

# El coral-ligen de les illes Medes: una comunitat fràgil amb un gran valor patrimonial

Cristina Linares<sup>1</sup>, Rafel Coma<sup>2</sup> i Joaquim Garrabou<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departament d'Ecologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona

<sup>2</sup> Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC)

<sup>3</sup> Institut de Ciències de la Mar (ICM-CSIC), Barcelona



## Què és el coral·ligen?

El coral·ligen ha estat definit com una bioconstrucció formada sobretot per algues calcàries de la família de les coral·linàcies, principalment dels gèneres *Lithophyllum*, *Lithothamnion*, *Mesophyllum*, *Neogoniolithon*, *Peyssonnelia* i *Halimeda*, que es desenvolupen entre 20 i 120 m de fondària, on la poca disponibilitat de llum limita el creixement de les algues fotofil·les (Ballesteros, 2006). En aquestes condicions, les espècies d'algues carbonatades passen a ser dominants i, juntament amb diferents espècies d'invertebrats, desenvolupen unes comunitats amb una forta complexitat estructural. Originalment, el coral·ligen es va descriure en el segle XIX a la zona de Marsella (Marion, 1833). El nom, coral·ligen, estava relacionat amb la "producció" de corall vermell *Corallium rubrum* per part de les bioconstruccions algals. De fet, a la zona de Marsella el corall vermell era un recurs pesquer molt important en aquella època i d'aquí, probablement, que s'embrès el terme. Tanmateix, el terme engloba el conjunt de comunitats dominades per diferents algues calcàries i invertebrats que, independentment de la seva composició, estan caracteritzades per desenvolupar importants bioconcrecions (fins a 2 m d'alçada) en diferents zones geogràfiques de la Mediterrània.

Aquestes bioconcrecions algals formen una estructura complexa que dóna refugi a un gran nombre d'altres espècies d'algues i animals, de manera que les comunitats de coral·ligen són importants "punts calents" (*hot-spots*) de biodiversitat. S'han arribat a descriure al voltant de 1.600 espècies, que representen un 20% de totes les que viuen a la Mediterrània (Ballesteros, 2006). Les principals espècies que contribueixen al desenvolupament del coral·ligen són algues calcàries, esponges, cnidaris, briozous i tunicats. Cal destacar que, en general, aquestes espècies es caracteritzen per tenir una dinàmica poblacional lenta, amb taxes de creixement i reclutament baixes. Aquesta dinàmica està en consonància amb l'absència de grans perturbacions ambientals, que són més freqüents i intenses en els ambients més somers. Tot això confereix al coral·ligen una gran fragilitat davant les perturbacions.

Malauradament, les comunitats de coral·ligen estan patint els efectes de l'augment dels impactes derivats de l'activitat humana, com l'augment de la turbulència de l'aigua, l'eutrofització i els efectes erosius de les àncores i els arts de pesca. Actualment, a aquestes perturbacions més locals cal afegir-hi els efectes d'altres dues força importants i d'abast regional: els esdeveniments de mortalitat massiva lligats a l'escalfament de la Mediterrània i l'arribada d'espècies invasores, en els darrers temps i principalment dues espècies d'algues: *Caulerpa racemosa* i *Womersleyella setacea*. L'efecte directe i combinat d'aquestes perturbacions pot tenir conseqüències greus per a la conservació d'aquestes valuoses comunitats.

El coral·ligen és una de les comunitats més emblemàtiques i representatives de les illes Medes. El seu valor patrimonial és extraordinari gràcies a la bellesa i espectacularitat dels paisatges submarins que configura. Els milers d'escafandristes que visiten cada any les illes Medes són la prova del gran atractiu dels fons amb coral·ligen que trobem en aquest indret, que és especialment privilegiat per la seva observació.

## Els estudis sobre el coral·ligen a les illes Medes

Des de finals de la dècada de 1970 fins l'actualitat s'han realitzat nombrosos estudis científics sobre la comunitat del coral·ligen a les illes Medes. Actualment aquests estudis s'han convertit en treballs de referència per als estudiosos i gestors d'espais protegits a la Mediterrània. L'evolució del tipus d'estudis sobre aquesta comunitat a les illes Medes són un clar reflex de com ha anat canviant la recerca en el camp de l'ecologia marina tant a la Mediterrània com arreu del món. Aquesta recerca ha evolucionat des dels primers estudis descriptius a finals de la dècada de 1970 i principis de la de 1980, fins a una aproximació més quantitativa i dinàmica en les dues dècades següents, que finalment ha derivat en estudis més aviat dirigits cap a la conservació, amb l'objectiu de donar resposta a l'augment de les perturbacions que estan afectant els ecosistemes marins arreu del món.

Els primers treballs es varen centrar a determinar l'extensió d'aquesta comunitat a les illes Medes (Gili i Ros, 1985) i a fer els primers inventaris d'espècies que s'hi poden trobar. Es varen descriure al voltant de 497 espècies d'invertebrats, incloent-hi esponges, mol·luscs, hidraris i briozous entre d'altres (Ros *et al.*, 1984). Aquests estudis varen obrir la porta a una sèrie de treballs més focalitzats a estudiar la dinàmica, l'estacionalitat i el funcionament de aquestes comunitats, així com la biologia de les espècies més representatives i abundants de les comunitats del coral·ligen de les illes Medes.

Pel que fa a les comunitats, els primers estudis quantitius es varen realitzar a les dominades per la gorgònia vermella *Paramuricea clavata*. Aquests estudis varen mostrar l'elevada biomassa d'organismes presents a la comunitat (al voltant de 430 g/m<sup>2</sup>), biomassa que és dominada principalment per la gorgònia vermella, però també per altres antozous com *Leptosammia pruvoti*, *Parazoanthus axinellae*, *Cariophyllia inornata* i *Cariophyllia smithii* (Gili i Ballesteros, 1991). Més tard, es varen aplicar a l'estudi de la dinàmica del coral·ligen metodologies més complexes que combinen la fotografia i l'ecologia del paisatge, tradicionalment emprats en ecologia terrestre (Garrabou *et al.*, 2002). Aquestes noves aproximacions, que conjuminaven tècniques fotogràfiques, seguiment de parcel·les fixes i aproximacions demogràfiques (Fotografies 1 i 2), han permès demostrar quantitativament la lenta dinàmica d'aquesta comunitat, on la majoria d'espècies (tant algues com esponges i cnidaris) mostren un creixement lent i una gran persistència al llarg del temps (Garrabou, 1999; Garrabou i Ballesteros, 2000; Garrabou i Zabala, 2001; Teixidó *et al.*, 2011). Aquests estudis de seguiment temporal també ens han permès avaluar l'impacte de grans perturbacions de baixa freqüència, com el cas del temporal de Sant Esteve del 2008, d'una magnitud i intensitat que no s'havia observat en els darrers cinquanta anys. El seguiment de parcel·les fixes va permetre estimar que, en alguns punts de les illes Medes, el temporal va causar una pèrdua

