) presenten diferències (Figura 3, Taula 2). Pel que fa a la densitat, l'estació de Cap Castell es la que presenta uns valors més alts, clarament diferenciats de la resta

d'estacions, mentre que l'estació de Salpatxot es diferencia de la resta també degut al seu baix valor (Taula 2).

Tot i que no hi ha diferències estadísticament significatives en el diàmetre mig, sí que s'observen diferències en l'estructura de talles, ja que en l'estació de Cap Castell s'observen, a més de les classes diamètriques més petites, individus de diàmetres grans, absents en la resta d'estacions (Figura 4).

Pel que fa al grau d'exposició, també s'observen diferències estadísticament significatives entre les diferents estacions (Taula 2), ja que a l'estació del Salpatxot la majoria de colònies es troben en un nivell de protecció màxim (sota extraploms), mentre que a la resta dominen les colònies sobre fons pla. A més, a l'estació de Cap Castell trobem colònies en un grau d'exposició major, ja sigui sobre gorgònies (també presents en l'estació de Tascons, però) i també sobre fons pla (Figura 5).

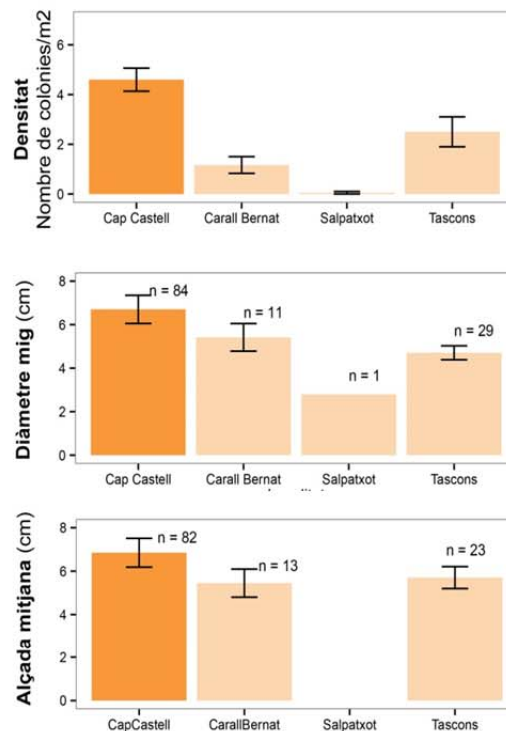


Figura 3- Densitat (nombre d'individus/m²), diàmetre i alçada de les colònies (en cm.) de *Pentapora fascialis* mesurades a les diferents localitats de fons pla estudiades de les illes Medes i la costa del Montgrí. Les localitats marcades en taronja fosca representen les zones sense presència (o freqüència molt baixa) de submarinistes.

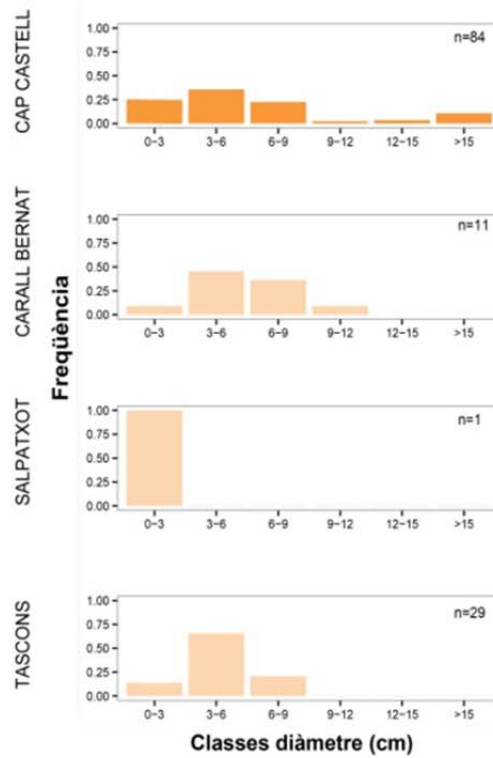


Figura 4- Estructura de talles (individus agrupats en categories de 3 cm, i en una categoria de més de 15 cm.) les poblacions de *Pentapora fascialis* mesurades a les diferents localitats de fons pla estudiades de les illes Medes i la costa del Montgrí. Les localitats marcades en taronja fosc representen les zones sense presència (o freqüència molt baixa) de submarinistes.

