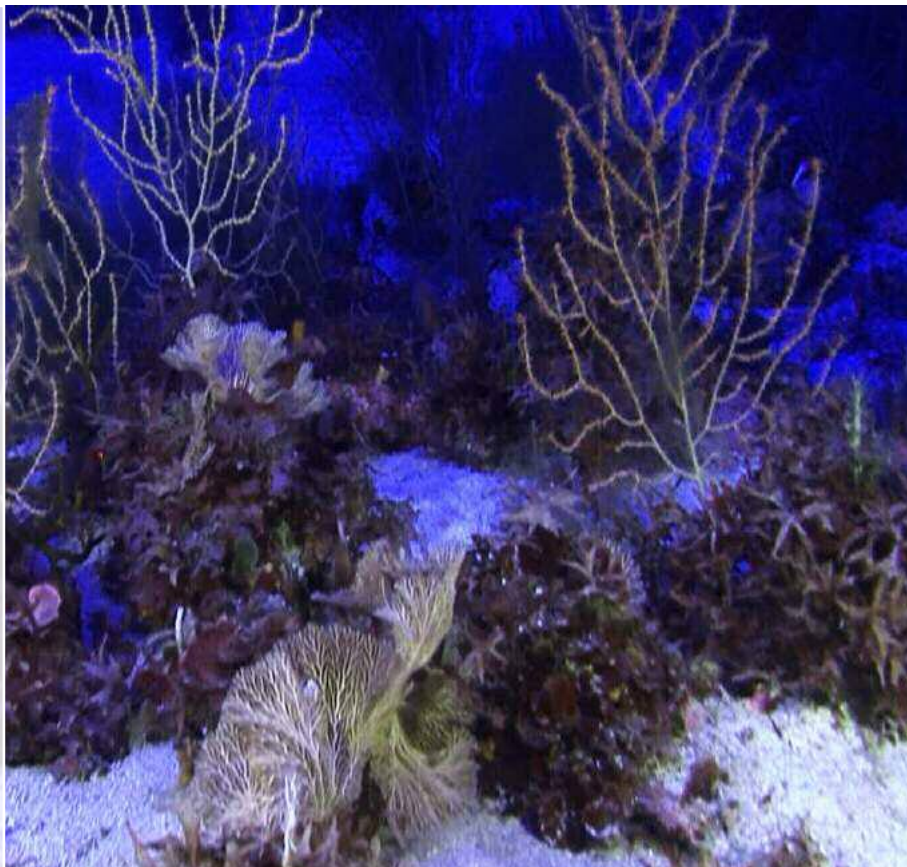


MÀSTER DE CIÈNCIES DEL MAR:
OCEANOGRÀFIA I GESTIÓ DEL MEDI MARI

Clara Calatayud

14 de Setembre 2012



PAUTES DE DISTRIBUCIÓ ESPACIAL I ESTRUCTURA DEMOGRÀFICA DE LES POBLACIONS DE *Paramuricea macrospina* EN LA FUTURA ÀREA MARINA PROTEGIDA DEL CANAL DE MENORCA.

Director :
Josep-Maria Gili i Sardà
Institut de Ciències del Mar
CSIC



Co-director :
Andrea Gori
Centre Scientifique de Monaco
CSM



Tutora:
Creu Palacín
Universitat de Barcelona

RESUM

Els estudis realitzats en el marc del projecte LIFE-INDEMARES van permetre descobrir una població de la gorgònia *Paramuricea macrospina*, probablement la millor conservada del Mediterrani i considerada com un exemple d'espècie endèmica mediterrània. Al Canal de Menorca aquesta espècie es troba distribuïda al llarg d'uns 2000 m², aproximadament, amb elevades densitats i poblacions madures, principalment a la plataforma continental, entre els 39 i 110 m de profunditat. A la zona es desenvolupa una contínua pesca artesanal, especialment de tresmall, mentre que en l'actualitat la incidència de la pesca de ròssec és gairebé nul·la. L'objectiu d'aquest estudi és l'anàlisi de les pautes de distribució, abundància i demografia de les poblacions d'aquesta singular espècie amb la fi d'establir el punt de partida per al seguiment de la futura àrea protegida. Per portar a terme l'estudi, s'han realitzat una sèrie de 9 transectes amb vehicles de control remot (ROV) i submergibles tripulats, equipats amb càmeres de vídeo, i les imatges s'han analitzat i quantificat al laboratori. Les poblacions analitzades de *Paramuricea macrospina* han presentat densitats altes, entre 6-45 colònies·m². S'han observat tres morfotips diferents de l'espècie: el morfotip de color groc i el lila coexisteixen al fons de maërl de la plataforma continental mentre que el morfotip rosat s'ha localitzat al talús continental, a la part nord-oest del Canal. L'estructura de talla de quatre dels nou transectes analitzats han presentat certs indicis d'impacte i es corresponen amb zones on la pesca artesanal és habitual. Malgrat això, es pot considerar que *Paramuricea macrospina* ha mostrat un bon estat de conservació de vital importància com a referència de l'estat de les comunitats bentòniques a la plataforma.

ÍNDIX

INTRODUCCIÓ:	1
Gorgònies al Mediterrani	1
<i>Paramuricea macrospina</i> i els seus morfotips	4
Hipòtesis	5
MATERIALS I MÈTODES	6
Àrea d'estudi	6
Gravació dels vídeos	10
Estructura espacial	11
Estructura de talles	12
RESULTATS:	13
Ocupació i Abundància	13
Estructura de talles	18
DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS	20
BIBLIOGRAFIA	25

INTRODUCCIÓ

GORGÒNIES AL MEDITERRANI:

Al Mediterrani oest els antozous sumen el 95% de la biomassa total de les comunitats de coral·ligen (Gili i Garcia 1985) i les gorgònies poden caracteritzar fàcies senceres de les biocenosis circalitorals i batials (Gili i Ros 1985; Bavestrello 1997). Al Mediterrani hi ha unes 20 espècies de gorgònies (Carpine i Garsshoff 1975). *Eunicella singularis* (Esper, 1977), *Eunicella cavolinii* (Koch, 1879), *Paramuricea clavata* (Risso, 1826), *Leptogorgia sarmentosa* (Esper, 1789) i *Corallium rubrum* (Linnaeus, 1758) són les espècies més freqüents en la zona sublitoral, des de la superfície fins al límit de la plataforma continental (Harmelin 1995; Gili et al. 1989) i totes elles excepte *L. sarmentosa* i *C. rubrum* estan entre les espècies estructurals més abundants als fons sublitorals rocosos caracteritzats per les comunitats mediterrànies del coral·ligen i precoral·ligen (Gili i Ros 1985; Harmelin 1995; Ballesteros 2006). En comunitats de coral·ligen i precoral·ligen aquestes tres gorgònies poden desenvolupar poblacions molt denses (Harmelin i Garrabou 2005) i jugar un paper

important com a enginyeres del ecosistema (Jones et al. 1994). Les gorgònies representen l'estrat més erecte d'aquesta comunitat (Gili i Ros 1985), la diversitat i riquesa de la qual han esta comparades amb les dels esculls de coralls tropicals (Ballesteros 2006). Adquirir dades de referència en comunitats d'alta diversitat com la de coral·ligen és molt valuós per determinar possibles canvis en les comunitats i definir estratègies per a la seva preservació (Cocito et al. 2002). Weinberg (1976) va fer una síntesis de la distribució d'aquestes gorgònies mediterrànies: *Eunicella singularis* es troba entre 14 i 54 m (Marsilli 1725) arribant als 220 m segons Reiss (Théodor 1971). Prop de Banyuls-sur-Mer es va veure com aquesta era l'espècie animal més important en el bentos circalitoral, assolint densitats de 50 colònies·m². *P. clavata* es troba en tot el Mediterrani oest amb poblacions molt denses ocasionalment (46 colònies·m², Banyuls-sur-Mer). *L. sarmentosa* es troba entre 54 i 72 m (Marsilli 1725) arribant als 200 m segons Carpine (1963) i entre 11 i 61 m segons l'estudi de Gori et al. (2011a). Weinberg (1976) va descriure poblacions de 12 colònies·m² a Banyuls-sur-

Mer. Més tard, Mistri i Ceccherelli (1993) van reportar poblacions denses de *L. sarmentosa* caracteritzant el substrat de la comunitat més profunda ($6,8 \pm 3$ S.D. colònies·m²; Mistri 1995). Però estudis recents d'aquesta mateixa espècie descriuen una distribució dispersada i de poques colònies que estan bàsicament disseminades pels fons tous i de maèrl amb densitats força més baixes (0,5-1,5 colònies·m²) (Gori et al. 2011a). Certes pertorbacions creen l'aparició de discontinuïtats al medi, a mesura que l'entorn es va fragmentant amb poques estructures físiques entre unitats d'hàbitats, les fonts d'on surten les larves pel reclutament cap a àrees pertorbades adjacents disminuiran i el temps de recuperació de les comunitats en aquestes zones impactades anirà augmentant (Turner et al. 1999). Tot i que sabem que les gorgònies mediterrànies sublitorals estan presents des de les aigües més someres fins a 150 m de profunditat (Carpine i Grasshoff 1975; Weinberg 1976), la majoria d'estudis sobre aquestes espècies han sigut centrats, fins ara, en les poblacions d'aigües someres (Bayer 1961; Grigg 1977; Yoshioka i Yoshioka 1989a,b; Gori et al. 2011b) Així

doncs, existeix una manca d'informació sobre les poblacions de gorgònies i les comunitats bentòniques de fons rocosos que es troben entre 40 i 150 m de profunditat, ja que no poden ser mostrejades amb dragues o xarxes de roca i la majoria d'estudis realitzats amb ROV's (Remotely Operated Vehicles) i submergibles tripulats s'han concentrat principalment a profunditats superiors a 150 m (Sink et al. 2006).

La pèrdua contínua de molts dels hàbitats i les altes taxes de rarificació d'espècies han portat als ecòlegs a considerar aproximacions demogràfiques per a conèixer l'estat de conservació (Grigg 1977; Weinbauer i Valimirov 1996; Santangelo et al. 2004; Linares et al. 2008; Gori et al. 2011a,b). L'estructura de talles és un descriptor útil de l'estat de la població ja que indica canvis en reclutament i mortalitat, i és clau per detectar la resposta de les poblacions a canvis ambientals i impactes antropogènics (Tsounis et al. 2006). Les gorgònies mediterrànies són espècies de vida llarga amb taxes de creixement lentes i taxes baixes de mortalitat natural (Harmelin 1995; Linares et al. 2007; Bramanti et al. 2009) aquesta dinàmica de poblaci-

ons fa a les gorgònies especialment vulnerables a les perturbacions antropogèniques (Garrabou i Harmelin 2002; Santangelo et al. 2007; Linares i Doak 2010). Les activitats pesqueres com el ròssec poden eliminar les poblacions de gorgònies i alterar o destruir l'estructura tridimensional complexa de moltes comunitats bentòniques. A aquests impactes també se'ls hi suma els efectes de la pesca en l'estructura del sediment, la química del sediment i els fluxos de nutrients (Groot 1984). Les línies de pesca estirades sota l'acció dels corrents poden provocar danys mecànics a les colònies de gorgònies afavorint l'epibiòsi (Bayer 1973; Wahle 1980; Bavestrello 1997) i el trencament de l'esquelet axial descrit per Yoshioka i Yoshioka (1991) és una de les principals causes de mortalitat entre les gorgònies someres del Carib en hàbitats amb alts nivells de perturbació.

