

**Estudi de la dinàmica de l'alcionaci *Alcyonium
acaule* durant un període de 5 anys en la Reserva
de les Illes Medes-Costa del Montgrí**



Autora: Elisabet Bonfill i Molina

Directora: Dr. Núria Teixidó Ullod

Departament de Biologia Marina i Oceanografia. ICM-CSIC

Tutor a la UB: Dr. Toni Calafat

15 de setembre de 2010

**Màster en Ciències del Mar: Oceanografia i Gestió del Medi Marí,
UB i UPC, 2009-10**

AGRAÏMENTS

M'agradaria donar les gràcies a la Núria Teixidó per tot el temps i energia que ha dedicat en ensenyar-me tantes coses durant tot el projecte, per la seva paciència i el seu positivisme.

També voldria agrair a en Joaquim Garrabou que em rebés en el seu grup de treball i per posar-me en contacte amb la Núria.

Moltes gràcies a la gent de l'Institut de Ciències del Mar de Barcelona amb qui he compartit dinars i xerrades. I també a les meves amistats del màster amb qui hem compartit alegries, penes i estrés: sou genials!

Finalment, agrair als responsables del Màster i a l'ICM-CSIC per donar-me l'oportunitat de dur a terme aquest projecte i començar a encarar el meu futur com a investigadora.

I a l'Albert, simplement per estar allà.

Aquest treball de recerca s'ha finançat a través del Projecte MedDiversa (Total Foundation), Acciones Especiales CSIC (nº 200430E599) i de l'Acció Marie Curie Reintegration Grant Mechanisms (FP7- Nº 207632).

ÍNDEX

Agraïments	Pàg. 2
Resum	Pàg. 4
Introducció	Pàg. 5
Descripció de l'espècie	Pàg. 7
Objectius	Pàg. 8
Material i mètodes	Pàg. 9
Localització	Pàg. 9
Transsectes fotogràfics permanents	Pàg. 11
Mostreig fotogràfic	Pàg. 12
Tractament de dades	Pàg. 12
Paràmetres demogràfics analitzats	Pàg. 14
Anàlisi estadístic	Pàg. 17
Resultats i discussió	Pàg. 18
Estructura de talles	Pàg. 18
Supervivència	Pàg. 19
Reclutament	Pàg. 21
Supervivència dels reclutes	Pàg. 22
Creixement	Pàg. 22
Conclusions	Pàg. 25
Bibliografia	Pàg. 26
Annexos	Pàg. 29

RESUM

Els estudis demogràfics a llarg termini són poc freqüents malgrat ser essencials per a entendre millor l'ecologia i la biologia de les espècies de vida llarga, sobretot en l'actualitat en el context del canvi global. El present estudi analitza detalladament la dinàmica de poblacions de l'alcionaci *Alcyonium acaule* a la Reserva Marina de les Illes Medes – Costa del Montgrí (Mediterrània Nord-occidental). A partir de l'anàlisi de sèries fotogràfiques durant un interval temporal de 5 anys (de 2006 a 2010) s'ha estudiat els següents paràmetres: estructura de talles, supervivència, reclutament, supervivència dels reclutes i creixement.

Per aquest estudi s'han analitzat més de 3000 fotografies i s'ha fet el seguiment de 732 colònies, de les quals 380 són adults seguits des del 2006 i 243 reclutes. L'estructura de classes de talla a les Illes Medes-Costa del Mongrí, s'ha caracteritzat per presentar una elevada proporció (>40%) de colònies petites (1-5 dits). Remarcar que la supervivència de la població a les 3 localitats d'estudi és al voltant del 50%. També s'ha confirmat el lent creixement d'aquesta espècie a partir de les variacions en la mida, fins i tot amb taxes de creixement negatiu degut a la capacitat de reducció que presenta. Aquest fet evidencia la importància de la supervivència de les colònies adultes per al manteniment de l'estructura de la població, on sembla ser que els reclutes tenen un pes menor i els adults són longeus. Això reforça la idea de la protecció d'espècies de vida llarga per al manteniment de la comunitat. A més a més, s'ha estudiat els efectes del temporal de Sant Esteve de 2008. Algunes colònies grans a la localitat del Medallot s'han vist afectades, amb la seva desaparició després del temporal.

Aquest estudi pretén contribuir al coneixement general de les comunitats marines caracteritzades per espècies longeves.