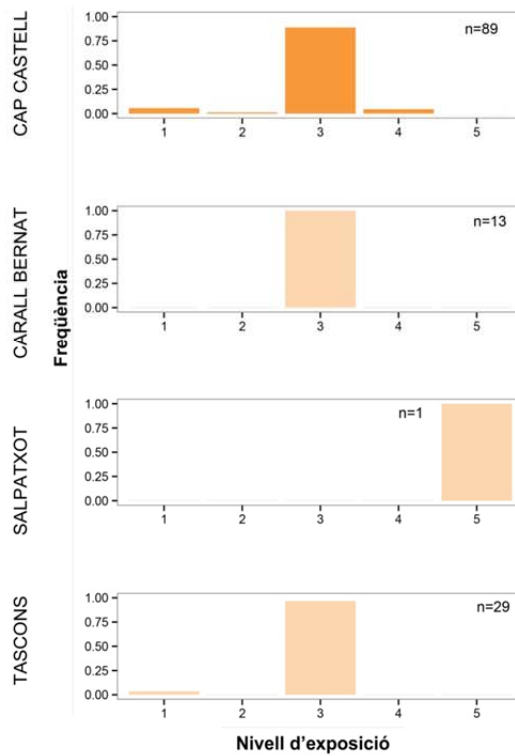


Figura 5- Grau d'exposició (segons les categories de la Figura 2) de les poblacions de *Pentapora fascialis* mesurades a les diferents localitats de fons pla estudiades de les illes Medes i la costa del Montgrí. Les localitats marcades en taronja fosc representen les zones sense presència (o freqüència molt baixa) de submarinistes.

A

	df	dv	f	pvalor
Densitat	3	502.22	36.52	<0.001
Diàmetre	3	17.97	1.57	0.20
Alçada	2	6.15	0.77	0.47
Exposició	3	4.32	6.51	<0.001

B

Llocs	Densitat		Diàmetre		Alçada		Exposició	
	z	pvalor	z	pvalor	z	pvalor	z	pvalor
CC-CB	-4.46	<0.001	-0.80	0.83	-0.90	0.63	0.56	0.94
CC-S	-4.20	<0.001	-0.75	0.86	-	-	4.39	<0.001
CC-T	-2.71	<0.1	-1.89	0.19	-0.94	0.60	0.09	1
CB-S	-2.84	<0.1	-0.55	0.94	-	-	4.09	<0.001
CB-T	2.20	0.1	-0.46	0.96	0.16	0.97	-0.44	0.97
S-T	3.6	<0.01	0.44	0.97	-	-	-4.33	<0.001

Taula 2- A) Resultats de l'anàlisi mitjançant Models Lineals Generalitzats (GLM) comparant els diferents paràmetres estudiats de les poblacions de *Pentapora fascialis* de fons pla de les illes Medes i la costa del Montgrí. B) Anàlisi Tukey mostrant les diferències entre estacions (CC= cap Castell; CB= Carall Bernat; S= salpatxot; T= Tascons). Els valors significatius es mostren en negreta.

Pel que fa a *Myriapora truncata*, també s'observen diferències estadísticament en la densitat de colònies, ja que a l'estació de Cap Castell la densitat és superiora la resta d'estacions, sent Carall Bernat i Tascons les que tenen menys densitat (Figura 6, Taula 3). També es mostren diferències en l'alçada i diàmetre, tot i que el baix nombre mostrat pot afectar al nivell de significació de l'anàlisi (Taula 3). Pel que fa a l'estructura de talles, es mostra una vegada més que a l'estació de cap castell hi ha representades les classes de talla més grans, absents a la resta d'estacions (Figura 7).

Pel que fa al grau d'exposició, també s'observen diferències significatives degut a l'estació de Tascons, però una vegada més el baix tamany mostrat pot afectar en gran mesura la significació de l'anàlisi (Figura 8).

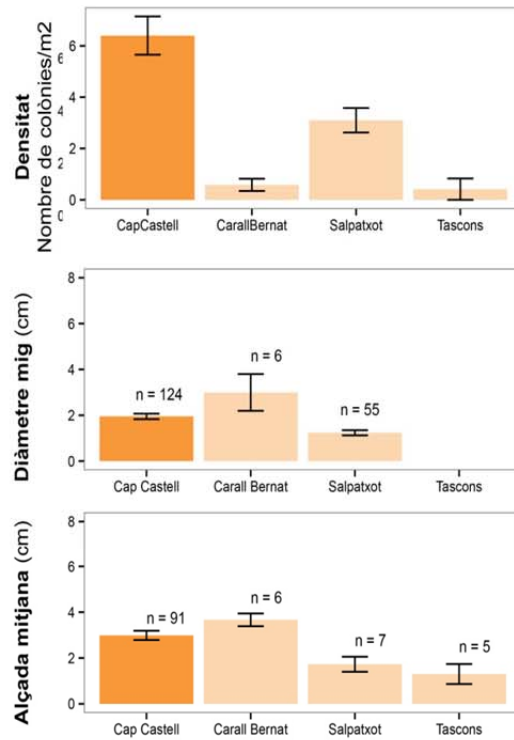


Figura 6- Densitat (nombre d'individus/m²), diàmetre i alçada de les colònies (en cm.) de *Myriapora truncata* mesurades a les diferents localitats de fons pla estudiades de les illes Medes i la costa del Montgrí. Les localitats marcades en taronja fosc representen les zones sense presència (o freqüència molt baixa) de submarinistes.