Un precís coneixement de les pautes de distribució i de les abundàncies de cada espècie és fonamental per avaluar canvis deguts a les activitats antropogèniques i proposar mesures de conservació i gestió (Fraschetti et al. 2002). Els estudis comparatius de les pautes de distri-

bució s'estan convertint cada cop més importants per a entendre les potencials variabilitat i adaptabilitat de les espècies a les condicions ecològiques locals, i en general (Gori et al. 2011a,b). El fet d'entendre els patrons de distribució en el temps i l'espai té importància a l'hora d'establir plans de gestió i

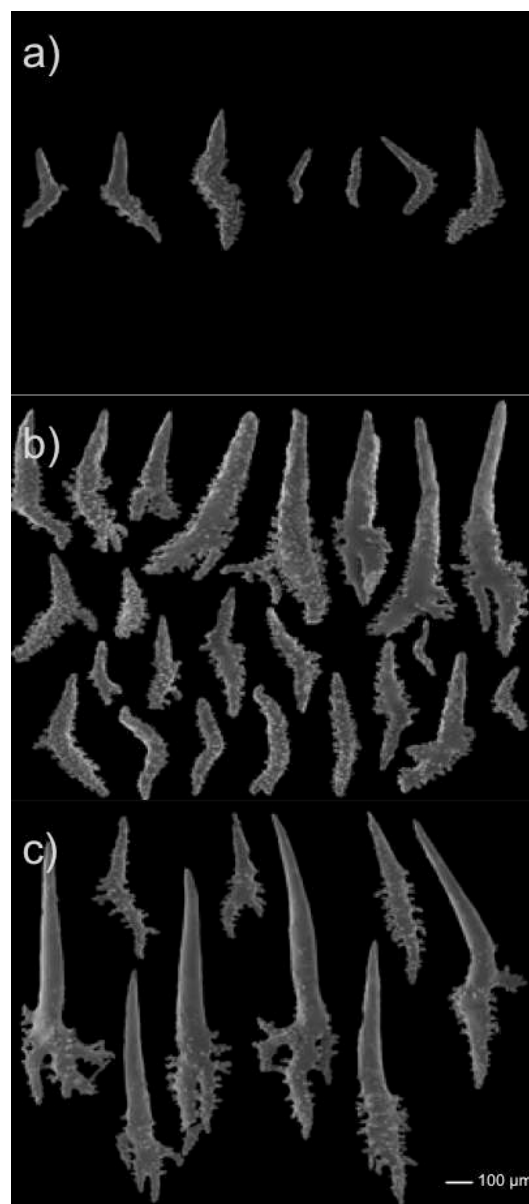


Figura 1- Fotografia de les diferents espícules del càlix dels tres morfotips: a) morfotip lila, b) morfotip groc i c) morfotip rosat.

conservació (Fortin i Dale 2005). En aquest treball ens centrarem en l'estudi d'unes poblacions de gorgònies que suposem ben conservades degut a la seva abundància tot i estar sota influència antropogènica. L'extensió de l'activitat pesquera és potencialment molt important, sovint deixant molt pocs hàbitats no pertorbats, sinó cap ni un, en la zona d'impacte (Turner et al. 1999). A més, com explica Tsounis et al. (2006) en un estudi de corall vermell, el fet de no tenir poblacions naturals de l'espècie fa que sigui difícil diferenciar l'impacte humà en les poblacions. És per això que l'estudi de l'ecologia de *Paramuricea macrospina* trobada al Canal de Menorca és una de les poques ocasions d'estudiar una població relativament poc impactada de gorgònies de les plataformes continentals de la Mediterrània, zona en la que abans de començar l'activitat pesquera de ròssec sembla que eren molt abundants (Carpine i Grasshoff 1975).

PARAMURICEA MACROSPINA I ELS SEUS MORFOTIPS:

Paramuricea macrospina (Koch, 1882) (Cnidaria, Octocorallia, Alcyonacea, Plexauridae), és una espècie endèmica del Mediterrani

(Carpine i Grasshoff 1975), és una de les principals espècies estructuradores de la plataforma i marge continental del Canal de Menorca, trobada principalment sobre fons de maërl. Des d'un punt de vista morfològic *P. macrospina* té colònies més petites, més fràgils i menys ramificades comparades amb la seva espècie mediterrània congenèrica, *P. clavata* (Risso, 1862). Els pòlips presenten un càlix cilíndric que pot tenir diferents mides en una mateixa colònia. Les espícules (Fig. 1) del càlix són més grans que les que es troben al cenènquima. A més, les espícules del càlix, solen ser unes 8, són molt allargades i amb una extremitat ramificada mentre que les del cenènquima són molt més petites. Aquestes espícules llargues del càlix són la principal característica de *P. macrospina*.

Durant els mostrejos s'han observat tres possibles morfotips. Dos dels morfotips s'han observat a la plataforma continental, entre els 39 i els 90 m de profunditat, i el tercer al talús continental entre els 110 i els 290 m. El dos morfotips de plataforma tenen una mesura mitjana de les colònies d'uns $11'5 \pm 5,3$ cm. Un dels morfotips és groguenc i l'altre violaci. El morfotip del talús té una

mesura mitjana de les colònies de $17,1 \pm 9$ cm i presenta una tonalitat rosada.

En la darrera descripció de l'espècie (Carpine i Grasshoff 1975) no va quedar reflectida la variabilitat

fologia i mesura d'espícules i diferents marcadors genètics. En aquest estudi s'analitzaran les pautes de distribució com característica morfològica dels tres morfotips.

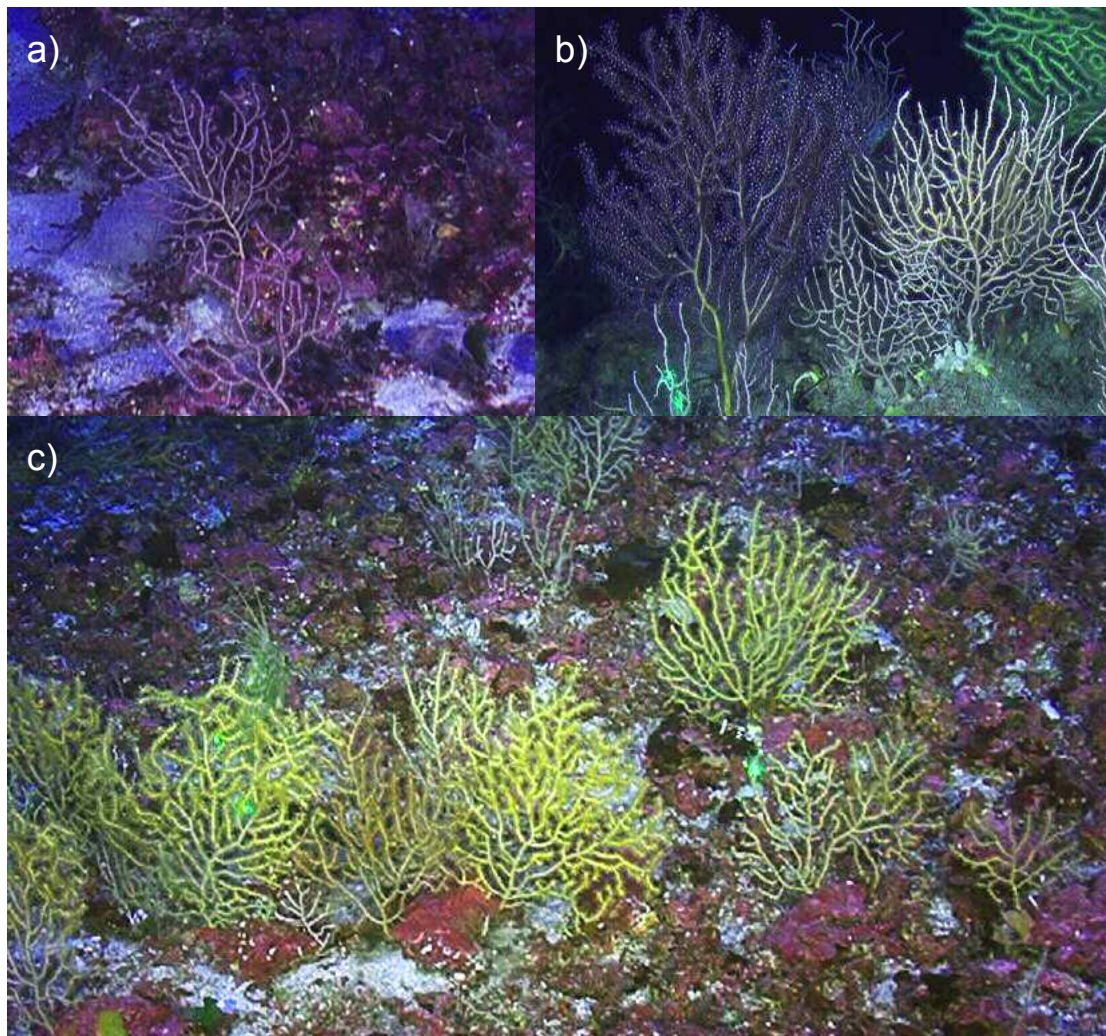


Figura 2- Fotografia dels tres morfotips de *Paramuricea macrospina*: a) groc, b) lila, c) rosat.

morfològica i espicular que s'ha pogut observar en el marc d'aquest projecte. Per tal efectivament existeixen diferències significatives entre els tres morfotips s'han de quantificar descriptors com: morfologia de la colònia, mida dels pòlips, mor-

HIPÒTESI:

L'espècie d'estudi, *Paramuricea macrospina*, fins a la descoberta de les poblacions al Canal de Menorca, ha estat considerada rara a la Mediterrània. La hipòtesis de partida d'aquest treball és que possiblement les poblacions del Canal de Menor-

ca són un exemple del que havia sigut l'estat de les gorgònies a les plataformes continentals en aquest mar. Segons Carpine i Grasshoff (1975) *P. macrospina* estava present en nombrosos punts del Mediterrani: conca occidental (Córsega, on era relativament abundant, i Tuníssia), l'Adriàtic i el mar Egeu. En el mateix estudi es va situar a *P. macrospina* en biòtops pròxims als de *P. clavata* però mentre aquesta última ocupava parets verticals, *P. macrospina* es desenvolupava en concentracions de roques disperses en fons detrítics. Les profunditats òptimes per al seu creixement van ser descrites entre 40 i 100 m encara que es van observar també fins als 200 m (Saint-Tropez i Golf de Gênes; Rossi, 1958) (Carpine i Grasshoff 1975). L'abundància observada en l'estudi actual està acompanyada d'una important variació morfològica totalment desconeguda fins l'actualitat. Suposem que les aquí estudiades són poblacions ben conservades, ja que presenten densitats altes i distribució contínua, comparables a les d'altres espècies com *Eunicella*, *Paramuricea clavata* i certes gorgònies tropicals en zones rocoses o parets verticals. La nostra hipòtesis

té en compte el fet de que diferents arts de pesca, poden estar impactant algunes de les poblacions de la zona d'estudi.

Objectius: aquest estudi es centra en l'exploració de la zona sublitoral del Canal de Menorca per a investigar l'ocurrència i patrons de distribució espacial de poblacions sublitorals de la gorgònia *Paramuricea macrospina* i els seus morfotips. Els objectius d'aquest treball són: (1) quantificar la densitat i abundància per cada un dels morfotips de l'espècie objectiu al llarg de la plataforma del Canal de Menorca, (2) avaluar la pauta de distribució espacial de la seva abundància, (3) caracteritzar l'estructura demogràfica de l'espècie i dels seus morfotips.