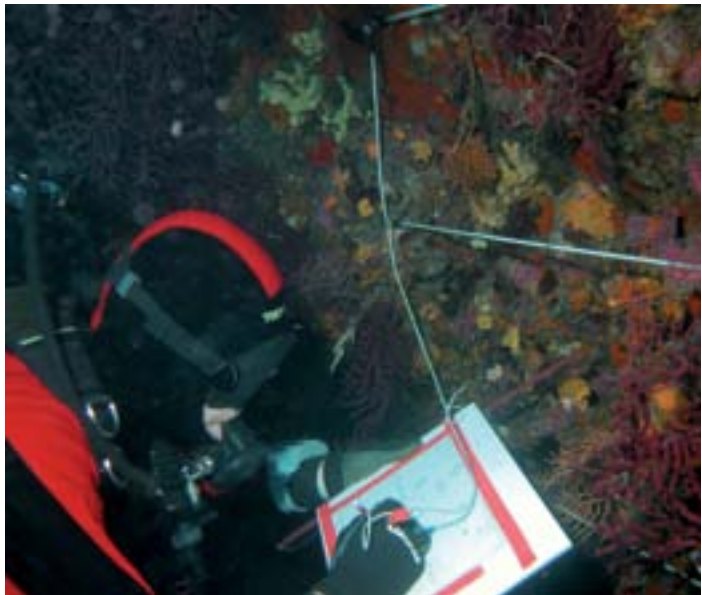


Fotografia 1. Seguiment fotogràfic del corall vermell *Corallium rubrum* (Fotografia: Bernat Hereu).

del 20-30% de la biomassa en més del 70% de les espècies bentòniques analitzades (Garcia-Rubies *et al.*, 2009).

A l'escala de les espècies, la major part dels estudis realitzats s'han centrat en cnidaris i esponges. Una de les espècies més estudiades ha estat la gorgònia vermella *Paramuricea clavata*, espècie molt abundant a les illes Medes. Gràcies a aquests treballs pioners s'ha pogut conèixer el creixement, la reproducció, l'alimentació i la dinàmica poblacional d'aquesta espècie (Coma *et al.*, 1994, 1995a, b, 1998; Ribes *et al.*, 1999a; Linares *et al.*, 2007, 2008a, b; Fotografia 3).

Pel que fa a les esponges, diferents treballs han contribuït al seu coneixement aportant dades sobre el creixement de *Crambe crambe*, *Hemimycale columella*, *Oscarella lobularis*, *Chondrosia reniformis*, *Petrosia ficiformis* i *Spirastrella cunctatrix* (Garrabou i Zabala, 2001; Teixidó *et al.*, 2011) i l'alimentació de *Dysidea avara* (Ribes *et al.*, 1999b). Altres estudis s'han ocupat del cicle de vida d'hidraris com *Orthopyxis crenata* (Llobet *et al.* 1991), *Halecium petrosum* i *H. pusillum* (Coma *et al.*, 1992). Dels alcionaris, *Parazoanthus axinellae* i *Alcyonium acaule*, se n'ha estudiat la seva dinàmica poblacional (Garrabou, 1999; Teixidó *et al.*, 2011), mentre que pel que fa als tunicats, a les Medes, entre d'altres estudis, s'ha investigat l'alimentació de l'ascidi solitari *Halocynthia papillosa* (Ribes *et al.*, 1998), com també el creixement i reproducció de l'ascidi colonial *Cystodytes dellechiajei* (López-Legentil *et al.*, 2005). També s'ha estudiat la toxicitat natural –i la variabilitat estacional d'aquesta toxicitat– de les espècies més abundants de cnidaris, briozous i tunicats (Uriz *et al.*, 1991, Martí *et al.*, 2005). Tots aquests treballs han aportat informació rellevant per entendre la dinàmica i funcionament de les espècies més representatives de la comunitat del coral·ligen a les illes Medes, i han posat de manifest el lent creixement (en molts casos de l'ordre d'uns pocs mm per any) i l'elevada longevitat (entre 50 i 100 anys de vida) de les espècies pròpies d'aquesta comunitat.



Fotografia 2. Seguiment demogràfic de la gorgònia vermella *Paramuricea clavata* en una parcel·la permanent a les illes Medes (Fotografia: David Díaz).



Fotografia 3. La gorgònia vermella *Paramuricea clavata* en reproducció a les illes Medes (Fotografia: Josep Clotas).

## El coral·ligen: una comunitat de gran fragilitat

Com hem esmentat anteriorment, la dinàmica del coral·ligen, així com la de la majoria de les espècies que la conformen, és molt lenta, congruent amb la baixa intensitat i freqüència de les pertorbacions naturals a les que està sotmesa. Tanmateix, darrerament estem assistint a un increment de la intensitat i freqüència de les pertorbacions sobre les comunitats de coral·ligen. La protecció i els diferents plans de gestió que gaudeixen les illes Medes des de l'any 1984 han permès reduir significativament les fonts de pertorbació lligades a algunes activitats humanes com la pesca i l'ancoratge, la qual cosa ha afavorit la conservació de les seves comunitats. Tanmateix, la protecció també ha fet augmentar, i molt, l'atractiu de les illes Medes, que han esdevingut una de les principals destinacions de busseig a la Mediterrània. Anualment, a les illes Medes es realitzen al voltant d'unes 70.000 immersions a l'any sobre una àrea d'unes poques hectàrees. A més, les illes Medes difícilment poden escapar als possibles efectes de pertorbacions globals, com el canvi climàtic o l'arribada d'espècies invasores. Per tant, els estudis de seguiment del coral·ligen s'han dirigit a determinar els possibles efectes de les pertorbacions que actuen localment (freqüentació per part dels escafandristes i pesca furtiva), però també d'aquelles pertorbacions que actuen a escala regional (escalfament de l'aigua).