INTRODUCCIÓ

El risc que el canvi global afecti irreversiblement a la biodiversitat és probablement un dels principals problemes que ha d'afrontar la nostra societat (Vitousek *et al.* 1997, Jackson *et al.* 2001, Halpern *et al.* 2008). En els ecosistemes marins, les principals pertorbacions lligades al canvi global són diverses com per exemple, la contaminació, la sobreexplotació dels recursos, la destrucció de l'hàbitat, la introducció d'espècies invasores i més recentment el canvi climàtic (Jackson *et al.* 2001, Halpern *et al.* 2008). Les conseqüències de les pertorbacions depenen dels cicles vitals de les espècies i els patrons de reclutament (Hughes 1990). Aquests efectes són particularment greus en espècies de vida llarga i una dinàmica poblacional lenta (lent creixement i baixa taxa de reclutament). Aquestes espècies presenten un paper clau en l'estructura i el funcionament de moltes comunitats sublitorals a través de la seva activitat tròfica, biomassa, i la seva estructura perenne que caracteritza els hàbitats on es desenvolupen (Dayton *et al.* 1974, Hughes and Jackson 1985, Sebens 1991, Fabricius 1995). Canvis en l'abundància d'aquestes espècies estructuradores poden tenir repercussions importants en l'organització de les comunitats i eventualment poden promoure canvis importants en les comunitats (Hughes 1994). Per tant, és necessari un coneixement de la dinàmica de les espècies de vida llarga per tal d'obtenir dades de referència de base, poder detectar canvis (si existeixen), i explorar els efectes de les pertorbacions a llarg termini així com l'efectivitat de les mesures de gestió centrades en la conservació.

L'adquisició de dades de referència és cabdal per tal de conèixer els aspectes bàsics sobre la biologia i l'ecologia de les espècies i comunitats. Dades a mig-llarg termini permeten determinar si patrons observats a la natura formen part de la variabilitat natural o si es deuen a fenòmens infreqüents, poc usuals, o catastròfics (Sebens & Lewis 1985, Dayton *et al.* 1974) relacionats a diferenciar entre la variabilitat natural i l'impacte de les pertorbacions. No són molt abundants els estudis marins a escales temporals a mig-llarg termini però han estat claus per a la predicció de la capacitat de recuperació i reacció de les

espècies davant de diferents perturbacions (Connell *et al.* 1997, Garrabou & Harmelin 2002, Edmunds & Elahi 2007). Aquesta informació és fonamental per una gestió eficient i per la conservació de les espècies i les comunitats marines.

Els episodis de mortalitat massiva i infeccions en organismes bentònics marins (com ara esponges i antozous) han estat descrits anteriorment (e.g. Harvell *et al.* 2002; Kim & Harvell 2004; Ward *et al.* 2004). Diferents episodis de mortalitats massives s'han descrit en la Mediterrània Nord-occidental (Rivoire 1991, Bavestrello *et al.* 1994, Harmelin & Marinopoulos 1994). Els episodis més importants s'han donat durant l'última dècada durant els estius dels anys 1999 i 2003, afectant més de 28 espècies bentòniques en una àmplia escala espacial (des de Nàpols a Marseille (Cerrano *et al.* 2000, Garrabou *et al.* 2001, Perez *et al.* 2000). Aquests esdeveniments s'han correlacionat amb anomalies tèrmiques positives de la columna d'aigua (Garrabou *et al.* 2009, Coma *et al.* 2009).

Dins d'aquesta problemàtica, es va detectar un fenòmen de mortalitat de l'alcionaci *Alcyonium acaule* en la localitat de la Pota de Llop (Illes Medes) durant l'estiu de l'any 2001 (Teixidó *et al.* 2006). La mortalitat dels adults en les zones menys profundes (15 metres) va ser de l'ordre del 40%. Aquest esdeveniment conjuntament amb la informació prèvia que es disponia sobre els trets de vida d'aquesta espècie: espècie de vida llarga i de creixement lent (Garrabou 1999) van incentivar l'estudi a més detall d'aquest alcionaci per tal d'obtenir dades de referència bàsiques de la biologia i ecologia d'aquesta espècie. També és important destacar que aquest estudi integra els efectes provocats pel Temporal de Sant Esteve del 26 de desembre del 2008.

- **Descripció de l'espècie.**

L'alcionaci *Alcyonium acalve* Marion, 1878 (Phyllum Cnidaria, Cl. Anthozoa, SbCl. Octocorallia) és una espècie colonial formada per pòlips, i sèssil que trobem en hàbitats sublitorals majoritàriament rocosos en un rang de profunditat d'entre 12 i 45 m. És una espècie abundant i amb una àmplia distribució geogràfica al llarg de la Mediterrània Nord-occidental (Weinberg 1975). Normalment, es troba en llocs amb un hidrodinamisme considerat. Presenta un creixement arbori i forma colònies de lòbuls en forma de dits (1 a > 20 lòbuls) que van des de 1 a 20 cm d'alçada (N. Teixidó Comm. Personal). En alguns casos, fins i tot, forma densos agregats que reforcen el seu paper com a estructurador de la comunitat (Péres & Picard 1964, Herberts 1972, Weinberg 1975 i 1977, Gili et al 1984, Garrabou 1999). A més a més, donat que no té un eix central, *A. acaule* presenta una capacitat de contracció i expansió que fa variar la seva mida.