MATERIALS I MÈTODES

ÀREA D'ESTUDI:

El Canal de Menorca (Illes Balears, Mediterrani Oest) comprèn 1.274 km² de plataforma continental Balear. Actualment, aquesta zona ha sigut proposada per a ser inclosa a la Xarxa Natura 2000 ja que s'hi troben hàbitats i espècies de gran valor per a la conservació, tals com praderies de *Posidònia oceànica* i

llits de maèrl i coral·ligen. La protecció del Canal de Menorca hauria d'incloure hàbitats que ara per ara no estan protegits doncs tenen alt interès biogeogràfic i ecològic i són importants per a la conservació de la biodiversitat dels fons de les plataformes del Mar Mediterrani. (Barberá et al. 2012).

nutrients des de terra degut a la baixa precipitació i a l'absència de rius, i per tant presenten més oligotròfia que les aigües adjacents de la costa Ibèrica i el Golf de Lleó (Estrada 1996). Aquestes condicions afavoreixen la transparència de l'aigua la qual té un coeficient d'extinció de la llum especialment baix, això que

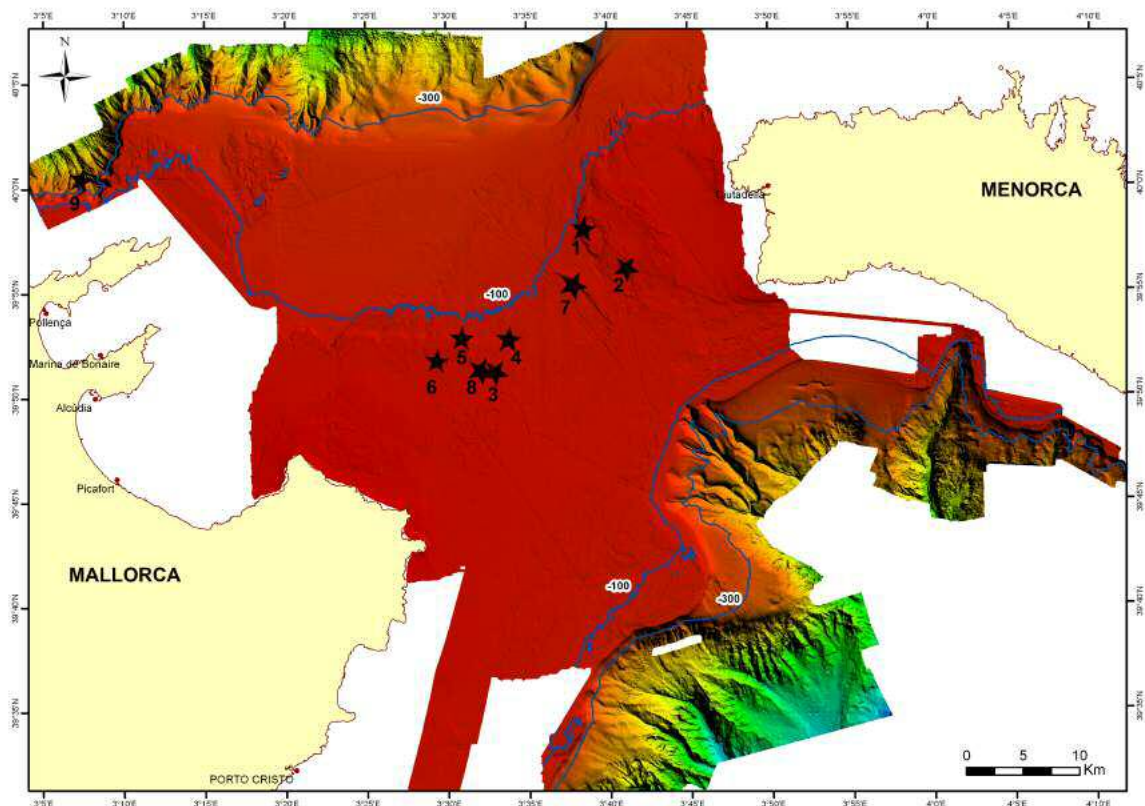


Figura 3- Mapa de l'àrea d'estudi on es veuen els vídeo-transsectes .

El Canal de Menorca està situat entre les illes de Mallorca i Menorca i és on la plataforma continental Balear arriba a la màxima amplada. La morfologia del canal és suau i plana (Alonso et al. 1988). Les aigües al voltant de les Illes Balears reben quantitats insignificants de

permet a les comunitats algals créixer a grans profunditats, fins als 90-100 m (Ballesteros 1992). La falta d'aports fluvials crea condicions òptimes per al desenvolupament de comunitats bentòniques carbonatades. Principalment hi ha dues masses d'aigua arribant a la plataforma

Balear: l'aigua barrejada superficial influenciada pel Golf de Lleó i Atlàntic, i l'aigua intermitja mediterrània. Totes les aigües mediterrànies estan supersaturades en quant a les dues formes de carbonat càlcic: calcita i aragonita (Canals i Ballesteros, 1997). Les característiques descrites situarien a la plataforma Balear com ambient carbonatat "temperat càlid" (Brookfield 1988).

Geomorfològicament, és un promontori poc profund amb un relleu regular i una pendent prominent (Canals i Ballesteros 1997). Aquesta zona és el que es considera un "freu" (pas entre illes) i es caracteritza per un fons regular, desenvolupat en el llindar que separa les dues illes i sotmès a un règim hidrodinàmic intens (Alonso et al. 1988; Pinot et al. 2002). La resta de la plataforma continental al voltant de Mallorca i Menorca és bastant reduïda i es caracteritza per fons sorrencs i sorrencs-fangosos (Massutí i Reñones 2005). Els sediments es componen bàsicament de sorres i graves amb un alt contingut en carbonats. A més, la manca d'aports sedimentaris pels rius redueix la presència de sediments terrígens fangosos així que els fons fangosos de les Illes Balears són bàsicament d'origen

biogènic (Canals i Ballesteros 1997). La seqüència sedimentària està formada per una alternança de sorres mixtes i graves d'algues incrustants (Alonso et al. 1988). Segons les categories definides per Shepard (1954) els fons es poden considerar com "sorres amb grava" i "sorra lleugerament gravosa", aquestes categories es consideren fons homogenis sedimentaris que corresponen a diferents hàbitats distribuïts per tot el canal (Barberá et al. 2012).

A més dels fons tous, la plataforma continental està caracteritzada per fons de maërl i roques coral·lígenes que es desenvolupen sobretot per sota dels 35-40 m arribant a 90 m de profunditat (Canals i Ballesteros 1997). Segons Barberá et al. (2012) es poden identificar diferents fàcies d'aquests tipus de fons en el canal: *fons homogenis sedimentaris* (>50% cobertura per rodòlits), *fons sedimentaris amb morfologies hidrodinàmiques* interpretats com a fons contínuus de maërl, cobrint la part central del canal, i *marques a la superfície del fons* interpretades com a marques de pesca de ròssec, més freqüents al la part sud-oest del canal. En aquest estudi les poblacions de gorgònies analitzades es troben



Fig. 4- Vaixell oceanogràfic García del Cid i ROV (Remote Operated Vehicle) NEMO (Gavin Newman) .utilitzat per la gravació dels vídeos.

totes elles situades en aquest tipus de fons, excepte un dels transectes (9) que es troba al talús, al marge de la plataforma. Els *llits de maërl* associats amb comunitats algals representen el 57% del àrea dels fons del canal. Tant els llits de maërl com les *associacions amb rodòlits* estan concentrats en l'àrea central del canal entre 60 i 90 m de profunditat (Barberá et al. 2012). Els fons de maërl són comunitats vegetals caracteritzades per l'acumulació d'algues rodofícies calcàries (Canals i Ballesteros 1997) que s'estableixen en substrats tous de la zona fòtica en zones de corrents intenses i unidireccionals. La seva distribució batimètrica varia en fun-

ció de la transparència de l'aigua i presenten una elevada diversitat, tant de grups taxonòmics com tròfics (Kamenos et al. 2004). Els llits de maërl tenen una importància ecològica similar a les praderes de posidònia o boscos de "kelp" perquè són estructuralment i funcionalment complexos (Jones et al. 2000; Steller et al. 2003; Grall et al. 2006). A més tenen taxes de renovació molt lentes, entre 10 i 15 anys, i valors de producció primària de 170-250g/m²/any (Canals i Ballesteros 1997). Per tant, el maërl i els llits de rodòlits són hàbitats clau per al Canal de Menorca. Observacions visuals han mostrat altes abundàncies de gorgònies característiques de

fàcies coral·lígenes protegides per la Convenció de Barcelona. La diversitat funcional del Canal de Menorca es veu representada per megabentos filtrador i sèssil dominat per esponges, ascídies, briozous i cnidaris (Barberá et al. 2012).

GRAVACIÓ DEL VÍDEOS:

Durant les campanyes realitzades dins del projecte LIFE+INDEMARES a bord del vaixells oceanogràfics García del Cid i Miquel Oliver, un total de 43 vídeo-transsectes van ser duts a terme. Aquests vídeo-transsectes van ser realitzats durant 3 campanyes: Indemares 4 (31 Març al 10 Abril, 2011), Indemares 5 (31 d'Octubre al 3 de Novembre, 2011) i Indemares 0811 (23-27 Agost 2011). L'objectiu principal d'aquestes campanyes era l'estudi de la distribució i diversitat de les comunitats bentòniques al Canal de Menorca. D'aquests 43 vídeos es

van seleccionar un total de 9 que presentaven l'espècie objecte d'aquest treball, *Paramuricea macrospina*. Per a la gravació dels vídeos es van utilitzar el submergible tripulat JAGO (Leibniz Institute of Marine Science, IFM-GEOMAR, Kiel) i el ROV NEMO (Gavin Newman) els dos equipats amb una càmera de 1080 línies de resolució horitzontal, sensors de profunditat, brúixoles i dos làsers paral·lels, els quals van proporcionar l'escala per definir l'amplada fixa del transsecte (0,3 m) durant el posterior anàlisi dels vídeos. Per registrar les posicions exactes dels dos aparells es va utilitzar un *LinkQuestTrackLink* 1500 HA junt amb un transponedor TN 1510B.

Aquestes dades van ser analitzades amb ArcGis per obtenir el mapa de posicions i les longituds dels transsectes. Els vídeos van ser gravats a profunditats entre 49 m i 291 m a

Taula. 1- Llistat dels transsectes, respectives coordenades geogràfiques, longituds, àrees mostrejades i profunditats inicials i

Transsecte	Posició		Longitud (m)	Àrea (m ²)	Profunditat (m)		
	Inici	Final			Inici	Final	Mitja
1	3°38'53.48"E, 39°57'41.82"N	3°38'52.96"E, 39°58'6.68"N	778	233,4	64,8	67,0	66,5
2	3°41'27.41"E, 39°55'39.79"N	3°41'37.51"E, 39°55'54.00"N	513	153,9	69,6	64,4	65,9
3	3°33'2,05"E, 39°51'5.18"N	3°33'27.11"E, 39°51'22.33"N	815	244,5	73,9	73,8	71,8
4	3°34'8,85"E, 39°52'45.40"N	3°34'14.12"E, 39°53'5.35"N	636	190,8	86,3	90,25	89,3
5	3°31'11.35"E, 39°52'48.20"N	3°31'33.15"E, 39°52'42.94"N	566	169,8	78,0	75,65	76,0
6	3°29'28.66"E, 39°51'50.75"N	3°29'44.34"E, 39°51'42.10"N	471	141,3	66,2	63,9	65,0
7	3°38'24.39"E, 39°55'2.28"N	3°38'35.99"E, 39°55'0.48"N	561	168,3	84,9	76,3	73,5
8	3°32'28.06"E, 39°51'13.29"N	3°32'14.11"E, 39°51'36.15"N	1088	326,4	39,14	62,8	66,1
9	3°7'13.8"E, 39°59'58.00"N	3°7'30.72"E, 39°59'48.28"N	1064	319,2	289,0	110,5	175,9

una velocitat mitjana de 0,4 - 0,5 nusos. Els vídeos van ser digitalitzats i transferits a un disc dur, i l'anàlisi es va dur a terme amb el Final Cut Pro 6 d'Apple. Es van seleccionar les seccions dels transectes que podien ser utilitzades per a l'estudi de l'estructura de talles i de l'estructura espacial de les poblacions, sent les colònies perfectament visibles i perpendiculars a la càmera. El procés d'edició també implicava eliminar seqüències en les que l'aparell estava parat (recollida de mostres, fotografies..) o realitzant moviments erràtics (desplaçament en vertical o lateral), per tal de no sobreestimar la longitud del transecte. De un total de 13 hores i 13 minuts gravats, després de l'edició es van obtenir 10 hores i 11 minuts per al anàlisi, corresponent a una àrea total analitzada de aproximadament 2000 m² (Taula 1).

ESTRUCTURA ESPACIAL:

L'estructura espacial es va estudiar amb els vídeo-transectes, marcant la posició de cada colònia. Segons la velocitat del submergible o del ROV, que es movia a velocitat constant, i la duració de cada transecte, es va convertir el temps en distància per a posicionar cada colònia.