La fragilitat i singularitat del coral·ligen, així com el seu gran valor paisatgístic i l'elevada biodiversitat, fan que aquesta comunitat sigui idònia per dur-hi a terme estudis que contribueixen a entendre alguns dels principals efectes de l'impacte humà en el litoral i el paper que les àrees marines protegides (AMP) poden tenir en l'eventual atenuació d'aquests efectes.

Tot i que desitjables, els estudis en l'àmbit de la comunitat són complexos, especialment si els comparem amb els estudis poblacionals centrats en una única espècie representativa i indicadora de la comunitat. Estudiar com evoluciona tota la biodiversitat associada a una comunitat seria el principal objectiu de qualsevol seguiment biològic tant en ecosistemes terrestres com marins. Però és evident que es tracta d'un objectiu difícilment assolible, atesa la seva gran complexitat. Això es deu bàsicament a la dificultat de determinar totes o la majoria de les espècies que conformen aquesta comunitat, especialment sota l'aigua, on hi ha una gran limitació del temps de treball. El temps i l'esforç necessaris per dur a terme un estudi d'aquest tipus és impensable en un seguiment on els requisits principals són que siguin fàcilment repetibles al llarg del temps i que puguin ser desenvolupats per un elevat nombre d'observadors.

## El seguiment biològic de les espècies indicadores d'aquesta comunitat

En aquest context, es va optar per fer el seguiment biològic de la comunitat del coral·ligen mitjançant espècies indicadores. Per això, es varen seleccionar tres espècies que per criteris de abundància, fàcil

identificació taxonòmica i repetitivitat del mostreig fossin adients per servir com a espècies indicadores. Aquestes espècies foren el briozou *Pentapora fascialis*, la gorgònia vermella *Paramuricea clavata* i el corall ver o vermell *Corallium rubrum*. Les dues primeres espècies foren seleccionades perquè, en no tenir valor comercial, són ideals per estudiar els efectes de l'abrasió no intencionada del busseig. En canvi, en el cas del corall vermell, aquests efectes poden superposar-se amb una possible recol·lecció furtiva. Així, el corall vermell ens permetia d'una banda avaluar els efectes del busseig com en els casos anteriors, però també la capacitat de recuperació d'aquesta espècie en absència de la recol·lecció. Desafortunadament, aquesta espècie també ens va permetre estudiar els efectes del furtivisme, com veurem més endavant. Finalment, l'observació de casos de mortalitat massiva d'espècies del coral·ligen l'any 1999 a les costes de Provença, relacionats amb l'escalfament de les aigües (Garrabou *et al.*, 2009), va ampliar els objectius del seguiment de les tres espècies seleccionades, afegint als objectius esmentats els possibles efectes del canvi climàtic a les illes Medes.

## El briozou *Pentapora fascialis*

Una de les espècies que va resultar un bon indicador de l'efecte erosiu dels submarinistes va ser el briozou *Pentapora fascialis*. Aquesta és una espècie comuna i molt conspícua que forma colònies erectes i cerebriformes de fins a 30 cm de diàmetre i 20 cm d'alçada en els fons somers de les illes Medes, però que pot assolir mides més grans: fins a 80 cm de diàmetre i 60 cm d'alçada en fons profunds (40-80 m de fondària).



Fotografia 4. El briozou *Pentapora fascialis*. a) Colònia en bon estat de conservació, on la intensitat de busseig és baixa. b) Aspecte d'una colònia en una localitat que té una elevada intensitat de busseig (Fotografies: Josep Clotas i Marta Cunillera).

Aquesta espècie va ser estudiada durant els primers anys (entre 1991 i 1995) del seguiment biològic de les Medes, i l'estudi va furnir resultats molt concloents sobre l'impacte del busseig. Comparant diferents poblacions localitzades en llocs amb diferent intensitat de busseig, es va poder comprovar com la densitat, el diàmetre i l'alçada de les colònies era menor, i la posició de les colònies, més criptíca, en zones amb una intensitat de busseig més elevada (Sala *et al.*, 1996; Fotografies 4a i 4b). L'any 1992, la instal·lació d'una nova boia per als centres de busseig en un lloc on ja existien parcel·les de control (zona del Guix) va suposar un increment espectacular de la freqüentació (d'un centenar es va passar a unes 5.000 immersions a l'any). El seguiment dels anys posteriors a la instal·lació de la nova boia va mostrar una caiguda de la densitat de les colònies al voltant d'un 50% després de l'obertura de la zona als centres d'immersió, mentre que a les zones control on no es va donar un augment d'aquesta activitat, no es varen detectar canvis significatius (Garrabou *et al.*, 1998). L'impacte del busseig va ser més intens en els fons de blocs que en les parets, on les gorgònies ofereixen una major protecció als briozous (Garrabou *et al.*, 1998). L'efecte de les visites en immersió és, doncs, responsable d'una ràpida regressió de la població d'aquest briozou i, per extensió, de la resta de la comunitat coral·lígena, de la que *P. fascialis* va servir com a indicadora del conjunt.

## La gorgònia vermella *Paramuricea clavata*

La gorgònia vermella *Paramuricea clavata* reuneix molts dels atributs requerits per ser seleccionada com a objectiu de monitorització de la Reserva Marina de les illes Medes. En primer lloc, aquesta gorgònia és una espècie ecològicament important per als ecosistemes bentònics, als que contribueix com a espècie enginyera, ja que aporta gran part de la seva estructura tridimensional, biomassa i complexitat. Això li dona també un valor patrimonial extraordinari. En segon lloc, aquesta espècie té un valor paisatgístic gran i econòmicament explícit, ja que la seva abundància i bellesa la converteix en un dels elements més preuats pels bussejadors. Per últim, la gorgònia vermella resulta molt adequada per a la monitorització d'un espai protegit; els censos visuals, en els quals es basa, reclamen d'una banda espècies grans, abundants i representatives del sistema, i de l'altra, que tinguin prou sensibilitat a les pertorbacions com per ser-ne bones indicadores de la seva "salut" (Linares *et al.*, 2010).