Respecte a la seva biologia reproductora, *A. acaule* és una espècie dioica amb un sex ratio de 1:1 (N. Teixidó Comm. Personal). És una espècie iteròpara, que es reproduïx una vegada a l'any, generalment a finals del mes de juny fins mitjants del mes de juliol, coincidint amb les altes temperatures de la columna d'aigua. L'embriogènesis es dona en la superfície de les colònies femenines, fenomen conegut com "surface brooding", descrit en altres antozous (Brazeau & Lasker 1990, Linares *et al.* 2008). Els ous fecundats es troben adherits mitjançant un mucus dens a la superfície de la colònia mare, on es transformen en larves. Aquesta estratègia representa una capacitat de dispersió molt baixa (N. Teixidó Comm. Personal). Cal remarcar també que *A. acaule* presenta poca capacitat de reproducció asexual, per exemple fenòmens de fissió o fragmentació de la colònia, ni tampoc esdeveniments de fusió, com podríem trobar en altres organismes de la família (Garrabou 1999).

- **Objectius**

L'objectiu d'aquest treball és presentar els resultats de 5 anys de seguiment (2006 a 2010) de la població de l'alcionaci *Alcyonium acaule* a partir de sèries fotogràfiques en la costa del Montgrí-Illes Medes per tal d'obtenir dades de referència sòlides que permetin un millor coneixement de la biologia i ecologia de l'espècie. Per assolir aquest objectiu, es presenta un anàlisi detallat de paràmetres demogràfics com ara l'estructura de la població, la supervivència, el reclutament i el creixement d'aquesta espècie. A més a més, es presenten els efectes del Temporal de Sant Esteve de l'any 2008 que va afectar el litoral català. Aquest treball intenta contribuir al coneixement general de les comunitats marines caracteritzades per espècies longeves.

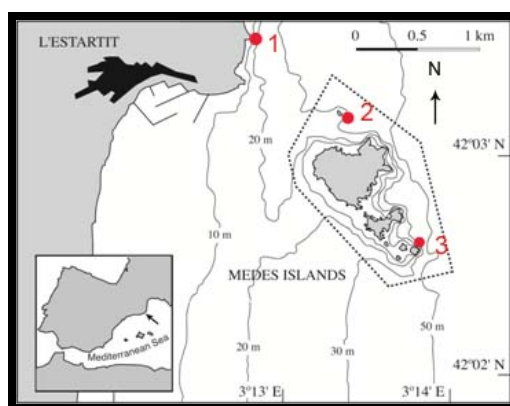


Fig. 1- Diversos exemplars de l'alcionaci *Alcyonium acaule* a Punta Salines (Costa del Montgrí) a 15 m de profunditat.

MATERIAL I MÈTODES

- **Localització.**

El present estudi ha tingut lloc en el recentment declarat Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter (Llei del 13 de maig de 2010) en 3 localitats diferents, sent dues dins l'Àrea Marina Protegida (AMP) de les Illes Medes (Medallot i Carall Bernat), i la tercera a la costa del Montgrí (Punta de les Salines), durant 5 anys (des de 2006 fins al 2010). Des de l'any 1983, la pesca a les Illes Medes està prohibida



Medallot



Carall Bernat



Punta Salines

Fig. 2.- Mapa de l'AMP de les Illes Medes i la Costa del Montgrí, Mar Mediterrània Nord-

Occidental. Els nº indiquen les 3 localitats estudiades:

1) Punta Salines, 2) Medallot, i 3) Carall Bernat.

Les Illes Medes són un arxipèlag situat a una milla escassa de la població de l'Estartit (42° 3'N; 3° 31'E, Baix Empordà, Girona) i de la costa del Montgrí –del qual formen part geològicament- que ocupen unes 21,5 ha de superfície i es troba conformat per set illots i algun escull (Figura 2). Dins de la Mediterrània, les Medes són de gran valor paisatgístic marí ja que en aquest espai natural podem trobar des de parets verticals amb comunitats de coral·ligen, praderies de posidònia, fons poc profunds dominats per algues i una sèrie de coves i túnels excavades al llarg dels anys. En quant a la part emergida de les illes, trobem la vessant oriental amb penya-segats molt verticals que s'endinsen d'igual forma al fons fins a 50 m de fondària, i en canvi, la vessant occidental té pendents més suaus. La resta del parc és igualment de gran valor ecològic, ja que trobem el massís muntanyós del Montgrí per sobre les planes al·luvials de l'Empordà i els aiguamolls que forma el riu Ter al seu tram final (Gili *et al.* 1984).