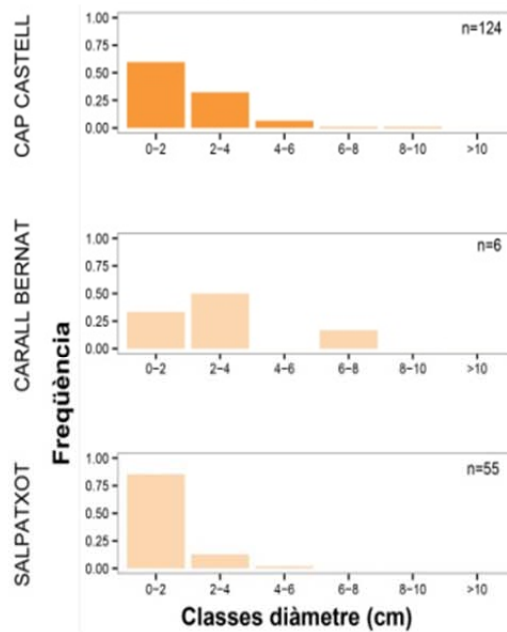


Figura 7- Estructura de talles (individus agrupats en categories de 2 cm, i en una categoria de més de 10 cm.) les poblacions de *Myriapora truncata* mesurades a les diferents localitats de fons pla estudiades de les illes Medes i la costa del Montgrí. Les localitats marcades en taronja fosc representen les zones sense presència (o freqüència molt baixa) de submarinistes.

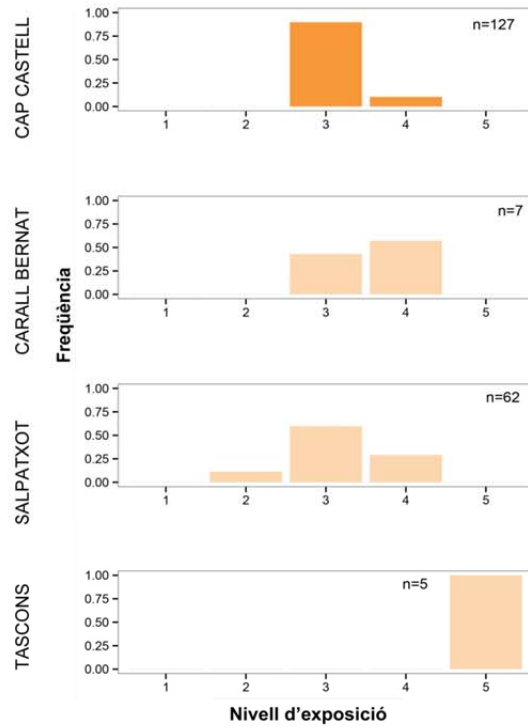


Figura 8- Grau d'exposició (segons les categories de la Figura 2) de les colònies de *Myriapora truncata* mesurades a les diferents localitats de fons pla estudiades de les illes Medes i la costa del Montgrí. Les localitats marcades en taronja fosc representen les zones sense presència (o freqüència molt baixa) de submarinistes.

A

	df	dv	f	pvalor
Densitat	2	16.37	9.76	<0.001
Diàmetre	3	539.42	20.87	<0.001
Alçada	3	26.54	2.72	= 0.1
Exposició	3	4.99	28.5	<0.001

B

Llocs	Densitat		Diàmetre		Alçada		Exposició	
	z	pvalor	z	pvalor	z	pvalor	z	pvalor
CC-CB	-4.21	<0.001	1.92	0.12	0.89	0.79	2.83	<0.1
CC-S	-3.19	<0.01	-3.63	<0.001	-1.78	0.27	1.13	0.64
CC-T	-4.08	<0.001	-	-	-2.04	0.16	9.58	<0.001
CB-S	2.85	<0.1	-3.65	<0.001	-1.93	0.20	-2.28	0.09
CB-T	-0.39	0.98	-	-	-2.17	0.12	4.93	<0.001
S-T	-2.94	<0.1	-	-	-0.40	0.98	8.84	<0.001

Taula 3- A) Resultats de l'anàlisi mitjançant Models Lineals Generalitzats (GLM) comparant els diferents paràmetres estudiats de les poblacions de *Myriapora truncata* de fons pla de les illes Medes i la costa del Montgrí. B) Anàlisi Tukey mostrant les diferències entre estacions (CC= cap Castell; CB= Carall Bernat; S= salpatxot; T= Tascons). Els valors significatius es mostren en negreta.