El seguiment de poblacions de la gorgònia vermella dins i fora de la Reserva Marina de les illes Medes ha mostrat que la presència repetida i intensiva d'escafandristes ha introduït una nova causa de mortalitat de l'espècie, que no per involuntària resulta menys preocupant. La mortalitat induïda pels bussejadors, en general a causa dels cops d'aleta d'aquests, produeix la desaparició immediata de tota o part de la colònia, que resulta arrabassada per la fallada de l'ancoratge de la colònia al substrat. Habitualment, aquest tipus d'erosions involuntàries no són gaire importants, excepte quan la freqüència i intensitat de busseig és molt elevada, com en el cas de les illes Medes. Entre els resultats més notables obtinguts del seguiment d'aquesta espècie hi ha que la mortalitat per arrabassament va ser molt inferior fora de l'àrea marina protegida (AMP) que a les illes Medes. Tanmateix, l'obertura de noves zones de busseig per part dels centres d'immersió fora de l'AMP va suposar un augment de la mortalitat per arrabassament fins als nivells observats a les zones molt freqüentades de les illes Me-

des (com es va comprovar en el cas del briozou *Pentapora fascialis*). En general, els resultats van mostrar que els nivells de freqüentació actuals poden gairebé doblar les taxes de mortalitat de la gorgònia *P. clavata* (d'un 3% a un 7% anual; Coma *et al.*, 2004; Figura 1).

Cal preguntar-se, davant d'aquest resultat, si aquest increment de la mortalitat és rellevant per a la viabilitat de les poblacions de gorgònies vermelles a les Medes, que tenen un valor ecològic, paisatgístic i patrimonial tan elevat. Mitjançant tècniques de modelització demogràfica hem pogut donar resposta a aquesta qüestió. Aquests models ens han mostrat dos aspectes molt importants per a la gestió d'aquestes poblacions. Primer, l'augment de la taxa de mortalitat observat suposa per a les poblacions de *P. clavata* un risc d'extinció local d'ací a uns trenta anys (Linares *et al.*, 2007), i per tant la viabilitat de les poblacions a llarg termini sembla difícil. Segon, la simulació de l'augment en la supervivència de les colònies grans (i.e., >10 cm, Figura 2) mostra uns efectes positius en les poblacions estudiades. Aquesta modelització ha demostrat que la persistència de les poblacions (a la qual s'arriba quan la taxa de creixement poblacional és igual o superior a 1, mentre que valors inferiors condemnen les poblacions al declivi) es pot aconseguir amb modestos i factibles increments de la supervivència (al voltant d'un 3% i un 7% en les poblacions de Cap de Creus i Medes, respectivament; Figura 2, Linares i Doak, 2010). Les diferències observades entre les dues poblacions poden ser atribuïdes a diferents nivells d'intensitat de busseig, atès l'efecte causat pel bussejadors en la mortalitat i el fet que durant el període d'estudi es varen estimar de l'ordre de 70.000 bussejadors per any a les illes Medes, en contraposició als 30.000 bussejadors per any estimats al Cap de Creus (Zabala *et al.*, 2003).

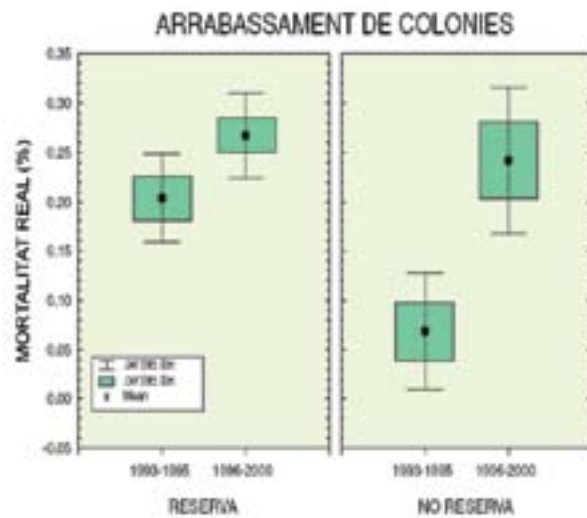


Figura 1. Taxa de mortalitat entre els períodes 1993-1995 i 1996-2000 dins i fora de la Reserva Marina de les illes Medes.

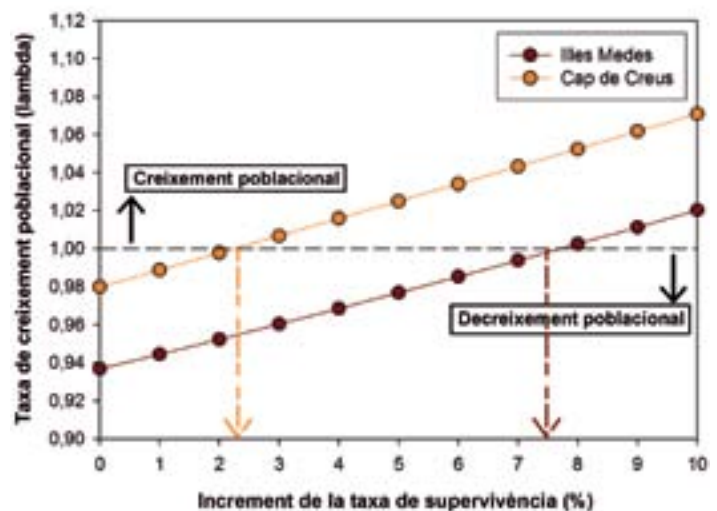


Figura 2. Modelització de l'increment de la taxa de creixement poblacional (valors >1 indiquen poblacions en augment, mentre que valors <1 indiquen poblacions en declivi) en funció de l'augment de la taxa de supervivència (anàleg a la disminució de la taxa de busseig) en dues àrees marines protegides amb diferent intensitat de busseig (illes Medes, 70.000 bussejadors/any, i Cap de Creus, 30.000 bussejadors/any).