La distribució i el rang batimètric de les poblacions d'*Alcyonium acaule* dins de l'AMP han estat descrites per Gili *et al.* 1984. El límit superior de distribució en la zona d'estudi es troba al voltant dels 10 metres de fondària, arribant en alguns indrets a una fondària màxima coneguda de 50 metres. En un estudi previ es va observar que l'abundància màxima d'aquesta espècie era entre 15 i 20 metres a Punta Salines ($\bar{X} \pm SE = 5,8 \pm 1,3 \text{ ind/m}^2$), Medallot ($\bar{X} \pm SE = 2,27 \pm 0,5 \text{ ind/m}^2$), Pota de Llop ($\bar{X} \pm SE = 4,6 \pm 1,3 \text{ ind/m}^2$) i Carall Bernat ($\bar{X} \pm SE = 7,5 \pm 2,0 \text{ ind/m}^2$) (Teixidó Comm.Personal).

Les tres localitats d'estudi (Pta. Salines, Medallot i Carall Bernat) es caracteritzen per ser parets verticals d'una fondària de 0 a 30 metres aproximadament, amb una orientació Nord. Els mostrejors es van realitzar a una fondària de 15 metres. En aquesta fondària les espècies característiques eren animals perennes com les esponges: *Chondrosia reniformis*, *Crambe crambe*, *Hemimycale collumella*, *Dysidea avara*, *Petrosia ficiformis*; els cnidaris (*Parazoanthus axinellae*, *Leptopsammia pruvoti*), bryozoans (*Reteporella grimaldii*, *Schizomavella sp.*), tunicats (*Cystodytes dellechiajei*) i rodòfits incrustants com el *Mesophyllum alternans* i *Peyssonnelia spp.* També hi havia

la presència d'animals (hidrozous i briozous) i macròfits filamentosos estacionals.

- **Transsectes fotogràfics permanents.**

Durant l'octubre de 2006, es varen marcar dos (Carall Bernat) i tres (Pta Salines i Medallot) transsectes permanents, sent analitzats en total 8 transsectes. Els transsectes varen ser situats a una mateixa fondària (aproximadament entre 13 i 16 metres) i orientació (cara Nord) per reduir la variabilitat de l'estructura de les poblacions i la densitat. Els transsectes tenen, en promig, una longitud de 3 metres. Els extrems i cada metre entremig presenten marques fixes com ara cargols de PVC adherits a la roca amb una massilla de dos components. En cada mostreig es col.loquen unes cintes elàstiques que faciliten la realització del transsecte fotogràfic.

Cada transsecte fou fotografiat per la part superior i inferior de l'elàstic (Figura 3), recobrint un àrea aproximada d' 1.2 m². Les dates de mostreig fotogràfic foren a l'octubre de 2006, octubre de 2007, setembre de 2008, febrer i juliol de 2009, i finalment abril de 2010. Aquesta metodologia de realitzar fotografies de transsectes permanents, permet un seguiment individualitzat de les colònies.



Fig. 3. Procés de realització dels transsectes fotogràfics permanents on s'observa l'elàstic.

- **Mostreig fotogràfic.**

Les fotografies es van obtenir amb una càmera fotogràfica digital Nikon D70S amb un objectiu Nikkor de 20 mm (2000*3000 píxels) i dos flashos Sea and Sea (Figura 4). L'equip fotogràfic anava a l'interior d'una carcassa Subal D70 S. A més a més, la càmera anava fixada a un suport amb dos peus de PVC de 40 cm que permetien realitzar la fotografia a la mateixa distància i angle, i d'aquesta forma, cada fotografia comprenia una àrea aproximada de 575 cm² (19.5 cm llargada x 29.5 cm amplada).



Fig. 4.- Equip fotogràfic usat durant el mostreig fotogràfic de les colònies.

- **Tractament de dades.**

L'estudi s'ha dut a terme durant 5 anys. S'han analitzat un total de 3055 fotografies durant els mesos de treball al laboratori.

Cada colònia es va etiquetar individualment a l'inici de l'estudi (any 2006), i se li va assignar un número que facilitava la seva identificació en els posteriors mostrejors. Aquesta metodologia ens ha permès identificar i seguir 732 colònies, de les quals 589 són adultes. Paral·lelament, es van classificar les colònies en funció del nombre de dits. A més a més, 6 classes de talla van ser diferenciades: 0.5, 1-5, 6-10, 11-15, 16-20 i >20 dits. La classe 0.5 indica les colònies que presenten una morfologia de "botonet" i encara no han assolit la classe "1 dit".

S'ha treballat amb diferents programes de tractament d'imatge: ACDSee Photo Software i Irfan View per a visualitzar les fotografies, i Adobe Photoshop 7.0 (© Adobe) per al seu etiquetament.

El procés a seguir ha estat:

- Obrir la fotografia del 2006 amb el visualitzador i localitzar totes les colònies.
- Obrir el programa Photoshop i etiquetar cada colònia, donant-li una nomenclatura: ID_X, sent X el número de colònia, tal i com s'observa a la figura 5. A més a més, per a les colònies més petites i no tan visibles, s'ha procedit a encerclar-los per a facilitar la seva visualització. A banda, cada colònia era posicionada en un mapa per facilitar la seva identificació en mostres posteriors (2007, 2008, 2009 i 2010).