2- Parets verticals.

L'anàlisi de les poblacions de *Pentapora fascialis* a les parets verticals mostra que la densitat al Medallot es major que a la resta de poblacions, excepte cala Castell, que també mostra una densitat relativament elevada (Figura 9, Taula 4). Pel que fa al diàmetre mig, les poblacions del Medallot tenen una talla mitjana més elevada que la resta d'estacions, exceptuant l'estació de la Boia als Tascons, tot i que el baix nombre d'individus que es varen poder mesurar redueix el grau de significació de l'anàlisi (Figura 9, Taula 4). Aquest major diàmetre mitjà s'explica per la major proporció de talles més grans que la resta de poblacions, tal com es mostra a la figura 10. Pel que fa a l'exposició, no es mostra un patró clar, ja que les estacions de Boia de Tascons i Pedra de Déu son les que presenten una major proporció de colònies més exposades, mentre que cap Cap Castell i Tascons una menor proporció (Figura 11).

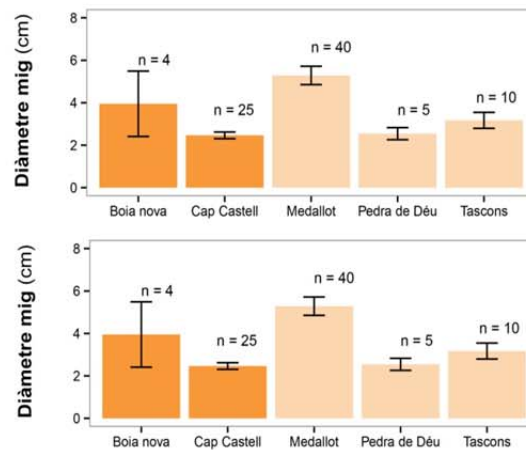


Figura 9- Densitat (nombre d'individus/m²), diàmetre i alçada de les colònies (en cm.) de *Pentapora fascialis* mesurades a les diferents localitats de parets verticals estudiades de les illes Medes i la costa del Montgrí. Les localitats marcades en taronja fosc representen les zones sense presència (o freqüència molt baixa) de submarinistes.

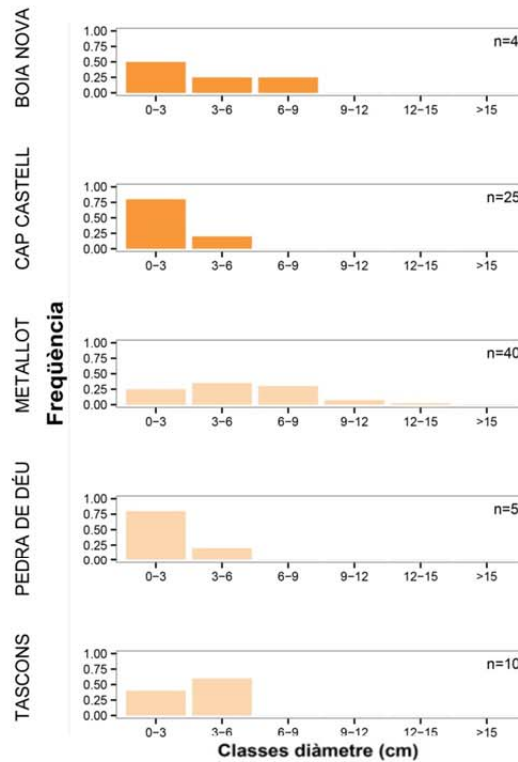


Figura 10- Estructura de talls (individus agrupats en categories de 2 cm, i en una categoria de més de 10 cm.) les poblacions de *Pentapora fascialis* mesurades a les diferents localitats de parts verticals estudiades de les illes Medes i la costa del Montgrí. Les localitats marcades en taronja fosc representen les zones sense presència (o freqüència molt baixa) de submarinistes.