L'estructura espacial va ser analitzada aplicant estadístiques espacials amb el Passage 2.0 (Rosenberg 2008). La distribució de les colònies al llarg dels transectes es va representar gràficament en *density plots*. Per fer això els transectes es van transformar en una cadena de quadrats contigus (0,2 x 0,3 m) i es va calcular la densitat mitja al llarg de cada transecte, el percentatge de quadrats ocupats i la densitat de colònies als quadrats ocupats. Per a estudiar el tipus de distribució de les colònies (agregada, al atzar o regular) a múltiples escales, es va utilitzar la versió unidimensional de la funció K de Ripley, graficada com funció L: $L(t)=t-K(t)/2$ (Ripley 1976, 1981; Haase et al. 1996; Fortin i Dale 2005). En la funció K de Ripley el número de colònies veïnes a una distància (t) de cada colònia va ser contada i es va aplicar una correcció de marge dels límits inicials i finals del transecte (Fortin i Dale 2005). Per a testar la hipòtesis nul·la d'una distribució totalment aleatòria en la distribució de les colònies de gorgònies al llarg de les seccions dels transectes es van generar un número de transectes randomitzats per comparar amb un reposicionament aleatori de totes les colònies

observades al llarg de cada transecte. Per a comprovar que això fos significatiu estadísticament (amb un interval de confiança del 95%), es van utilitzar els valors al límit de 2,5% de les cues de 99 d'aquestes randomitzacions. Aquesta estadística ha sigut recentment aplicada per l'estudi d'altres espècies de gorgònies costeres del Mediterrani (Gori et al. 2011a,b). Si l'estadístic mostrat es troba dins dels límits de l'interval de confiança en algun punt, llavors la hipòtesis nul·la no pot ser rebutjada: una desviació positiva significativa del estadístic mostrat indica sobre-dispersió de les colònies, mentre una desviació negativa significativa indica una distribució agrupada (Fortin i Dale 2005).

Per últim es va analitzar la covariància espacial entre les colònies dels diferents morfotips mitjançant l'estadística espacial Three-Term Local Quadrat Covariance (3TLQC) (Dale i Blundon 1991; Rosenberg 2008). Mitjançant aquest anàlisi és possible veure si la distribució de les colònies del morfotip groc està influenciada per la distribució de les colònies del morfotip lila. Definida V_a com la variància de la distribució de densitat de les colònies grogues, V_b com la de les colònies liles i V_{a+b}

com la variància de la suma de les colònies grogues i liles, llavors la covariància es pot definir com: $Cov = (V_{a+b} - V_a - V_b)/2$ (Dale 1999).

ESTRUCTURA DE TALLE:

L'estructura de talla va ser estudiada mesurant l'alçada màxima de les colònies de *Paramuricea macrospi-na* amb el software Carnoy (Schols i Smets 2001) utilitzant imatges extremes dels vídeos. Com que la distància entre els làsers va ser utilitzada per a calibrar les imatges, les mesures es van realitzar en imatges fixes on els làsers estaven al mateix pla que el peu de les colònies. Un cop calibrada la imatge amb la distància constant dels làsers, es va mesurar la distància entre el peu de la colònia i l'extrem de la seva branca més alta. Totes les colònies es van repartir en 4 classes de talles en rangs de 10 cm cadascuna. Durant l'anàlisi dels transectes es va diferenciar entre colònies grogues (PMG), liles (PML) i roses (PMR), corresponents als tres morfotips, que es van comptabilitzar per separat. Finalment es van calcular els percentatges de cada classe de talla i es van representar gràficament en forma d'histograma.

RESULTATS

OCUPACIÓ I ABUNDÀNCIA:

Paramuricea macrospina va ser localitzada en un 6,4% dels 32.459 quadrats, i un total de 3.419 colònies van ser observades al llarg dels 9 transectes estudiats. Els transectes amb densitats màximes més altes van ser el 7 (45 colònies·m²), el 8 (25 colònies·m²) i el 1 (31 colònies·m²) (Taula 2).

Taula 2- Densitat màxima de cada transecte considerant els tres morfotips junts

Transect	Maximum density (colònies·m ²)
1	31
2	8
3	17
4	14
5	4
6	6
7	45
8	25
9	11

El morfotip groc (PMG) va ser el més abundant representant el 58,1% del total de colònies observades, seguit pel morfotip lila (PML) amb un 39,8% de les colònies i per últim el morfotip rosat (PMR) amb un 2% de colònies del total (Taula 3). Dels 9 transectes analitzats es va trobar PMG en 7 d'ells (1, 2, 3, 4, 5, 6 i 7) entre 64 i 90 m de profunditat, PML es va

trobar en 6 transectes (1, 2, 3, 5, 6 i 8) entre 39 i 78 m de fondària; i PMR només es va trobar en el transecte més profund el 9, entre 110 i 290 m. Els morfotips groc i lila es van observar coexistent en 6 dels transectes (1, 2, 3, 4, 5 i 6). En els transectes 2 i 4 es va apreciar una dominància, en quant a número de colònies, de PMG, sent de 165 i 315 colònies respectivament, en comparació amb les 14 i 4 colònies de PML. En canvi, en els transectes 1 i 3, va ser PML el més dominant, amb 746 i 318 colònies versus les 139 i 67 de PMG. En aquells transectes on el morfotip dominant era el lila (1 i 3), el número de colònies grogues era un ordre de magnitud més baix, però en els transectes on PMG era el més abundant (2 i 4), les colònies liles apareixien en números molt baixos, dos ordres de magnitud per sota, o eren totalment absents. En els altres dos transectes on s'observava coexistència dels dos morfotips (transectes 5 i 6) no es va apreciar dominància de cap dels morfotips. No es van observar diferències significatives entre el morfotip groc (PMG) i el morfotip lila (PML) en la densitat mitjana de colònies (test t, p-value = 0,45), el percentatge de

Taula 3 - Presència de *Paramuricea macrospina* i la seva distribució espacial al àrea d'estudi. L'ocupació (freqüència d'ocurrència en el conjunt de quadrats) és donada per a cada sub-àrea i morfotip; abundància (número de colònies) i la densitat màxima de cada morfotip és donada en cada sub-àrea.

Transect	Sampling unit		Morphotypes	Sampling units with species		Colonies		Max Density (colonies/sample unit)
	Number	with gorgonians (%)		Number	(%)	Number	(%)	
1	3890	477 (12,3)	PMG	80 (2,1)	139 (15,3)	9		
			PML	10 (0,3)	746 (84,7)	6		
			PMR	0 (0,0)	0 (0,0)	0		
2	2565	142 (5,5)	PMG	134 (5,2)	165 (92,2)	4		
			PML	9 (0,4)	14 (7,8)	3		
			PMR	0 (0,0)	0 (0,0)	0		
3	4075	304 (7,5)	PMG	65 (1,6)	67 (17,4)	2		
			PML	253 (6,2)	318 (82,6)	4		
			PMR	0 (0,0)	0 (0,0)	0		
4	3180	219 (6,9)	PMG	217 (6,8)	315 (98,7)	7		
			PML	4 (0,1)	4 (1,3)	1		
			PMR	0 (0,0)	0 (0,0)	0		
5	2830	81 (2,9)	PMG	61 (2,2)	74 (84,1)	5		
			PML	20 (0,7)	24 (15,9)	3		
			PMR	0 (0,0)	0 (0,0)	0		
6	2354	50 (2,1)	PMG	31 (1,3)	33 (61,1)	2		
			PML	20 (0,8)	21 (38,9)	2		
			PMR	0 (0,0)	0 (0,0)	0		
7	2805	575 (20,5)	PMG	575 (20,5)	1194 (100,0)	11		
			PML	0 (0,0)	0 (0,0)	0		
			PMR	0 (0,0)	0 (0,0)	0		
8	5440	169 (3,1)	PMG	0 (0,0)	0 (0,0)	0		
			PML	169 (3,1)	235 (100,0)	5		
			PMR	0 (0,0)	0 (0,0)	0		
9	5320	48 (0,9)	PMG	0 (0,0)	0 (0,0)	0		
			PML	0 (0,0)	0 (0,0)	0		
			PMR	48 (0,9)	70 (100,0)	4		

quadrats ocupats (occupancy) (test t, p-value = 0,29) i la densitat de

colònies en quadrats ocupats (test t, p-value = 0,77) (Fig 6).

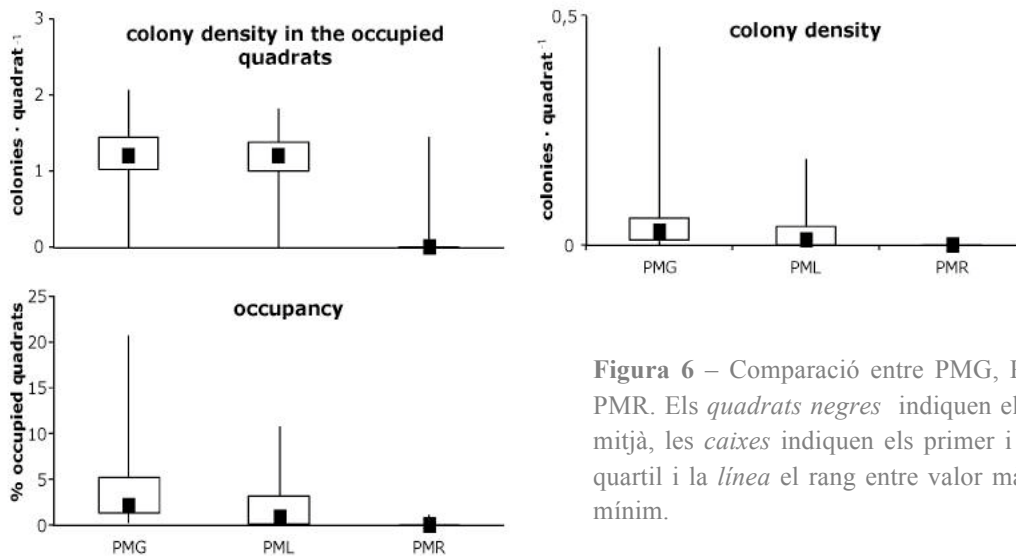


Figura 6 – Comparació entre PMG, PML i PMR. Els *quadrats negres* indiquen el valor mitjà, les *caixes* indiquen els primer i tercer quartil i la *linea* el rang entre valor màxim i mínim.

Tot i això, la població del morfotip groc presentava valors màxims més alts que les altres dues. En el cas

d'una població no es van poder calcular intervals de valors.