Fig. 5. Exemple d'identificació i etiquetatge d'una colònia adulta d'*Alcyonium acaule* (ID_128), i altres 4 colònies més petites (alguns encerclats).

- Comptar el número de "dits/lòbuls" que té cada colònia per a estimar-ne el creixement en els propers anys.
- Acte seguit obrir les fotografies dels anys posteriors des del 2007 fins 2010 i comparar-les per veure si s'observa mortalitat o desaparició de les colònies, creixement i nous reclutes (procedir a etiquetar-los en una nova fotografia). Tota la informació recollida es va compilar en una base de dades feta en Microsoft Excel.
- Els reclutes van ser considerats com aquelles colònies que no havien estat identificades en els anys anteriors i que tenien una mida

aproximada de 2 mm que equival a la presència d'entre 3 i 5 pòlps (classe de talla 0.5).

- **Paràmetres demogràfics analitzats.**

Número inicial d'individus.

A l'inici de l'estudi (2006) teníem un total de $N = 589$ colònies, de les quals hem identificat individualment i seguit durant un període de 5 anys per a enregistrar paràmetres com l'estructura de classes, la supervivència, el creixement, el reclutament i la supervivència d'aquests reclutes.

Supervivència

Tots els individus adults detectats el primer any, han estat seguits la resta d'anys d'estudi per a observar la seva presència o absència d'un any per l'altre (considerant morts els que desapareixien totalment).

De cara a la base de dades en el programa Excel, marquem un 0 quan la colònia no s'observa, per tant, és morta, i 1 per a la colònia supervivent.

Creixement

El creixement s'estima com les variacions de talla de les colònies, que es veu reflectit en l'augment del número de lòbuls en forma de dit de la colònia. S'ha triat el número de lòbuls en forma de dit en comptes de la cobertura ocupada degut a que les colònies d'*Alcyonium acaule* poden variar força la seva mida segons si es troben en estat d'expansió o contracció (Garrabou, 1999) i això podria induir a errors en quant a recobriment.

Per a comptabilitzar el creixement, s'ha procedit a comptar el número de lòbuls/dits observats cada any i anotar-los en una matriu de creixement al programa Microsoft Excel. Es considera un dit nou quan té certa mida i es veu clarament la formació d'un dit. S'ha mesurat creixement per a les colònies que

sobreviuen fins al final de l'estudi (2010). És important remarcar que si un any intermig (p.ex. 2008) no era possible observar amb claredat el número de dits, s'ha extrapolat observant l'any anterior i el posterior, i sempre s'ha tendit a la baixa a l'hora de donar-li un número per evitar sobrevaloració.

Reclutament

El reclutament s'ha tingut en compte des de 2007 fins a 2010. Considerem un recluta una nova colònia o individu d'*Alcyonium acaule* que no ha estat prèviament observat en les fotografies dels anys anteriors, per tant, el què marquem en la nostra base de dades és l'any de primera aparició. Abans d'etiquetar un individu com a recluta, es comprova de nou que no ha estat observat en els anys anteriors, ni s'ha omès la seva presència. A més a més, en aquest estudi també s'ha quantificat la supervivència dels reclutes. El seguiment dels transectes fotogràfics permanents al llarg del temps, ha permès determinar la taxa de reclutament i la seva supervivència. Aquests reclutes es van identificar també a nivell individual.

La identificació dels individus no ha estat tasca fàcil degut a la facilitat dels reclutes per a ser confosos amb *Alcyonium/Parerythropodium coralloides* (Pallus, 1766) ja que també tenen coloració vermella i pòlips de coloració similar (sent els de *P. Coralloides* més groguencs). Es va optar per una aproximació conservativa i no s'ha tingut en compte cap recluta o individu petit que no s'observés clarament a quina espècie pertanyia. En aquest cas, pot ser que haguem infraestimat el número de reclutes. També complexe ha estat la seva localització i la facilitat per a ser confosos amb altres organismes, i no s'han pogut detectar fins que no han arribat a una talla mínima d'observació.

El temporal de 2008.

El 26 de desembre de 2008 va tenir lloc a la costa catalana el conegut com a Temporal de Sant Esteve, un fort temporal de llevant que va tenir un efecte devastador en moltes poblacions de la Costa Brava, provocant un enorme desastre en els ecosistemes submarins del nostre litoral. Les dades de les

boies oceanogràfiques properes són clares: a la boia de Roses (al nord de l'Estartit) es va donar una $H_S = 5,93\text{m}$ i una $H_{m\grave{a}x} = 9\text{m}$, i a la boia de Palamós una $H_S = 7,5\text{m}$ i una $H_{m\grave{a}x} = 14,4\text{m}$ (Figura 6). El valor H_S indica l'altura d'ona significant, és a dir, el promig dels valors d'altura d'ona del terç d'ones més altes del registre de la boia, i la $H_{m\grave{a}x}$ indica l'altura de l'ona individual més alta registrada per la boia en aquell punt; de manera que amb aquestes dades oceanogràfiques ens podem fer una idea de l'energia i la força que tenia aquell temporal. No existeix cap precedent d'una alteració d'aquest calibre en les comunitats bentòniques, veient-se afectats tots els ecosistemes d'entre 0 i 30 m de profunditat.