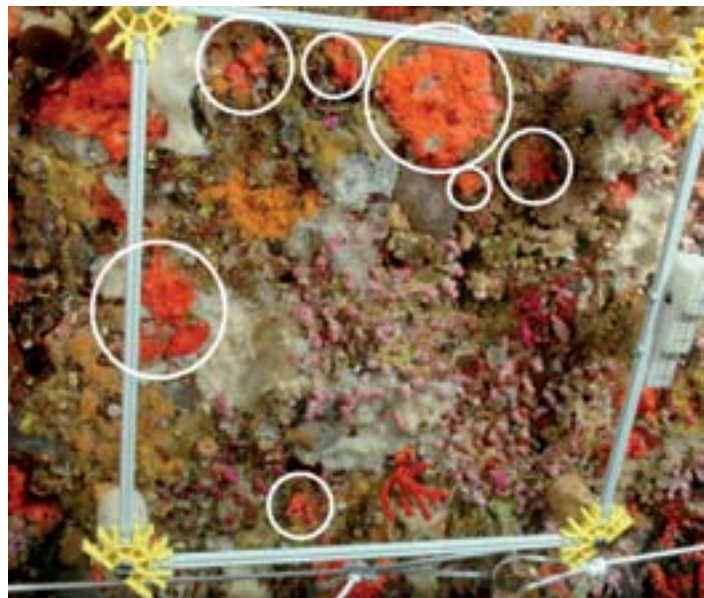


## El corall vermell *Corallium rubrum*

El corall ver o vermell (*Corallium rubrum*) és una espècie endèmica mediterrània que es pot trobar al llarg del litoral rocós mediterrani i a les costes atlàntiques adjacents (Marchetti, 1965; Zibrowius *et al.*, 1984). Presenta un rang batimètric molt ampli, des de pocs metres (en ambients esciòfils) fins a 800 metres de fondària (Weinberg, 1978; Constantini *et al.*, 2010). Aquesta espècie té un gran valor ecològic, estètic i comercial (Santangelo i Abbiati, 2001). El seu esquelet calcari ha estat molt preuat en joieria des de l'antiguitat. La recol·lecció del corall vermell, durant centenars d'anys, es va realitzar amb arts de pesca que ocasionaven un alt impacte en el fons marí i eren de baix rendiment, com la Creu de Sant Andreu i les barres italianes (Andaloro i Cicogna, 1993). En els darrers seixanta anys s'ha recol·lectat mitjançant l'ús de l'escafandre autònom, mètode que ha resultat ser molt més eficaç i per tant més destructiu per a les poblacions de corall. Aquesta pesca intensiva ha fet que el corall, que abans presentava importants poblacions a la Mediterrània, s'hagi convertit en una espècie difícil de trobar a molts indrets. Al mateix temps, les poblacions que es troben actualment tenen una estructura de talles molt inferior a les mides legals (la talla mínima legal de recol·lecció a Catalunya és de 7 mm de diàmetre de la base).

La característica orografia submarina de les illes Medes, amb una nombrosa presència de coves, túnels i baumes, i la gran quantitat de matèria orgànica que hi ha a les seves aigües, proporcionen unes condicions úniques per al desenvolupament de poblacions de corall vermell a poca fondària, fet poc freqüent a la Mediterrània. L'interès per l'observació de les poblacions del coral·ligen per part dels escafandristes en la Reserva, juntament amb la presència de poblacions a poca fondària, ha comportat que el corall vermell tingués un valor patrimonial, afegit al valor econòmic de l'espècie.

El seguiment biològic de les poblacions de corall dins i fora l'AMP ha mostrat clarament dos fets: 1) la manca de recuperació en les mides del corall i la pèrdua de densitat en les poblacions on l'activitat del busseig és més intensa, i 2) l'impacte de la recol·lecció furtiva sobre les poblacions de corall dins la zona protegida (Fotografia 5). Per un costat, la freqüentació provoca nombrosos trenaments accidentals a causa de la fragilitat de l'esquelet calcari del corall. Aquest efecte erosiu es manifesta a través de l'anàlisi de regressió entre l'augment de la mida de les colònies a les poblacions sotmeses a diferent grau de freqüentació (Figura 3). Així, després de més de dues dècades de protecció, les poblacions més freqüentades mostren taxes de recuperació inferiors a aquelles que han estat menys visitades.



Fotografia 5. Detall d'una població de corall vermell impactada pel furtivisme il·legal, les colònies afectades estan encerclades a la fotografia (Fotografia: Joaquim Garrabou).

D'altra banda, el seguiment ens ha permès detectar episodis de furtivisme tant dins com fora de l'AMP, tot i ser el Montgrí una zona de veda de pesca. L'activitat d'uns coral·lers furtius a principis del 2000 va afectar de ple una de les parcel·les (Carall Bernat) que formen part del seguiment. La comparació dels resultats abans i després de l'acció dels furtius va mostrar el gran impacte que pot arribar a causar aquesta activitat il·legal, que va provocar unes pèrdues del 40% de les branques i del 60% de la biomassa a la localitat de Carall Bernat (Figura 4, Linares *et al.*, 2012).

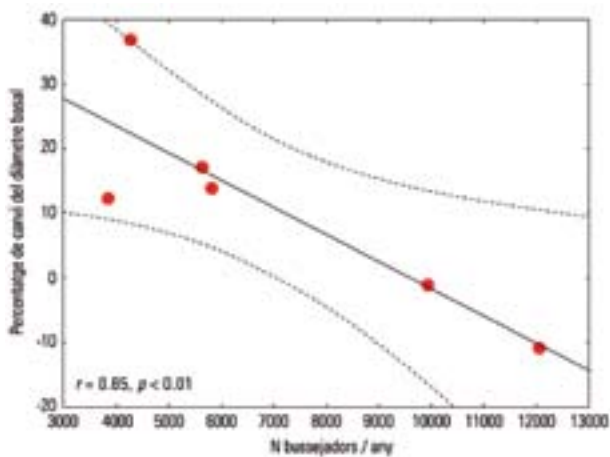


Figura 3. Percentatge de canvi del diàmetre basal de les colònies de coral (valors >0 indiquen creixement, mentre que valors <0 indiquen decreixement de la mida mitjana de les colònies) en funció del nombre de bussejadors/any.

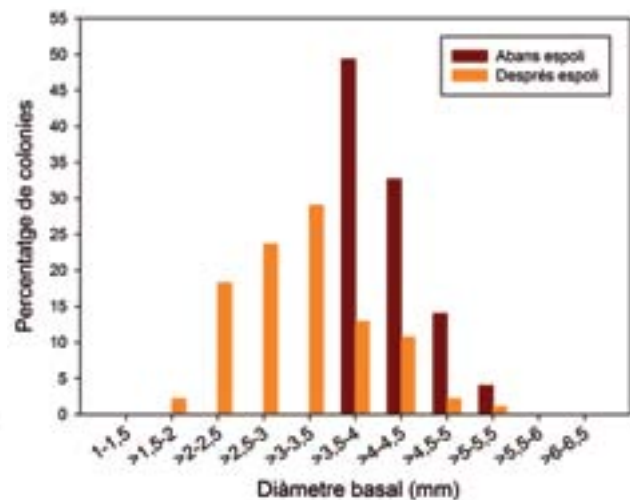


Figura 4. Estructura de la població de coral vermell a la localitat de Carall Bernat, dins l'AMP de les Medes, abans i després de ser afectada pel furtivisme.