L'anàlisi de Ripley's K va revelar

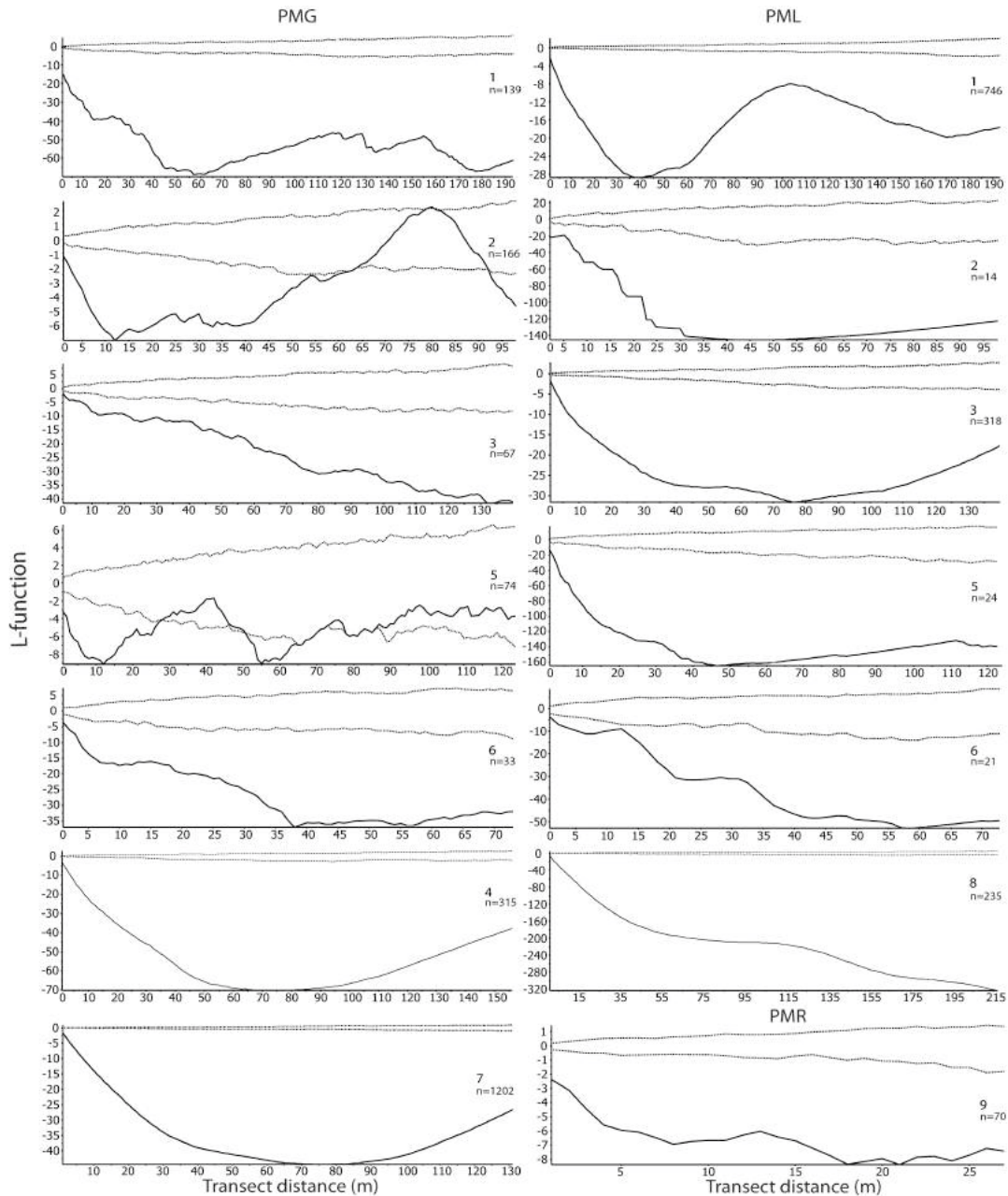


Figura 7- Representació gràfica de la funció L (funció k de Ripley) de les poblacions de *Paramuricea macrospina* (n= número de colònies)

del morfotip rosat, només es van obtenir dades d'un transecte així que per aquest morfotip no es van apreciar variàncies dels seus valors en els gràfics, ja que al no tenir més

una distribució agregada significativa en tots els transectes, excepte pels transectes 2 i 5 que presentaven una distribució aleatòria per PMG en una escala

entre 65 i 92 metres per al transecte 2 i entre 30 i 50 metres i per sobre de 90 m d'escala per al transecte 5 (Fig 7).

L'anàlisi de la covariància espacial entre morfotips s'ha dut a terme en els transectes 1, 3, 5 i 6 on la densitat de colònies grogues i liles era prou gran com per permetre l'aplicació de l'estadística 3TLQC. En tots els transectes es va veure una clara correlació positiva, indicant que on hi ha colònies grogues també n'hi ha de liles. Aquest tret es va veure en escales grans: a partir de 8 m en el transecte 1, en el transecte 3 a partir de 60 m, 40 m al transecte 5

i a partir de 28 m en el transecte 6. A petita escala tots els transectes, excepte el 5, van mostrar una correlació negativa, indicant que on hi ha colònies d'un dels morfotips, groc o lila, l'altre no hi és present i viceversa. En el cas del transecte 1 la correlació negativa es trobava fins als 3 m, en el transecte 3 entre 3 i 5 m i entre 28 i 38 m, i en el primer metre junt amb un tram de 10 a 20 m en el transecte 6. A les demés escales, els individus dels dos morfotips es distribuïen independentment (Fig. 8).

Al llarg dels transectes la densitat de les colònies va resultar o bé contínua o bé discontinua (Fig. 9).

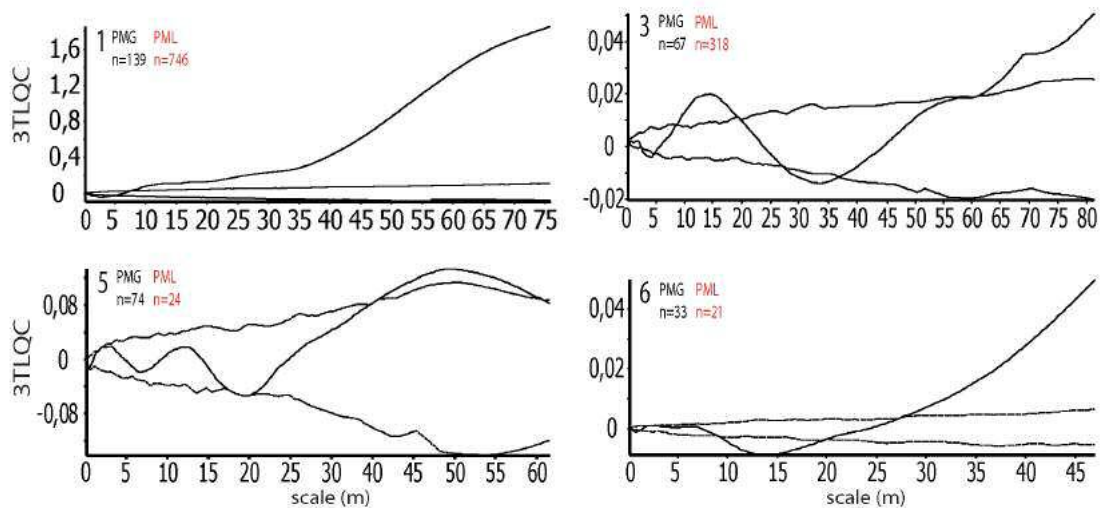


Figura 8 – Three term local quadrat covariance (3TLQC) dels quatre transectes on coexisteixen PMG i PML, a una escala del 10% (n= número de colònies).

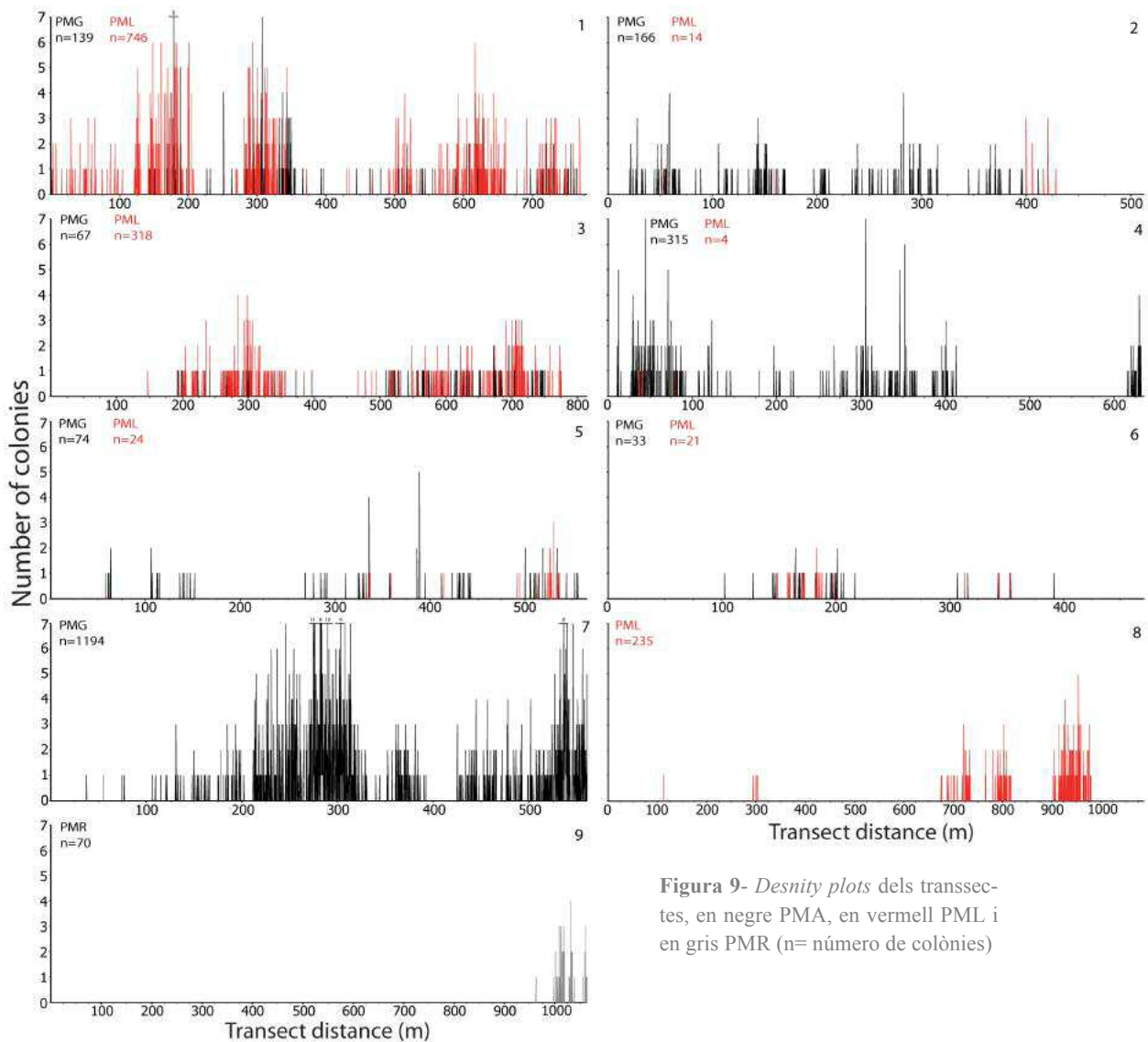


Figura 9- Densitat plots dels transectes, en negre PMA, en vermell PML i en gris PMR (n= número de colònies)

En els transectes 1, 2, 4 i 7 es va observar una continuïtat en la densitat d'individus, all llarg del transecte es van localitzar colònies en tots els punts, mentre que en els transectes 3, 5, 6, 8 i 9, els individus no eren presents al llarg de tota la distància, quedant certs espais buits. En cinc dels transectes analitzats, es van veure trams on la densitat era molt més

elevada que en la resta del espai analitzat: entre 100 i 200 m, 280 i 360 m, i 580 i 670 m en el transecte 1; als 300 i 700 m en el transecte 3, de 0 a 100 m i entre 300 i 400 m al transecte 4, entre 200 i 300 m i a partir de 500 m al transecte 7; i entre 900 i 1000 m el transecte 8. En els transectes, 5, 6 i 9 aquesta tendència no era tan marcada .