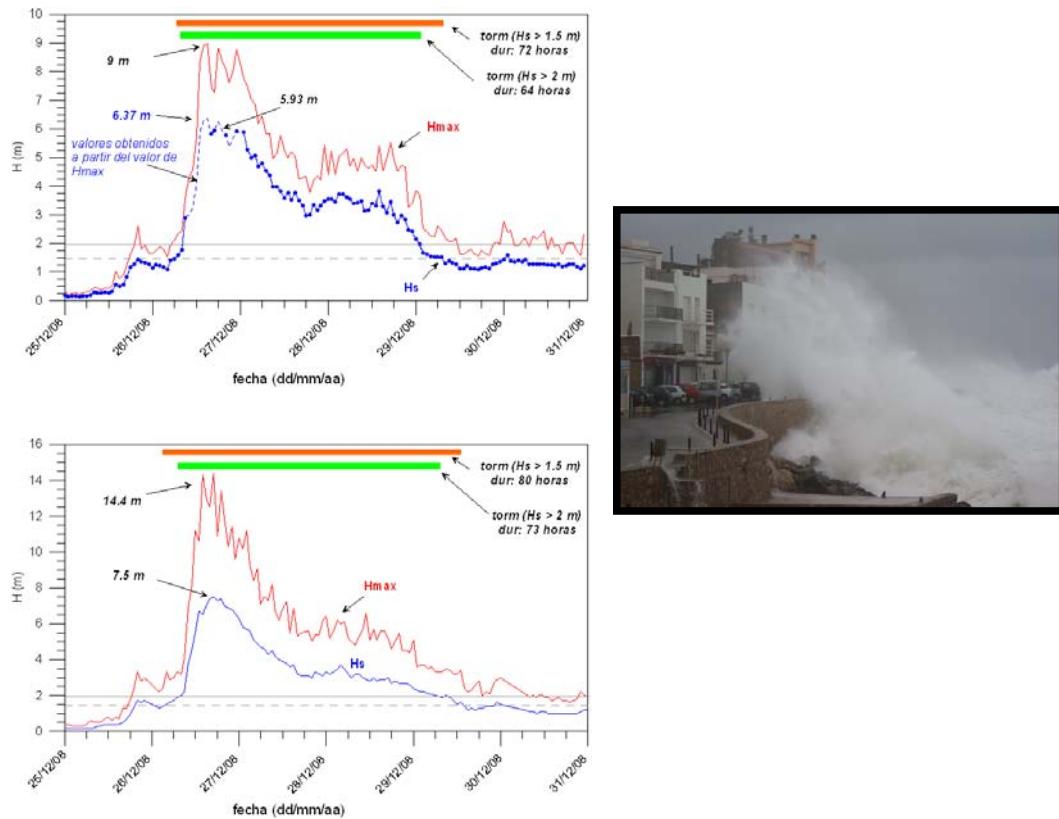


Fig. 6.- Gràfiques d'altura d'ona a les boies de Roses i Palamós respectivament, i fotografia del temporal a l'Escala (dades extretes de VuCoMA - <http://lim050.upc.es/vucoma/>).

Després del temporal, al febrer de 2009, es va anar a mostrejar les mateixes localitats per a detectar-ne els possibles efectes. Amb aquest estudi volem comprovar si la taxa de mortalitat va augmentar després del temporal com a conseqüència directa dels seus efectes.

Cal remarcar que tot i tenir dades de 2 mostrejos en el mateix any (febrer i juliol de 2009) només s'ha utilitzat un dels dos valors.

- **Anàlisi estadístic.**

Per tal de testar si existeixen diferències significatives en les dades d'estructura de talles i creixement, s'ha utilitzat una sèrie de tests estadístics. Per al cas de l'estructura de talles hem aplicat un test Chi-quadrat (χ^2) per a comparar la possible si existeixen diferències significatives entre les classes de talla a l'inici i al final de l'estudi per a cadascuna de les 3 localitats (Punta Salines, Medallot i Carall Bernat). Per al creixement, s'ha utilitzat un test no paramètric per a variables dependents anomenat Test de Wilcoxon per a mostres aparellades, on la hipòtesi inicial H_0 és que les dades de creixement no són diferents entre el primer any d'estudi (2006) i l'últim (2010) dins les diferents classes de talla. Els tests estadístics foren duts a terme amb el programa STATISTICA (versió 8).

RESULTATS I DISCUSSIÓ

- Estructura de talles.