## Lliçons apreses després de tres dècades d'estudi

El seguiment biològic de tres espècies representatives de la comunitat del coral·ligen, tot i que encara hi ha aspectes de la biologia d'aquestes espècies que desconeixem, ens ha permès aprendre diverses lliçons que poden ser de gran utilitat per a la gestió i conservació d'aquestes comunitats, tant de les illes Medes com d'altres reserves marines mediterrànies.

## Impacte del busseig

Les tres espècies estudiades han mostrat clarament un impacte derivat de l'elevada intensitat de busseig a la zona. L'increment sobtat d'aquesta activitat en alguna localitat a causa de la instal·lació d'una boia de busseig durant el programa del seguiment ha causat impactes notables, com la disminució de les mides i densitats del briozou *Pentapora fascialis*, l'augment de les taxes de mortalitat de la gorgònia vermella

*Paramuricea clavata* i la manca de recuperació en les mides de les colònies del corall vermell *Corallium rubrum*. L'elevada taxa de mortalitat d'aquesta gorgònia a les illes Medes durant el seguiment (al voltant del 7% de les colònies moren anualment en comparació amb el 3% de mortalitat natural), recolzada per la modelització del seu risc d'extinció local, ens indica que la intensitat de busseig a les Medes (70.000 immersions/any) pot comprometre la viabilitat d'aquestes poblacions. La comparació amb les taxes de mortalitat observades al Cap de Creus, més reduïdes en concordança amb una intensitat de busseig més baixa (al voltant de 30.000 immersions/any), posa de manifest que la intensitat de busseig a les illes Medes pot arribar a comprometre la conservació a mitjà i llarg termini d'aquestes poblacions, i, en conseqüència, de les comunitats que les caracteritzen.

El seguiment de les poblacions de corall vermell també mostra resultats similars. Les poblacions on hi ha una intensitat de busseig més gran (entre 10.000 i 12.000 immersions/any i localitat) han mostrat una manca de recuperació de les mides de les colònies de corall vermell, la qual cosa seria totalment esperable després de més d'una dècada de protecció. A la resta de poblacions sotmeses a una intensitat de busseig menor (entre 3.000 i 6.000 immersions/any i localitat), tot i que sí que s'ha pogut observar un cert increment de les mides de les colònies, la seva recuperació és molt lluny del que seria esperable si considerem les taxes de creixement (al voltant de 0,1 i 0,3 mm de diàmetre basal/any) observades per aquesta espècie (Marschal *et al.*, 2004; Linares *et al.*, 2010, 2012).

Sembla clar, per tant, que la intensitat de busseig de les illes Medes, una de les més altes de la Mediterrània, pot comprometre la conservació a mitjà-llarg termini de les principals espècies estructurals que formen part del coral·ligen i que són clau per a la viabilitat del conjunt de la comunitat.

## Impacte del furtivisme

A l'efecte de la freqüentació s'han d'afegir altres causes de regressió, com els casos de furtivisme que s'han detectat recurrentment a les illes Medes. El fet serendipitós, tot i que molt improbable, que un episodi de furtivisme afectés una de les poblacions objecte d'estudi, ha permès quantificar per primera vegada aquest tipus d'impacte. La pèrdua de més del 40% de les colònies té uns efectes molt importants a llarg termini. El lent creixement d'aquesta espècie, conjuntament amb les baixes taxes de reclutament observades en aquest seguiment (Linares *et al.*, 2012) i amb la important pèrdua de colònies (principalment les més grans, que tenen una contribució més important a la reproducció), fa molt difícil, per no dir improbable, la recuperació de les poblacions que pateixen aquests tipus d'impacte. Aquests resultats posen de manifest la importància de reforçar les mesures de vigilància contra l'extracció furtiva de corall, especialment durant el període d'hivern i les nits, quan les illes queden més solitàries i desprotegides.

L'efecte negatiu sobre les poblacions de gorgònies i corall ver, i del coral·ligen en general, tant de l'elevada freqüentació com del furtivisme, ha estat posat de manifest des de fa temps mitjançant el seguiment de l'àrea marina protegida de les illes Medes. Lamentablement, no s'han dut a terme per part dels seus

gestors les mesures necessàries per evitar aquests impactes, que van des d'una més gran vigilància per evitar el furtivisme fins a una reducció de la pressió de visites submarines.

## El canvi global i la necessitat de gestionar millor en l'àmbit local

Durant els darrers anys s'han produït a la Mediterrània occidental diversos esdeveniments de mortalitat en massa d'invertebrats que han afectat principalment les poblacions de gorgònies i esponges (Cerrano *et al.*, 2000; Perez *et al.*, 2000; Linares *et al.*, 2005; Coma *et al.*, 2006; Garrabou *et al.*, 2009; Fotografia 6). Aquests esdeveniments, relacionats amb l'escalfament global, han produït fins la mort del 50% de la població en moltes de les localitats afectades. Tot i que, de moment, les espècies que formen el coral·ligen de les illes Medes no han patit cap esdeveniment d'aquesta magnitud (Garrabou *et al.*, 2009), davant de l'escenari de canvi climàtic actual i predit pels experts, no seria gens estrany que el coral·ligen de les Medes es pogués veure greument afectat per aquest tipus de perturbacions en un futur proper. Tant el règim tèrmic com les característiques hidrodinàmiques de les illes Medes determinen unes condicions que semblen, per ara, ser poc favorables per al desenvolupament d'esdeveniments de mortalitat en massa com els detectats en altres localitats mediterrànies (Bensoussan *et al.*, 2010; Crisci *et al.*, 2011).



Fotografia 6. Una població de gorgònia vermella *Paramuricea clavata* greument afectada després de patir diferents anomalies tèrmiques a la Reserva Marina de les illes Columbretes (Fotografia: Diego K. Kersting).

Una altra causa de perturbació important durant els darrers anys i relacionada també amb el canvi global és la presència d'algues al·loctones invasores, *Caulerpa racemosa* i *Womersleyella setacea*, que estan afectant notablement les comunitats del coral·ligen de molts indrets de la Mediterrània. Tot i que fins ara no s'ha detectat la presència de *C. racemosa*, durant l'últim any a la costa del Montgrí i a les illes Medes ja s'ha trobat *Womersleyella setacea* en alguns fons coral·ligens. Els efectes d'aquestes espècies sobre el coral·ligen són desconeguts i s'estan estudiant actualment, però tot indica que poden tenir un gran impacte sobre les espècies estructurals del coral·ligen (Linares *et al.*, 2012; Cebrian *et al.*, en premsa).