ESTRUCTURA DE TALLE:

Es van mesurar un total de 2.697 de les 3.419 colònies de *Paramuricea macrospina* que es van localitzar en tots els transectes, de les quals

1.697 corresponien al morfotip groc, 930 al lila i 70 al rosat. L'alçada màxima i mínima per PMG es van trobar respectivament en els transectes 4 (41,9 cm) i el 7 (0,5

Taula 4- Característiques de l'estructura de talles de les poblacions estudiades de *Paramuricea macrospina*:

Transect	Morphotypes	Number of colonies	Height (cm)			
			Maximum	Minimum	Avarage	StDev
1	PMG	98	29,4	0,8	6,2	5,8
	PML	461	30,1	0,3	6,8	5,1
	PMR	0				
	Total		29,75	0,55	6,5	
2	PMG	81	18,4	1,5	5,8	3,2
	PML	12	18,2	4,2	10,9	4,3
	PMR	0	0			
	Total		18,3	2,85	8,35	
3	PMG	57	25,1	3	14,5	5,6
	PML	251	29,4	0,9	12,1	6,2
	PMR	0				
	Total		27,25	1,95	13,3	
4	PMG	276	41,9	1	8,2	6,1
	PML	4	8,9	5	7,3	1,6
	PMR	0				
	Total		25,4	3	7,75	
5	PMG	65	33,8	1,5	10,8	6,1
	PML	22	27,2	4	12,2	5,3
	PMR	0				
	Total		30,5	2,75	11,5	
6	PMG	21	27,4	2,8	15,1	7,1
	PML	14	26	9,5	17,2	5,3
	PMR	0				
	Total		26,7	6,15	16,15	
7	PMG	1099	33,1	0,5	8,8	6,9
	PML	0				
	PMR	0				
	Total		33,1	0,5	8,8	
8	PMG	0				
	PML	166	31,3	3,2	15	5,7
	PMR	0				
	Total		31,3	3,2	15	5,6
9	PMG	0				
	PML	70				
	PMR	0	41,3	4,6	17,1	9
	Total		41,3	4,6	17,1	
TOTAL:		2.697	28,5	2,8	11,2	5,6
PMG		1.697	29,9	2,0	9,9	5,8
PML		930	24,4	3,9	11,6	4,8
PMR		70	41,3	4,6	17,1	9

cm). Les alçades mitjanes màxima i mínima per aquest morfotip van ser de $29,9 \pm 7,4$ cm i de 2 ± 1 cm respectivament, sent de $9,9 \pm 5,8$ cm l'alçada mitjana total d'aquest morfotip. Per PML les alçades màxima i mínima es van trobar als

transsectes 8 (31,3 cm) i 1 (0,3 cm). Les alçades mitjanes màxima i mínima per al les colònies liles van ser de $24,4 \pm 8,1$ cm i de $3,9 \pm 1,9$ cm, amb una alçada mitjana total per al morfotip de $11,6 \pm 4,8$ cm. El morfotip rosa, només representat

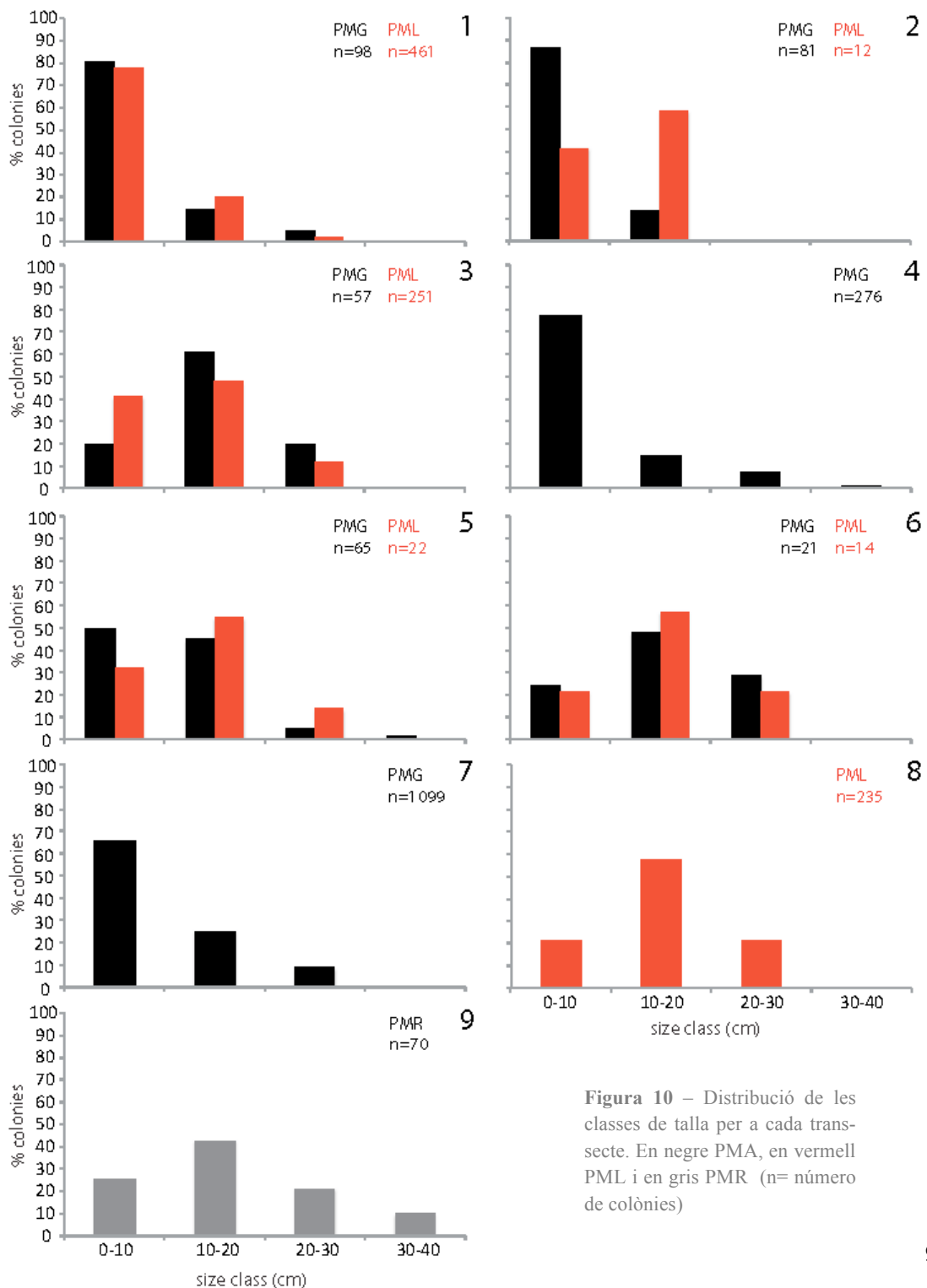


Figura 10 – Distribució de les classes de talla per a cada transsecte. En negre PMA, en vermell PML i en gris PMR (n= número de colònies)

per un dels transsectes, el 9, presentava una alçada màxima de 41,3 cm i mínima de 4,6 cm, l'alçada mitjana per al morfotip rosa va ser de $17,1 \pm 9$ cm. Comparant tots els transsectes el que va presentar un alçada mitjana més alta va ser el 9, i el transsecte amb una alçada mitjana més baixa va ser el 1 (Taula 4).

En els transsectes 1, 2, 4 i 7 es va observar una alta freqüència d'individus de talla petita (< 10 cm), representant entre el 65 i el 85% del total de les colònies de cada un dels transsectes. En els altres transsectes, el 3, 5, 6, 8 i 9, es va veure un major percentatge de colònies de talles mitjanes (entre 10 i 30 cm). En tots els casos els individus de talla màxima (entre 30 i 40 cm) van ser molt poc abundants, transsectes 4, 5, 7, 8 i 9 o completament inexistents, transsectes 1, 2, 3 i 6. L'única població que va presentar una quantitat representativa d'individus de talla màxima va ser la del transsecte 9, amb un 10% de colònies en aquesta classe de talla (Fig. 10).

La densitat de *Paramuricea macrospina* (Taula 1) al àrea d'estudi (4-45 colònies·m²) és consistent amb dades d'altres gorgònies del Mediterrani nord-occidental com *E. singularis* (>50 colònies·m², Weinberg 1976; 1-56 colònies·m², Linares et al. 2008; 37 colònies·m², Gori et al. 2011a) i *P. clavata* (46 colònies·m², Weinberg 1976; 11-53 colònies·m², Linares et al. 2008; 18,5 colònies·m², Gori et al. 2011a), i comparables amb dades reportades per a gorgònies d'altres àrees temperades (Grigg 1977) i tropicals (Yoshioka i Yoshioka 1989; Chiappone et al. 2003). Contràriament, estudis sobre *Leptogorgia sarmen-tosa*, l'única espècie del mateix hàbitat ($6,8 \pm 3$ S.D. colònies·m², Mistri 1995; 0,5-1,5 colònies·m², Gori et al. 2011), gorgònies profundes (Mortensen i Buhl-Mortensen 2004) i coralls d'aigua freda (Orejas et al. 2009) van evidenciar abundàncies molt més baixes. El rang de variabilitat de la densitat de *Paramuricea macrospina* al Canal de Menorca és del mateix ordre de magnitud que la variabilitat de *E. singularis* i *P. clavata* a altres punts del Mediter-

rani occidental (Linares et al. 2008; Gori et al. 2011a), el que suggereix que aquest és possiblement el rang de densitat natural per aquesta espècie. El valor més alt de màxima densitat va correspondre al morfotip groc (PMG) amb 45 colònies·m², aquest morfotip també va presentar els valors més alts en quant a ocupació i abundància (Fig. 6) i va representar el 58,1 % de la població estudiada. Tant la distribució de PMG com la de PML van ser molt extenses al llarg dels transectes analitzats però PMG va ser més abundant en quant al número de colònies. Aquestes dades apunten a que PMG té un rang més ampli de tolerància a factors abiòtics, tenint en compte que es va trobar coexistent en la mateixa zona que PML. D'altra banda, s'han demostrat els efectes de la competència intraespecífica i com aquesta pot alterar i donar forma a les poblacions en ambients saturats (Shiozaki i Kira 1956). La competència apareix com un efecte negatiu denso-dependent quan les poblacions es tornen suficientment denses (Linares et al. 2008), fet que es podria veure reflectit en les poblacions de PML, de densitats baixes quan coexisteixen amb PMG.

Tant PMG com PML es troben entre 39 i 90 m, a la plataforma continental, sobre fons de maërl, que es troben al llarg de gran part del canal. Contràriament, el morfotip rosat (PMR) només es va trobar al transecte 9, precisament l'únic situat al talús continental, entre 110 i 290 m de profunditat (Fig.1), presentant una distribució molt més acotada. Encara que aquest morfotip només s'ha trobat en un dels nou transectes estudiats, les pautes de distribució analitzades són representatives del morfotip, el fet de no haver trobat indicis de la seva presència en l'àrea de la plataforma continental analitzada és una dada a tenir en compte, indicant que aquest morfotip té una zona de distribució menys ampla i possiblement respon un rang diferent de condicions ambientals. Canvis en els límits de distribució de diferents comunitats bentòniques del Mediterrani nord-occidental han sigut relacionats anteriorment amb diferències en factors com la llum, la temperatura i l'hidrodinamisme al llarg d'una escala espacial comparable (Zabala i Ballesteros 1989). Al Mediterrani les principals condicions ambientals varien a mida que augmenta la profunditat (Garrabou et al. 2002), això

podria promoure diferències entre les poblacions de gorgònies a diferents profunditats (Gori et al. 2011b). Aquesta variació espacial dels factors abiòtics i la seva relació amb la distribució d'espècies (Weinberg 1976) podrien acotar la distribució segons la profunditat en aquestes àrees (Linares et al. 2008). Carpine i Grasshoff (1975) van descriure *Paramuricea clavata*, l'única espècie mediterrània del mateix gènere, com una espècie esciòfila arribant als 50-100 m de profunditat, amb colònies fixades a parets verticals creant poblacions denses i assolint grans talles. Aquestes característiques són comuns a les del morfotip rosat de *Paramuricea macrospina*, que a més d'ocupar parets verticals al talús entre 110 i 290 m de fondària, presenta colònies més grans que els altres dos morfotips. El fet de que PMR només es trobés al talús podria suggerir una estratègia evolutiva en la que aquest morfotip va colonitzar nous hàbitats per evitar la competència directa amb els altres dos morfotips de la seva mateixa espècie. Sent el maèrl un substrat molt menys estable comparat amb el substrat rocós del talús en el qual es va trobar a PMR, podria explicar la diferència entre les

alçades tant màximes com mitjanes entre el morfotip rosat i els dos morfotips de plataforma (PMG i PML). Els fons de maèrl estan constituïts per algues coral·linàcies de vida lliure sobre fons tous. Seria una estratègia poc eficaç que sobre aquest fons es desenvolupessin colònies de gran mida, ja que, un substrat inestable com el maèrl no podria compensar la força de les corrents i les colònies caurien i quedarien tombades sobre el fons. En concordança amb l'únic estudi previ de *Paramuricea macrospina* al Canal de Menorca (Ambroso 2010), s'ha observat un patró agregat per a la majoria dels transectes estudiats en tota a l'escala analitzada (Fig. 7). Patrons de distribucions agregades de les colònies han sigut observats prèviament en espècies de gorgònies tropicals i profundes (Yoshioka i Yoshioka 1989, Mortensen i Buhl-Mortensen 2004) així com la gorgònia mediterrània *Eunicella singularis* (Gori et al. 2011b). Aquesta distribució agregada concorda amb les densitats observades al llarg dels transectes (Fig. 9), ja que aquestes densitats presenten pics de concentració d'individus en diferents punts de la longitud dels transectes, indicant alternança entre zones d'alta i

baixa densitat. Diferents factors podrien explicar aquesta distribució; com el transport de sediments, que com indica Weinberg (1979), controla la distribució de gorgònies, i variacions locals d'aquest transport de sediments afecta la seva distribució (Yoshioka i Yoshioka 1989), o bé, aquesta distribució agrupada podria ser originada per una dispersió filopàtrida de les larves (Weinberg i Weinberg 1979).