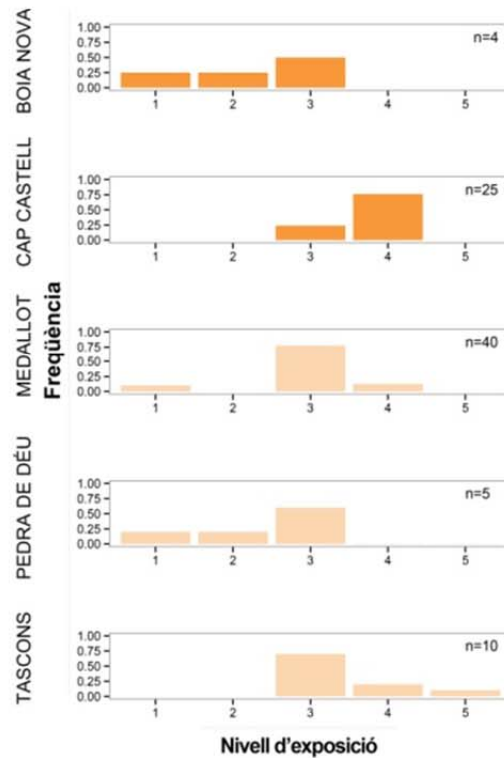


Figura 11- Grau d'exposició (segons les categories de la Figura 2) de les colònies de *Pentapora fascialis* mesurades a les diferents localitats de paret vertical estudiades de les illes Medes i la costa del Montgrí. Les localitats marcades en taronja fosc representen les zones sense presència (o freqüència molt baixa) de submarinistes.

A

	df	dv	f	pvalor
Densitat	3	539.42	20.87	<0.001
Diàmetre	4	36.99	10.01	<0.001
Alçada	-	-	-	-
Exposició	4	17.98	9.95	<0.001

B

Llocs	Densitat		Diàmetre		Alçada		Exposició	
	z	pvalor	z	pvalor	z	pvalor	z	pvalor
B-CC	3.01	0.1	-1.31	0.66	-	-	4.17	<0.001
B-M	3.88	<0.001	1.21	0.73	-	-	1.92	0.29
B-P	0.56	0.98	-0.99	0.84	-	-	0.33	0.99
B-T	1.37	0.63	-0.63	0.97	-	-	2.89	<0.1
CC-M	1.63	0.45	5.26	<0.001	-	-	-4.87	<0.001
CC-P	-2.78	0.1	0.08	1	-	-	-4.13	<0.001
CC-T	-2.17	0.17	0.89	0.88	-	-	-1.43	0.58
M-P	-3.84	<0.01	-2.75	<0.1	-	-	-1.65	0.44
M-T	-3.47	<0.01	-2.84	<0.1	-	-	1.99	0.25
T-P	0.88	0.89	0.55	0.98	-	-	2.72	<0.1

Taula 4- A) Resultats de l'anàlisi mitjançant Models Lineals Generalitzats (GLM) comparant els diferents paràmetres estudiats de les poblacions de *Pentapora fascialis* de paret vertical de les illes Medes i la costa del Montgrí. B) Anàlisi Tukey mostrant les diferències entre estacions (B= Boia tascons; CC= cap Castell; M= Medallot; P= Pedra de Déu; T= Tascons). Els valors significatius es mostren en negreta.

Pel que fa a *Myriapora truncata*, la densitat a les zones no freqüentades (Cap Castell i Boia Nova) son molt elevades, i molt majors que a la resta de zones (Taula 5, Figura 12). Pel que fa al diàmetre i a les alçades, tot i que els anàlisis presenten certes diferències estadísticament significatives, aquestes no mostren un patró molt clar, en part degut al nombre d'observacions (molt elevat en el cas de diàmetre, i molt baix en el cas de les alçades) que fan disminuir el grau de significació dels anàlisis (Taula 5, Figures 12 i 13).