A la figura 7 podem observar l'estructura de talles per a cada localitat comparant l'any 2006 amb el 2010. El test Chi-quadrat (χ^2) mostra que hi ha diferències significatives en l'estructura de talles a l'inici i al final de l'estudi per Punta Salines ($\chi^2 = 18,75$; gdl=5; $p < 0.005$) i Carall Bernat ($\chi^2 = 13,4$; gdl=3; $p < 0.005$), però no per a Medallot ($\chi^2 = 4,68$; gdl=5; $p > 0.005$).

És de remarcar que per a Medallot i Carall Bernat al voltant del 75-80% de la població pertany a la segona classe de talla (1-5 dits) tant a 2006 com a 2010. Per al cas de Punta Salines veiem que hi ha un major número de representants de la segona classe de talla comparat amb les altres (48% i 40% respectivament), però amb una tendència a la disminució en favor de la tercera classe de talla (6-10 dits). A més a més, cal observar que Punta Salines manté exemplars a totes les classes de talla, a diferència de Medallot i Carall Bernat que mostren absència de colònies de les classes de talla més grans (a partir de la cinquena classe de talla corresponent a 16-20 dits).

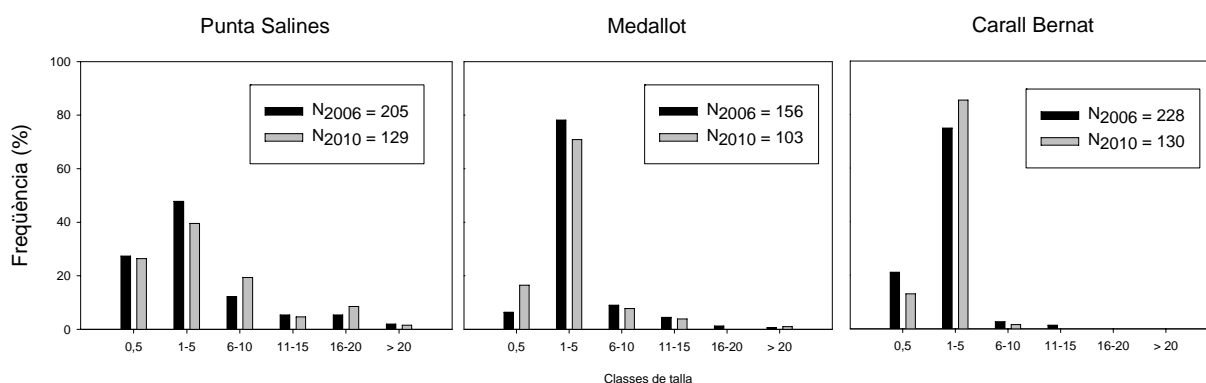


Fig. 7.- Gràfiques d'estructura de talles per a cada localitat a 2006 i 2010.

- **Supervivència.**

Observant les dades de la figura 8, al voltant del 50% de la població de les 3 localitats sobreviu fins el 2010 sent els percentatges de supervivència total d'un 51% per a Punta Salines (N=205), 53% per a Medallot (N=156) i 47% per a Carall Bernat (228).

Si considerem les supervivències separant-les per classes de talla, són significativament diferents. A Punta Salines les classes de talla superiors a 1-5 dits, presenten valors de supervivència elevats de l'ordre del 80%. Aquest tret d'elevada supervivència per a classes de talla grans, és característic per les espècies colonials (Garrabou & Harmelin 2002, Hughes & Jackson 1985). En canvi, Medallot presenta una baixa supervivència per aquestes classes de talla. S'ha intentat relacionar-ho amb l'efecte del temporal de Sant Esteve de 2008, però no s'ha trobat un efecte directe, ja que hi ha una mortalitat considerable per talles grans al llarg de tot l'estudi (supervivències de 43% per a la classe 6-10; 57% per a la classe 11-15 i un 50% per a la classe 16-20), i no només després del temporal. Per últim, a Carall Bernat s'observa una mortalitat gradual de les colònies de classe de talla petita (1-5 dits) amb un valor final de supervivència del 55%.

Donat que mortalitats elevades en les primeres fases de vida són trets característics per les espècies de la classe d'antozous (Linares et al 2008), es va decidir analitzar la supervivència comparant les tres localitats però excloent la talla 0,5 (Figura 9). La supervivència total és del 56%, sent 61% per a Punta Salines, 55% per a Medallot, i 52% per a Carall Bernat.