L'anàlisi de covariància entre PMG i PML va evidenciar una correlació positiva a gran escala i una correlació negativa a petita escala en tots els transsectes. El fet de que existeixi aquesta correlació negativa a petita escala indica cert grau de competència intraespecífica en aquesta escala (Orejas et al. 2009). Aquesta observació es veu recolzada pel fet que, quan els dos morfotips coexisteixen en un transsecte, en la majoria dels casos hi ha un dominant sobre l'altre. Tot i això, el fet de que a les escales analitzades aquests dos morfotips cohabitin en les mateixes àrees, indica que aquesta competència intraespecífica no resulta en exclusió competitiva per a cap dels dos morfotips, però sí en una coexistència de poblacions

agrupades (*patches*) dins del mateix hàbitat o comunitat.

Els morfotips de *Paramuricea macrospina* situades a la plataforma, PMG i PML, van mostrar alçades mitjanes màximes inferiors a les poblacions de PMR, situades al talús. Les poblacions de plataforma no presentaven individus en la classe de talla més gran (30-40 cm) o en presentaven en proporcions extremadament baixes (2%). Això contrasta amb les colònies trobades al talús on, com ja s'ha comentat anteriorment, hi ha més estabilitat ambiental fent que la població comptés amb més individus de talla gran (Gori et al. 2011b), representant el 10 % d'aquesta població. Aquest resultat és consistent amb l'augment de l'alçada màxima en profunditat observat en *P.clavata* (Harmelin i Marinopoulos 1994) i pot ser atribuït no només a substrat més estable, sinó també a un descens del hidrodinamisme en profunditat (Linares et al. 2008). De la mateixa manera, en l'estudi realitzat per Tsounis et al. (2006) sobre corall vermell al Nord-oest Mediterrani, on es comparava la demografia d'aquesta espècie dins i fora de l'àrea protegida de les Illes Medes, es va veure que les colònies dins de l'àrea de protecció

van assolir alçades més altes. La diferència de mides de les colònies entre les àrees pertorbades i les àrees de dins de la reserva es van atribuir, en part, a la major profunditat i menor accessibilitat en aquestes últimes àrees. Així doncs, al estar al talús, les poblacions de PMR es situen a grans profunditats i pendents creant un espai protegit per les gorgònies que hi habiten.

A més a més, es va veure que, en la plataforma, en els transsectes 1, 2, 4 i 7, les poblacions de *Paramuricea macrospina* estaven dominades per la classe de talla més petita (0-10 cm), en contrast amb les poblacions dels transsectes 3, 5, 6, 8 i 9 que eren dominades per classes de talla mitjana (10-20 cm i 20-30 cm). La dominància de colònies de talla petita en aquestes 4 poblacions indica una alta mortalitat de classes de talla més grans (Grigg 1976). Tal i com descriu Tsounis et al. (2006), l'estructura d'edat d'una població sana en estat d'equilibri està estructurada per una corba monotònica. Una manca marcada de individus vells indica una mortalitat alta ja sigui per causes naturals (Grange i Singleton 1988) o per la seva explotació (Grigg 1976). Aquests factors es manifesten com a un canvi en la

distribució d'edats cap a colònies joves, desviant-se d'una distribució en estat d'equilibri, com es pot observar en espècies explotades (Santangelo et al. 2004).

Al Canal de Menorca l'activitat pesquera representa la major amenaça pels hàbitats de maèrl i coral·ligen (Barberá et al. 2009), hàbitats on aquest treball demostra que es troben les poblacions de *Paramuricea macrospina*. Al canal de Menorca els fons de maèrl presenten un estat de conservació favorable. No obstant això, a partir de les dades analitzades, es pot deduir que els transsectes que presenten una estructura de talles típica d'una població impactada, podrien ser conseqüència d'un impacte de l'activitat pesquera al canal. El fet de que tots els transsectes considerats com impactats estiguin agrupats en la mateixa zona del canal (Fig.1) recolza aquesta teoria, tots situats en zones de maèrl i coral·ligen. A més a més, les zones on es produeix la major activitat de pesca artesanal mitjançant arts menors (tresmall i palangre, principalment) són àrees de gran concentració de blocs de coral·ligen i maèrl ja que són els hàbitats preferents de les espècies objectiu d'aquestes modalitats de pesca

(Barberá et al. 2009). L'heterogeneïtat dels arts de pesca i de les espècies objectiu fa difícil arribar a conclusions generals del impacte sobre l'ecosistema d'aquestes pràctiques de pesca. (Tudela 2005). Les principals pesqueries que representen una amenaça per les comunitats bentòniques als fons del Canal de Menorca són el tresmall de llagosta i el palangre. La pesca de llagosta es realitza amb tresmall en fons de coral·ligen i maërl entre 50 i 90 m de profunditat i es sospita que hi ha un sobre esforç per sobre del legalment possible (Barberá et al. 2009). Cal dir, però, que tot i amb això, la pesca artesanal degut a l'ús d'arts menys agressives i al fet que els pescadors retornen els rodòlits on s'hi han establert les gorgònies que troben a les seves xarxes al mateix punt on han sigut extretes (Grinyó et al. 2011), afavoreixen la conservació del medi, especialment en comparació amb la pesca de ròssec que és molt més destructiva. Les poblacions de *Paramuricea macrospina* del Canal de Menorca són un fet excepcional a les plataformes mediterrànies en les que la major part de les espècies de gorgònies, grans esponges i fins i tot pennatulacis

han desaparegut degut al efecte destructiu de la pesca de ròssec.

Amb les dades obtingudes en aquest treball, es pot considerar que hi ha poblacions de *Paramuricea macrospina* ben conservades a la zona del canal. Aquestes àrees serien molt útils com a dades de referència en el context de les comunitats bentòniques en bon estat per futures estratègies de gestió, especialment per què es tracta d'un lloc en el que es pot tenir un "punt zero" per seguir la recuperació a curt termini de poblacions de plataforma després d'aplicar mesures de protecció.

CONCLUSIÓ

L'estudi de la densitat i abundància de *Paramuricea macrospina* demostra que aquesta és una espècie abundant i característica del fons de plataforma del Canal de Menorca. Dels tres morfotips analitzats el groc és el més freqüent, segurament, degut a una més ampla tolerància a factors ambientals. S'han observat els morfotips groc i lila cohabitant en un mateix punt sense efectes d'exclusió competitiva encara que certa competència intraespecífica ha pogut ser evidenciada. El morfo-

tip rosat de *Paramuricea macrospina* sembla ocupar hàbitats diferents als altres dos morfotips, situant-se al talús continental, en biòtops més comuns de *P.clavata*, és a dir, a parets verticals i fons rocosos, i no en la plataforma. Tots tres morfotips presenten distribucions espacials agrupades, ja sigui per estratègies reproductives o per hidrodinamisme. L'estructura demogràfica de les poblacions analitzades han evidenciat un bon estat de conservació en general, tot i que certes poblacions presenten indicis d'impacte. El fet de que les activitats de pesca artesanals siguin habituals a la zona d'estudi pot indicar que aquestes poblacions han patit l'impacte de les arts de pesca practicades. Mentre que la demografia de la població del morfotip rosat, que es troba totalment fora del rang de les activitats pesqueres, ha sigut el que ha presentat una estructura de talles més típica de una població sana. Es podria considerar a *Paramuricea macrospina* com una de les poques espècies de les comunitats bentòniques que ha pogut resistir a la forta pressió pesquera a tota la zona. Ja que és una espècie no estudiada, la seva conservació com a base de referència és de vital importància i

una bona manera d'avaluar la recuperació a curt termini de poblacions en plataforma.

BIBLIOGRAFIA

- Alonso B, Guillén J, Canals M, Serra J, Acosta J, Herranz P, Sanz JL, Calafat A, Catafau E (1988) Los sedimentos de la plataforma continental balear. Acta Geológica Hispánica, 23: 185-196.
- Ambroso S (2010) Estructura espacial i de talla de una població de la gorgònia *Paramuricea macrospina* (Anthozoa, Alcyonacea) en la plataforma continental de Menorca. (No publicat). Treball de Màster, Universitat de Barcelona.
- Ballesteros E (1992) Els fons rocosos profunds amb *Osmundaria volubilis* (Linné) RE Norris a les Balears. Boll Soc Hist Nat de les Balears, 35: 33-50.
- Ballesteros E (2006) Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of the present knowledge. Oceanogr Mar Biol Annu Rev, 44: 123-195.
- Barberá C, Salleras A, Cerdà F, Moranta J, Ramón M, López JL, Massutí E (2009) Informe Proyecto Canal (Campana-Canal 0209). Centre Oceanogràfic de les Illes Balears, IEO (2009).
- Barberá C, Moranta J, Ordines F, Ramón M, de Mesa A, Díaz-Valdés M, Grau AM, Massutí E (2012) Biodiversity and habitat mapping of Menorca Channel (western Mediterranean): implication for conservation. Biodivers Conserv, 21: 701-728.
- Bavestrello G, Cerrano C, Zanzi D, Cattaneo-Vietti R (1997) Damage by fishing activities to the gorgonian coral

- Paramuricea clavata* in the Ligurian Sea. *Aquat Conserv Mar Fresh Eco-syst*, 7: 253-262.
- Bayer FM (1961) The shallow-water octocorallia of the West Indian region. Martinus Nijhoff, The Hague, 373.
 - Bayer FM (1973) Colonial organization in Octocorals. In: (eds) Animal Colonies (Boardman R, Cheetham A i Oliver W), Hutchinson and Ross, Inc, Stroudsburg, PA: 69-94.
 - Bramanti L, Iannelli M, Santangelo G (2009) Mathematical modelling for conservation and management of gorgonian corals: young and old, could they coexist? *Ecol Model*, 220:2851-2856.
 - Brookfield ME (1988) A mid Ordovician temperate carbonate shelf, the Black River and Trenton Limestone Groups of southern Ontario, Canada. *Sediment Geol*, 60:137-153.
 - Canals M, Ballesteros E (1997) Production of carbonate particles by phytobenthic communities on the Mallorca-Menorca shelf, northwestern Mediterranean Sea. *Deep-Sea Res Pt II*, 44: 611-629.
 - Carpine C (1963) Contribution à la connaissance des Gorgones Holaxonia de la Méditerranée occidentale. *Bull Inst océanogr Monaco*; 60: 1-52.
 - Carpine C, Grasshoff M (1975) Les gorgonaires de la Méditerranée. *Bull Inst océanogr Monaco*, 71 :1-140.
 - Carpine C, Grasshoff M (1975) Les gorgonaires de la Méditerranée. *Bull Inst océanogr Monaco*, 71 :1-140.
 - Chiappone M, Dienes H, Swanson DW, Miller SL (2003) Density and gorgonian host-occupation patterns by flamingo tongue snails (*Cyphoma gibbosum*) in the Florida Keys. *Caribbean J Sci*, 39: 116-127.
 - Cocito S, Bedulli D, Sgorbini S (2002) Distribution patterns of the sublittoral epibenthic assemblages on a rocky shoal in the Ligurian Sea (NW Mediterranean). *Sci Mar*, 66 : 175-181.
 - Coma R, Ribes M, Zabala M, Gili JM (1995) Reproduction and cycle of gonadal development in the Mediterranean gorgonian *Paramuricea clavata*. *Mar Eco Prog Ser*, 117: 173-183.
 - Coma R, Pola E, Ribes M, Zabala (2004) Long-term assessment of temperate octocoral mortality patterns, protected vs. unprotected areas. *Ecol App* 14: 1466-1478.
 - Dale MRT, Blundon DJ (1991) Quadrat covariance analysis and the scales of interspecific association during primary succession. *J Veg Sci*, 2:103-112.
 - Dale MRT (1999) Spatial patterns analysis in plant ecology. Cambridge University Press, Cambridge, p 324.
 - Estrada M (1996) Primary production in the northwestern Mediterranean. *Sci Mar*, 60 (Suppl 2): 55-64.
 - Fortin MJ, Dale MRT (2005) Spatial analysis: a guide for ecologists. Cambridge University Press, Cambridge, p 365.
 - Fraschetti S, Terlizzi A, Micheli F, Benedetti-Cecchi L, Boero F (2002) Marine protected areas in the Mediterranean Sea: objectives, effectiveness and monitoring. *PSZNI Mar Ecol*, 23: 190-