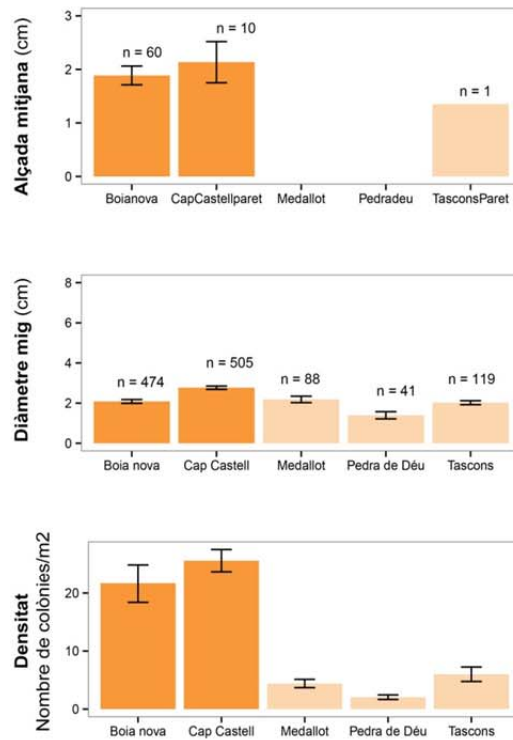


Figura 12- Densitat (nombre d'individus/m²), diàmetre i alçada de les colònies (en cm.) de *Myriapora truncata* mesurades a les diferents localitats de paret vertical estudiades de les illes Medes i la costa del Montgrí. Les localitats marcades en taronja fosc representen les zones sense presència (o freqüència molt baixa) de submarinistes.

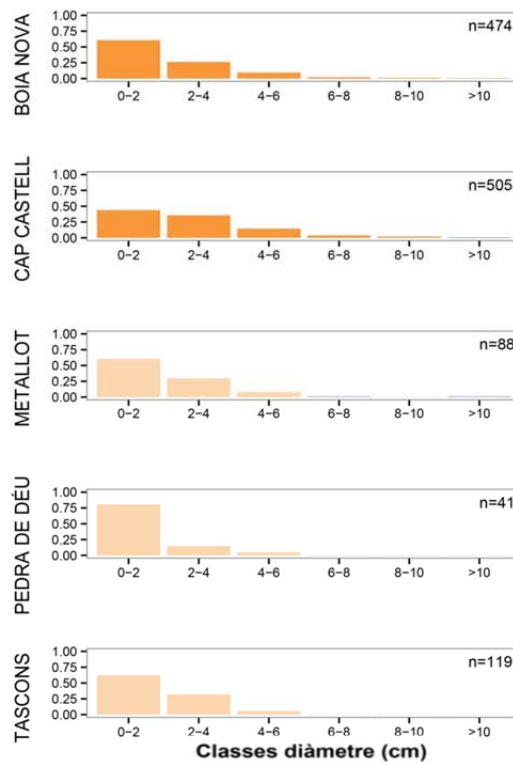


Figura 13- Estructura de talles (individus agrupats en categories de 2 cm, i en una categoria de més de 10 cm.) les poblacions de *Myriapora truncata* mesurades a les diferents localitats de paret vertical estudiades de les illes Medes i la costa del Montgrí. Les localitats marcades en taronja fosc representen les zones sense presència (o freqüència molt baixa) de submarinistes.

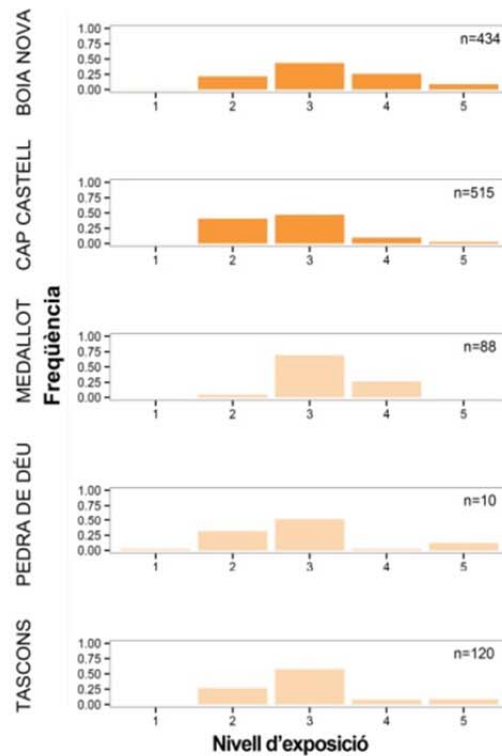


Figura 13- Grau d'exposició (segons les categories de la Figura 2) de les colònies de *Myriapora truncata* mesurades a les diferents localitats paret vertical pla estudiades de les illes Medes i la costa del Montgrí. Les localitats marcades en taronja fosc representen les zones sense presència (o freqüència molt baixa) de submarinistes.