Hom podria considerar, fatalment, que no es pot fer res per reduir els efectes d'aquestes pertorbacions a gran escala degudes a l'escalfament global. Això no és així; la simulació de l'evolució futura de les poblacions sota diferents escenaris d'intensitat de busseig ens ha permès determinar que la correcta gestió de l'activitat d'immersió permet reduir molt substancialment els efectes dels episodis de mortalitat en massa sobre les poblacions (Linares i Doak, 2010), a causa que es pot aconseguir rebaixar significativament les taxes de mortalitat per arrabassament causades per l'efecte erosiu dels bussejadors i per tant reduir la taxa de mortalitat total que pateixen les poblacions afectades. Això ens indica que la gestió dels impactes que són més assolibles en l'àmbit local, com la reducció de la intensitat de busseig i l'augment de la vigilància, pot contribuir notablement a disminuir els riscos per a la conservació del coral·ligen.

En conclusió, la recerca desenvolupada a les comunitats del coral·ligen de les illes Medes durant més de tres dècades ens ha permès comprovar que la dinàmica parsimoniosa que caracteritza aquesta comunitat li confereix una gran fragilitat. Els resultats obtinguts posen clarament de manifest la importància de prendre mesures de gestió local (e.g. regulació del busseig, augment de la vigilància per evitar el furtivisme) per tal de poder afrontar amb garanties els futurs impactes associats al canvi global.

## Agraïments

En primer lloc, volem agrair a Joandomènec Ros, Josep Maria Gili i Mikel Zabala tot el seu esforç, dedicació i ensenyaments, que han fet possible que tots aquests treballs sobre el coral·ligen siguin una realitat. Així mateix, donem gràcies al suport de tots els membres de l'equip de seguiment biològic de les illes Medes, sense el qual no hagués estat possible dur a terme aquests treballs. En Josep Maria Llenas ha estat fonamental tant per la seva ajuda en molts aspectes logístics com per la seva amistat i suport incondicional. Gràcies a en Josep Pascual per la seva imprescindible contribució al coneixement de les illes Medes i a en Josep Clotas per les seves extraordinàries fotografies, i als dos per estar disponibles a ajudar-nos en tot moment. Finalment, volem agrair a tot l'equip gestor, així com tot el personal del Parc Natural del Montgrí, illes Medes i Baix Ter, que hagin recolzat i facilitat els nostres estudis científics durant tot aquest temps. Els treballs realitzats dins del seguiment biològic de la Reserva Marina de les illes Medes han estat finançats pel Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca (de 1990 a 1998) i després pel Departament de Medi Ambient (des de 1999 a 2003, 2005, 2008) de la Generalitat de Catalunya.

## Bibliografia

- Andaloro F, Cicogna F (1993) Fishing Red Coral: Problems and Management. In: Il Corallo Rosso in Mediterraneo, arte, storia e scienza. F. Cicogna i R. Cattaneo-Vietti Editors. Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali.
- Ballesteros E (2006) Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology* 44: 123-195.
- Bensoussan N, Romano JC, Harmelin JG, Garrabou J (2010) High resolution characterization of northwest Mediterranean coastal waters thermal regimes: to better understand responses of benthic communities to climate change. *Estuarine, coastal and Shelf Science* 87: 431-441.
- Cebrian E, Linares C, Marshall C, Garrabou J (2012) Exploring the effects of invasive algae on the persistence of Mediterranean gorgonian populations enduring climate-induced mortalities. *Biological invasions*. DOI: 10.1007/s10530-012-0261-6
- Cerrano C, Bavestrello G, Bianchi CN, Cattaneo-Vietti R, Bava S, Morganti C, Morri C, Picco P, Sara G, Schiaparelli S, Siccardi A, Sponga F (2000) A Catastrophic mass-mortality episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian Sea (North-western Mediterranean), summer 1999. *Ecology Letters* 3: 284-293.
- Coma R, Llobet I, Zabala M, Gili JM, Hughes RG (1992) The population dynamics of *Halecium petrosum* and *Halecium pusillum* (Hydrozoa, Cnidaria), epiphytes of *Halimeda tuna* in the northwestern Mediterranean. *Scientia Marina* 56: 161-169.
- Coma R, Gili JM, Zabala M, Riera T (1994) Feeding and prey capture cycles in the aposymbiotic gorgonian *Paramuricea clavata*. *Marine Ecology Progress Series* 115: 257-270.
- Coma R, Ribes M, Zabala M, Gili JM (1995a) Reproduction and cycle of gonadal development in the Mediterranean gorgonian *Paramuricea clavata*. *Marine Ecology Progress Series* 117: 173-183.
- Coma R, Zabala M, Gili JM (1995b) Sexual reproductive effort in the Mediterranean gorgonian *Paramuricea clavata*. *Marine Ecology Progress Series* 117: 185-192.
- Coma R, Ribes M, Zabala M, Gili JM (1998a) Growth in a modular colonial marine invertebrate. *Estuarine Coastal Shelf Science* 47: 459-470.
- Coma R, Ribes M, Gili JM, Zabala M (1998b) An energetic approach to the study of life-history traits of two modular colonial benthic invertebrates. *Marine Ecology Progress Series* 162: 89-103.
- Coma R, Pola E, Ribes M, Zabala M (2004) Long-term assessment of the patterns of mortality of a temperate octocoral in protected and unprotected areas: a contribution to conservation and management needs. *Ecological Applications* 14: 1466-1478.