- Garrabou J, Harmelin JG (2002) A 20-year study on life-history traits of harvested long-lived temperate coral in the NW Mediterranean: insights into conservation and management needs. *J Anim Ecol*, 71: 966-978.
- Gili JM, Garcia A (1985) Biología de *Paramuricea clavata* a les costes catalanes generals. *Boletín Catalano de Historia Natural*, 52: 25-32.
- Gili JM, Ros J (1985) Study and cartography of the benthic communities of Medes Islands (NE Spain). *PSZNI Mar Ecol*, 6: 219-238.
- Gili JM, Murillo J, Ros JD (1989) The distribution pattern of benthic Cnidarians in the Western Mediterranean. *Sci Mar*, 53: 19-35.
- Gori A, Rossi S, Berganzo E, Pretus JL, Dale MRT, Gili JM (2011a) Spatial distribution patterns of the gorgonians *Eunicella singularis*, *Paramuricea clavata* and *Leptogorgia sarmentosa* (Cap de Creus, Northwestern Mediterranean Sea). *Mar Biol*, 158:143-158.
- Gori A, Rossi S, Linares C, Berganzo E, Orejas C, Dale MRT, Gili JM (2011b) Size and spatial structure in deep versus shallow populations of the Mediterranean gorgonian *Eunicella singularis* (Cap de Creus, Northwestern Mediterranean Sea). *Mar Biol* DOI: 10.1007/s00227-011-1686-7..
- Grall J, Le Lóch F, Guyonnet B, Riera R (2006) Community structure and food web based on stable isotopes ($\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$) analysis of a North Eastern Atlantic maërl bed. *J Exp Mar Biol Ecol*, 338: 1-15.
- Grange KR, Singleton RJ (1988) Population structure of black coral, *Anthipathes aperta* in the southern fjords of New Zealand. *N Z J Zool*, 15: 481-489.
- Grigg RW (1976) Fisheries management of precious and stony corals in Hawaii. UNIH-SEAGRANT-TR-77-03.
- Grigg RW (1977) Population dynamics of two gorgonian corals. *Ecology* 58: 278-290.
- Grinyó J, Domínguez C, Gori A, Díaz D, Gili JM (2011) Pesca Sostenible. Investigación y Ciencia, 412.
- Groot SJ (1984) The impact of bottom trawling on benthic fauna of the North Sea. *Ocean Manage*, 9: 177-190.
- Haase P, Pugnaire FI, Clark SC, Incoll LD (1996) Spatial patterns in a two-tiered semi-arid shrubland in southeastern Spain. *J Veg Sci*, 7: 527-534.
- Harmelin JG, Marinopoulos J (1994) Population structure and partial mortality of the gorgonian *Paramuricea clavata* (Risso) in the northwestern Mediterranean (France, Port-Cros Island). *Marine Life* 4:5-13.
- Harmelin JG (1995) Gorgones. *Océanorama*, 24: 3-9.
- Harmelin JG, Garrabou J (2005) Suivi d'une population de *Paramuricea clavata* (Risso, 1826) (Cnidaria, Octocorallia, Gorgonacea) dans le parc national de Port-Cros (Méditerranée, France) : comparaison des états 1992 et 2001 sur le site de Galère. *Sci Rep Port-Cros Natl Park*, 21 :175-191.
- Jones CG, Lawton JH, Scachak M (1994) Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, 69: 373-386.

- Jones LA, Hiscock K, Connor DW (2000) Marine habitats reviews. A summary of ecological requirements and sensitivity characteristics for the conservation and management of marine SAC's. UK Marine SAC's Project report. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough.
- Kamenos NA, Moore PG, Hall-Spencer JM (2004) The nursery area function of maërl grounds for juvenile queen scallops (*Aequipecten opercularis*) and other invertebrates. *Mar Ecol Prog Ser*, 247: 183-189.
- Koch (1882) *Paramuricea macrospina* .
- Linares C, Doak DF, Coma R, Díaz D, Zabala M (2007) Life history and viability of a long-lived marine invertebrate: the octocoral *Paramuricea clavata*. *Ecology*, 88: 918-928.
- Linares C, Coma R, Garrabou J, Díaz D, Zabala M (2008) Size distribution, density and disturbance in two Mediterranean gorgonians: *Paramuricea clavata* and *Eunicella singularis*. *J Appl Ecol*, 45: 688-699.
- Linares C, Doak DF (2010) Forecasting the combined effects of disparate disturbances on the persistence long-lives gorgonians: a case of study of *Paramuricea clavata*. *Mar Ecol Prog Ser*, 402: 59-68.
- Marsilli (1725) *Histoire physique de la Mer*: i-ix, 1-173, 40 pls. (La Compagnie, Amsterdam).
- Massutí M, Reñones O (2005) Demersal resource assemblages in the trawl fishing grounds off the Balearic Sea Islands (Western Mediterranean). *Sci Mar*, 69: 167-181.
- Mistri M, Ceccherelli V (1993) Growth of the Mediterranean gorgonian *Lophogorgia ceratophyta* (L.1758). *PSZNI Mar Ecol*, 14: 329-340.
- Mistri M (1995) Population structure and secondary production of the Mediterranean octocoral *Lophogorgia ceratophyta* (L.1758). *PSZNI Mar Ecol*, 16: 181-188.
- Mortensen PB, Mortensen LB (2004) Distribution of deep-water gorgonian corals in relation to benthic habitat features in the Northeast Channel (Atlantic Canada) *Mar Biol*, 144: 1223-1238.
- Orejas C, Gori A, Iacono C, Puig P, Gili JM, Dale MR (2009) Cold-water corals in the Cap de Creus canyon, north-western Mediterranean: spatial distribution, density and anthropogenic impact. *Mar Ecol Prog Ser*, 397: 37-51.
- Pinot JM, López-Jurado JL, Riera M (2002) The CANALES experiment (1996-1998). Interannual, seasonal and mesoscale variability of the circulation in the Balearic Channels, *Prog Oceanogr*, 55: 335-370.
- Ripley B.D (1976) The second order analysis of stationary point processes. *J Appl Prob*, 13: 255-266.
- Ripley BD (1981) *Spatial statistics*. J. Wiley, New York, NY.
- Rosenberg MS (2008) PASSaGE: Pattern Analysis, Spatial Statistics and Geographical Exegesis. Version 2. <http://www.passagesoftware.net>. Accessed 15 Octubre 2008.
- Santangelo G, Maggi E, Bramanti L, Bongiorni L (2004) Demography of the over-exploited Mediterranean red coral

- (*Corallium rubrum* L. 1758). *Sci Mar*, 68: 199-204.
- Santangelo G, Bramanti L, Iannelli M (2007) Population dynamics and conservation biology of the over-exploited Mediterranean red coral. *J Theor Biol*, 244: 416-423.
 - Sardà, F (1997) Concerted Action for the Biological and Fisheries Study of the Mediterranean and Adjacent Sea Deep Shrimps. Final Report. EC Concerted Action FAIR CT95-0208.
 - Schols P, Smets E (2001) Carnoy: analysis software for LM, SEM and TEM images. Leuven: distributed by the authors. <http://www.carnoy.org>. Accessed 21 January 2009.
 - Shepard FP (1954) Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *J Sed Petrol*, 24: 151-158.
 - Shinozahi K, Kira T (1956) Intraespecific competition among higher plants. VII. Logistic theory of the C-D effect. *Journal of Institute Polytechnics, Osaka City University*, 12:69-82.
 - Sink KJ, Boshoff W, Samaai T, Timm PG, Kerwath SE (2006) Observations of the habitat and biodiversity of the submarine canyons at Soddwana Bay. *S Afr J Sci*, 102: 466-474.
 - Steller DL, Riosmena Rodríguez R, Foster MS, Roberts CA (2003) Rhodolith bed diversity in the Gulf of California: the importance of rhodolith structure and consequences of disturbance. *Acquat Conserv Mar Freshw Ecosyst*, 13: S5-S20.
 - Tanner JE (1999) Stochastic density dependence in population size of a benthic clonal invertebrate: the regulating role of fission. *Oecologia*, 122: 514-520.
 - Théodor J (1971) Phénomènes d'incompatibilité allogénique chez des invertébrés diploblatiques. Réactions létales entre organismes unicellulaires: i-vi, 1-76 (Thesis, University of Paris VI).
 - Tsounis G, Rossi S, Gili JM, Arntz W (2006) Demography of an exploited benthic cnidarian: the case of study of red coral (*Corallium rubrum*). *Mar Biol*, 149: 1059-70.
 - Tudela S (2005) Ecosystem effects of fishing in the Mediterranean: an analysis of the major threats of fishing gear and practices to biodiversity and marine habitats. *General Fisheries Commission for the Mediterranean, Studies and Reviews*, 74.
 - Turner SJ, Thrush SF, Hewitt JE, Cummings VJ, Funnel G (1999) Fishing impacts on the degradation or loss of habitat structure. *Fisheries Manag Ecol*, 6: 401-420.
 - Wahle CM (1980) Detection, pursuit and overgrowth of tropical gorgonians by milleporid hydrocorals. *Science*, 209(8): 689-691.
 - Weinbauer M, Velimirov B (1996) Relative habitat suitability and stability of the Mediterranean gorgonian coral *Eunicella cavolini* (Coelenterata: Octocorallia) *Bull Mar Sci*, 58: 786-791.
 - Weinberg (1976) Revision of the common Octocorallia of the Mediterranean circalitoral. I. Gorgonacea. *Beaufortia* 24: 63-104.
 - Weinberg S (1979) Autoecology of shallow water Octocorallia from Medi-

- terranean rocky substrata. *Bijdr Dierkd*, 49: 33-40.
- Weinberg S, Weinberg F (1979) The life cycle of a gorgonian *Eunicella singularis* (Esper, 1794). *Bijdragen tot de dierkunde*, 48: 127-140.
 - Yoshioka PM, Yoshioka BB (1989 a) A multispecies, multiscale analysis of spatial pattern and its application to a shallow-water gorgonian communities. *Mar Ecol Prog Ser*, 54: 257-264.
 - Yoshioka PM, Yoshioka BB (1989 b) Effects of wave energy, topographic relief and sediment transport on the distribution of shallow-water gorgonians of Puerto Rico. *Coral Reefs*, 8: 145-152.
 - Yoshioka PM, Yoshioka BB (1991) A comparison of the survivorship and growth of shallow-water gorgonians species of Puerto Rico. *Mar Eco Prog Ser*, 69: 253-260.
 - Zabala M, Ballesteros E (1989) Surface-dependent strategies and energy flux in benthic marine communities or, why corals do not exist in the Mediterranean. *Sci Mar*, 53: 3-17.