A

	df	dv	f	pvalor
Densitat	4	186.4	8.89	<0.001
Diàmetre	4	38073	35.32	<0.001
Alçada	2	0.45	0.24	0.78
Exposició	4	58.16	22.802	<0.001

B

Llocs	Densitat		Diàmetre		Alçada		Exposició	
	z	pvalor	z	pvalor	z	pvalor	z	pvalor
B-CC	1.16	0.52	5.86	<0.001	0.54	0.84	-9.07	<0.001
B-M	-6.67	<0.001	0.49	0.98	-	-	0.042	1
B-P	-7.57	<0.001	-2.54	<0.1	-	-	-2.37	0.11
B-T	-6.05	<0.001	-0.35	0.99	-0.39	0.91	-2.88	<0.1
CC-M	-8.23	<0.001	-2.96	<0.1	-	-	5.17	<0.001
CC-P	-9.13	<0.001	-4.95	<0.001	-	-	1.26	0.69
CC-T	-7.61	<0.001	-4.28	<0.001	-0.53	0.84	2.91	<0.001
M-P	-0.91	0.89	-2.44	<0.1	-	-	-2.08	0.21
M-T	0.62	0.97	-0.68	0.96	-	-	-2.15	0.18
T-P	1.52	0.55	2.03	0.23	-	-	0.50	0.99

Taula 4- A) Resultats de l'anàlisi mitjançant Models Lineals Generalitzats (GLM) comparant els diferents paràmetres estudiats de les poblacions de *Myriapora truncata* de paret vertical de les illes Medes i la costa del Montgrí. B) Anàlisi Tukey mostrant les diferències entre estacions (B= Boia tascons; CC= cap Castell; M= Medallot; P= Pedra de Déu; T= Tascons). Els valors significatius es mostren en negreta.

DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS

El patró general de l'estudi mostra que *Pentapora fascialis* mostra unes densitats majors, talles més grans i una estructura de talles amb presència de colònies molt grans, i un grau d'exposició més gran en les zones on no hi ha una freqüentació de submarinistes, o la freqüentació es molt baixa. aquest patró es mostra tant en els fons plans, com en les parets verticals dominades per *Paramuricea clavata*.

Myriapora truncata mostra també un patró molt clar en les comunitats de paret dominades per *Paramuricea clavata*, ja que la densitat es molt major en les poblacions que no estan freqüentades per submarinistes. En canvi, per fons plans aquesta espècie té unes densitats molt baixes, pel que fa difícil observar un patró clar.

Altres espècies de briozous com *Reteporella* sp. i altres, que estaven presents en les estacions però en densitats molt baixes, no s'han tingut en compte en els anàlisis, ja que el baix nombre d'individus comptabilitzats impedeix un anàlisi estadístic de les possibles diferències entre tractaments.

Així doncs, segons els resultats d'aquest estudi podem treure dues conclusions que s'hauran de tenir en compte a l'hora de fer un seguiment més exhaustiu i permanent de les comunitats de briozous per a determinar l'efecte del submarinisme.

Per una banda, sembla clar que les comunitats de briozous estan afectades per l'efecte erosiu dels submarinistes que exerceixen sobre el fons. Només Cap castell i la zona on s'ha col·locat la nova boia d'immersió als Tascons mostren unes densitats de *P. fascialis* o *M. truncata* elevades. Degut a que la zona de la Boia nova s'ha obert a la immersió, serà interessant fer un seguiment d'aquesta estació per a veure l'efecte dels submarinistes abans i després de que estigui més freqüentada.

Per altra banda, la metodologia emprada sembla òptima per a determinar diferències en la presència o absència de submarinistes. Aquest disseny s'ha basat en metodologies testades i emprades amb èxit en l'estudi de comunitats bentòniques en diferents àrees protegides (García-Charton et al., 2005; Coma et al, 2002; Harmelin i Marinopoulos, 1994; Harmelin et al.,1999; Sala et al. 1996; Francour i Koukouras, 2000; Cerrano et al., 2005; Cupido, 2009). No obstant, hem de matisar que l'espècie i el tipus de comunitat és important a l'hora d'interpretar els resultats. Per una part *Pentapora fascialis* sembla que es una espècie amb unes densitats i una estructura de talles que permet, amb un esforç de mostreig moderat, obtenir uns resultats estadísticament robusts per a detectar diferències entre zones freqüentades o no per submarinistes. Pel que fa a *Myriapora truncata*, podem dir que es una molt bona indicadora d'aquest efecte per a les comunitats de paret dominades per *Paramuricea clavata*, però no per a fons plans, ja que la seva densitat no és tant elevada (inclus en les zones no freqüentades) i per tant el baix nombre d'observacions fa disminuir la significació dels anàlisis. altres espècies de briozous, com *Reteporella* sp., han mostrat tenir uns nombres molt baixos i no semblen bons indicadors d'aquest efecte.