- Constantini F, Taviani M, Remia A, Pintus E, Shembri PJ, Abbiati M (2010) Live colonies of *Corallium rubrum* from the Mediterranean deep-sea: a preliminary genetic characterisation. *Marine Ecology* 31: 261–269.
- Garcia-Rubies A, Mateo MA, Hereu B, Coma R, Teixidó N, Garrabou J, Bonaviri C, Linares C, Zabala M, Cebrián E, Navarro L, Weitzmann B, Cheminée A, Plyuscheva M, Serrano E (2009) Preliminary assessment of the impact of an extreme storm on Catalan Mediterranean benthic communities. 11th Plinius Conference on Mediterranean Storms. Barcelona, Spain.
- Garrabou J (1997) Structure and dynamics of north-western Mediterranean rocky benthic communities along a depth gradient: a Geographical Information System (GIS) approach. PhD Thesis. University of Barcelona.
- 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: 302–312.
- Garrabou J (1999) Life history traits of *Alcyonium acaule* and *Parazoanthus axinellae* (Cnidaria, Anthozoa) with emphasis on growth. *Marine Ecology Progress Series* 178: 193-204.
- Garrabou J, Ballesteros E (2000) Growth of *Mesophyllum alternans* and *Lithophyllum frondosum* (Coralinacea, Rodophyta) in the northwestern Mediterranean. *European Journal Phycology* 35: 1-10.
- Garrabou J, Ballesteros E, Zabala M (2002) Structure and dynamics of North-western Mediterranean rocky benthic communities along a depth gradient. *Estuarine Coastal Shelf Science* 55: 493-508.
- Garrabou J, Harmelin JG (2002) A 20-year study on life-history of a harvested long-lived temperate coral in the NW Mediterranean: insights into conservation and management needs. *Journal of Animal Ecology* 71: 966-978.
- Gili JM, Ros J (1984) L'estatge circalitoral de les illes Medes: el coral-ligen. In: Ros JD *et al.*, (eds) *Sistemes Naturals de les illes Medes*. *Arxius Secció Ciències* 73: 677-705.
- Gili JM, Ballesteros E (1991) Structure of cnidarian populations in Mediterranean sublittoral benthic communities as a result of adaptation to different environmental conditions. *Oecologia Aquatica* 10: 243-254.
- Linares C, Doak D, Coma R, Diaz 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, Diaz D, Zabala M (2008) Size distribution, density and disturbance In two Mediterranean gorgonians: *Paramuricea clavata* and *Eunicella singularis*. *Journal of Applied Ecology* 45: 688-699.
- Linares C, Coma R, Mariani S, Diaz D, Hereu B, Zabala M (2008) Early life history of the Mediterra-

nean gorgonian *Paramuricea clavata*: implications for population dynamics. *Invertebrate Biology* 127: 1-11.

Linares C, Doak D (2010) Forecasting the combined effects of disparate disturbances on the persistence of long-lived gorgonians: the case study of *Paramuricea clavata*. *Marine Ecology Progress Series* 402: 59–68.

Linares C, Bianchimani O, Torrents O, Marschal C, Drap P, Garrabou J (2010) Marine Protected Areas and the conservation of long-lived marine invertebrates: the Mediterranean red coral. *Marine Ecology Progress Series* 402: 69–79.

Linares C, Garrabou J, Hereu B, Diaz D, Marschal C, Sala E, Zabala M (2012) Assessing the effectiveness of marine reserves on unsustainably harvested long-lived sessile invertebrates. *Conservation Biology* 26: 88-96.

Linares C, Cebrian E, Coma R (2012) Effects of turf algae on gorgonian recruitment and juvenile survival. *Marine Ecology Progress Series*, 452: 81–88.

Llobet I, Coma R, Zabala M, Gili JM, Hughes RG (1991b) The population dynamics of *Orthopyxis crenata* (Hartlaub, 1901) (Hydrozoa, Cnidaria), an epiphyte of *Halimeda tuna* in the northwestern Mediterranean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 150: 283–292.

López-Legentil S, Ruchty M, Domènech A, Turon X (2005) Life cycles and growth rates of two morphotypes of *Cystodytes* (Ascidiacea). *Marine Ecology Progress Series* 296 : 219-228

Marchetti R (1965) Recherche sul corallo rosso della costa ligure e toscana. II. Il Promontorio di Portofino. *Rediconti. Istituto lombardo. Accademia di Scienze e Lettere B Scienze Biologiche e Metiche* 99: 279-316.

Marion AF (1883) Esquisse d'une topographie zoologique du Golfe de Marseille. *Annales Musée d'Histoire Naturelle Marseille* 1: 1-108.

Martí R, Uriz MJ, Turon X (2005) Spatial and temporal variation of natural toxicity in cnidarians, bryozoans and tunicates in Mediterranean caves. *Scientia Marina* 69: 485-492.

Marschal C, Garrabou J, Harmelin JG, Pichon M (2004) A new method for measuring growth and age in precious red coral *Corallium rubrum* (L.). *Coral Reefs* 23: 423-432.

Ribes M, Coma R, Gili JM (1998) Seasonal variation of in situ feeding rates by the temperate ascidian *Halocynthia papillosa*. *Marine Ecology Progress Series* 175: 201-213.

Ribes M, Coma R, Gili JM (1999) Heterogeneous feeding in benthic suspension feeders: the natural diet and grazing rate of the temperate gorgonian *Paramuricea clavata* (Cnidaria:Octocorallia) over a year cycle. *Marine Ecology Progress Series* 183: 125-137.



Ribes M, Coma R, Gili JM (1999) Seasonal variations of POC, DOC and the contribution of microbial communities to the live POC in a shallow near-bottom ecosystem at the northwestern Mediterranean Sea. *Journal of Plankton Research* 21: 1077-1100.

Ros J, Olivella I, Gili JM (1984) Els Sistemes naturals de les illes Medes. *Arxius de Ciències*, 73: 707-735.

Sala E, Garrabou J, Zabala M (1996) Effects of diver frequentation on Mediterranean sublittoral populations of the bryozoan *Pentapora fascialis*. *Marine Biology* 126: 451-459.

Santangelo G, Abbiati M (2001) Red coral : conservation and management of an over-exploited Mediterranean species. *Aquatic Conservation: Marine Freshwater Ecosystems* 11: 253-259.

Teixidó N, Garrabou J, Harmelin JG (2011) Low Dynamics, High Longevity and Persistence of Sessile Structural Species Dwelling on Mediterranean Coralligenous Outcrops. *PLoS ONE* 6: e23744.

Uriz MJ, Martin D, Turon X, Ballesteros E, Hughes R, Acebal C (1991) An approach to the ecological meaning of allelopathy in Mediterranean benthic communities. *Marine Ecology Progress Series* 70: 175-188.

Weinberg S (1978) Mediterranean octocorallian communities and the abiotic environment. *Marine biology* 49: 41-57.

Zibrowius H, Monteiro-Marques V, Grasshoff M (1984) La repartition du *Corallium rubrum* dans l'Atlantique (Cnidaria: anthozoa: Gorgonaria). *Téthys* 11: 163-170.