La metodologia utilitzada, combinant el mostreig in situ amb l'anàlisi fotogràfic sembla també òptim, ja que permet una mesura precisa de diversos paràmetres poblacional, a més d'obtenir un registre que

pot servir per a la comparació de posteriors mostreigs a la mateixa zona. Aquest aspecte és especialment interessant si es poden delimitar transectes fixes que permetin la identificació a nivell individual de cada colònia, ja que posteriors controls poden permetre obtenir dades demogràfiques de la població, com el reclutament, la mortalitat o el creixement. Tot i que tant *P. fascialis* com *M. truncata* semblen bons indicadors de l'efecte de la freqüentació per submarinistes, encara no es coneix quina és la intensitat dels efectes (es a dir, a quina velocitat les poblacions es degraden) o, sobretot, la seva resiliència (es a dir, quina és la capacitat de les poblacions de recuperar-se després d'una pertorbació), aspectes tots dos que poden ser de cabdal importància a l'hora de determinar la intensitat dels usos de les comunitats. Així doncs en aquest estudi hem delimitat transectes fixes i hem identificat individualment cada una de les colònies estudiades, de forma que ens serviran per a determinar la supervivència i el creixement de les colònies enregistrades en posteriors controls dels mateixos transectes.

Referències

- Barker, N. H., & Roberts, C. M. (2004). Scuba diver behaviour and the management of diving impacts on coral reefs. *Biological Conservation*, 120(4), 481-489.
- Davis, D., & Tisdell, C. (1995). Recreational scuba-diving and carrying capacity in marine protected areas. *Ocean & Coastal Management*, 26(1), 19-40.
- Dearden, P., Theberge, M., & 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.
- Dixon, J. A., Fallon Scura, L., & van't Hof, T. (1993). Meeting ecological and economic goals: marine parks in the Caribbean. *Ambio (Sweden)*.
- Coma, R., Pola, E., Ribes, M., & Zabala, M. (2004). Long-term assessment of temperate octocoral mortality patterns, protected vs. unprotected areas. *Ecological Applications*, 14(5), 1466-1478.
- de la Nuez-Hernández, Daril, et al. "Assessing the erect bryozoan *Myriapora truncata* (Pallas, 1766) as indicator of recreational diving impact on coralligenous reef communities." *Ecological Indicators* 46 (2014): 193-200.
- Di Franco, A., Marchini, A., Baiata, P., Milazzo, M., & Chemello, R. (2009). Developing a scuba trail vulnerability index (STVI): a case study from a Mediterranean MPA. *Biodiversity and conservation*, 18(5), 1201-1217.
- Garrabou, J., Sala, E., Arcas, A., & Zabala, M. (1998). The impact of diving on rocky sublittoral communities: a case study of a bryozoan population. *Conservation Biology*, 12(2), 302-312.
- Harriott, V. J., Davis, D., & Banks, S. A. (1997). Recreational diving and its impact in marine protected areas in eastern Australia. *Ambio*, 173-179.
- Hawkins, J. P., & Roberts, C. M. (1992). Effects of recreational SCUBA diving on fore-reef slope communities of coral reefs. *Biological Conservation*, 62(3), 171-178.
- Hawkins, J. P., & Roberts, C. M. (1994). The growth of coastal tourism in the Red Sea: present and future effects on coral reefs. *Ambio*, 23(8), 503-508.

- Hawkins, J. P., Roberts, C. M., Kooistra, D., Buchan, K., & White, S. (2005). Sustainability of scuba diving tourism on coral reefs of Saba. *Coastal Management*, 33(4), 373-387.
- Hereu Fina, B., & Quintana Pou, X. (2012). El fons marí de les illes Medes i el Montgrí: quatre dècades de recerca per a la conservació.
- 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., Garrabou, J., Hereu, B., Díaz, D., Marschal, C., Sala, E., & Zabala, M. (2012). Assessing the effectiveness of marine reserves on unsustainably harvested long-lived sessile invertebrates. *Conservation Biology*, 26(1), 88-96.
- Luna-Pérez, B., Valle, C., Fernández, T. V., Sanchez-Lizaso, J. L., & Ramos-Espla, A. A. (2010). *Halocynthia papillosa* (Linnaeus, 1767) as an indicator of SCUBA diving impact. *Ecological Indicators*, 10(5), 1017-1024.
- Luna-Pérez, B., Valle-Pérez, C., & Sánchez-Lizaso, J. L. (2011). *Halocynthia papillosa* as SCUBA diving impact indicator: An in situ experiment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 398(1), 33-39.
- Lloret, J., Marín, A., Marín-Guirao, L., & 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.
- Parsons, G. R., & 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., & 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., & 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., & 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., & Chadwick-Furman, N. E. (2002). Impacts of intensive recreational diving on reef corals at Eilat, northern Red Sea. *Biological Conservation*, 105(2), 179-187.