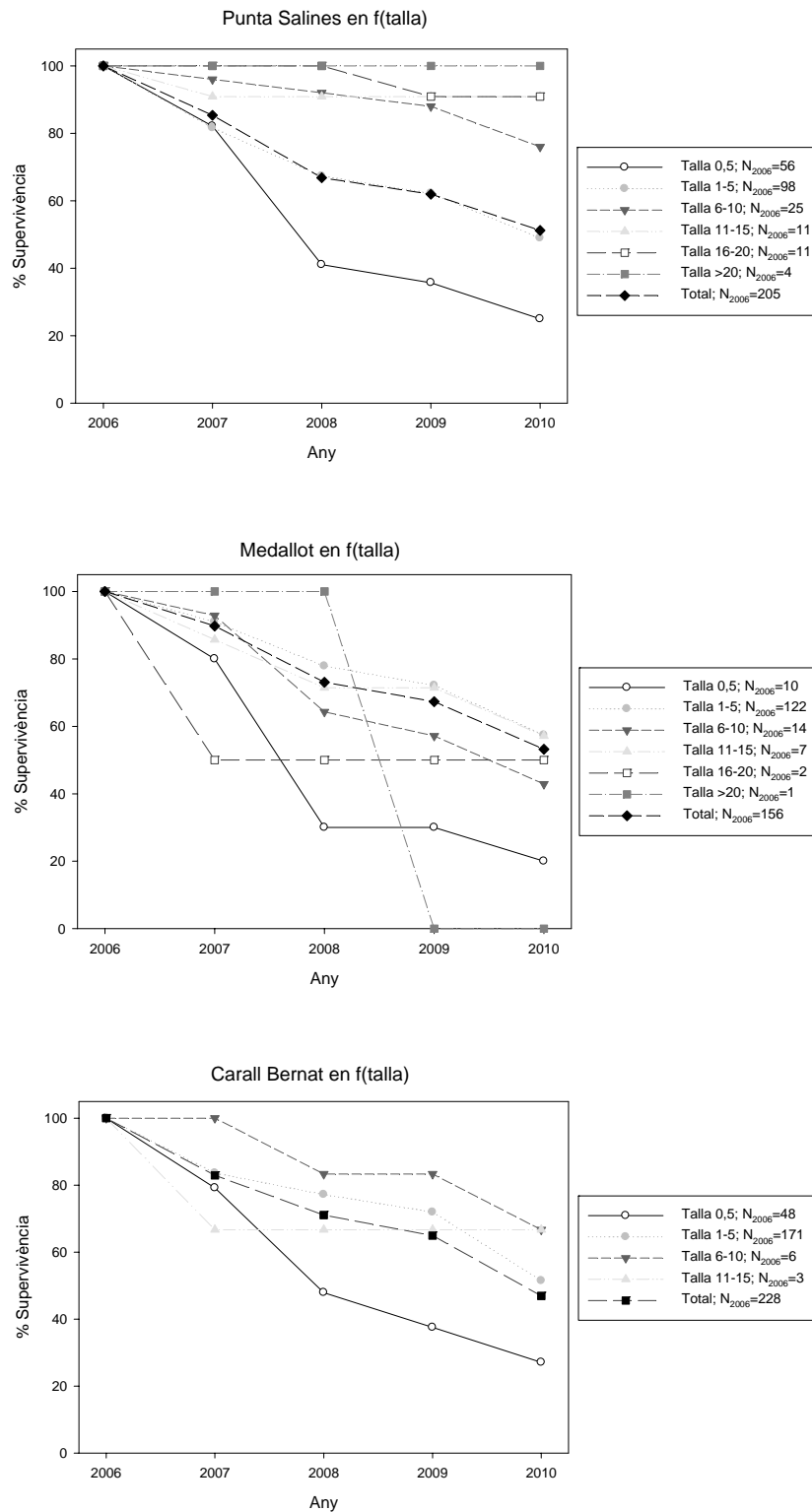


Fig. 8.- Supervivència d'*Alcyonium acaule* durant 5 anys a 3 localitats: Punta Salines, Medallot i Carall Bernat. Les dades referents a la població total són en color negre, i les diferents classes de talla en escala de grisos i blanc.

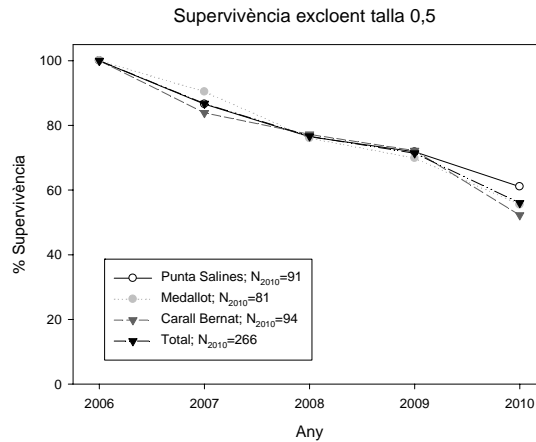


Fig. 9.- Supervivència d'*A. caule* durant 5 anys a les 3 localitats Punta Salines, Medallot i Carall Bernat, excloent la talla 0,5. Les dades de la supervivència total són en color negre i les dades de les 3 localitats en escala de grisos.

- **Reclutament.**

En observar aquest paràmetre per a les tres localitats d'estudi (Figura 10), es detecta un número de reclutes constant al llarg de l'estudi. Els valors del número de reclutes anuals representa aproximadament un 15% de la població d'adults en l'any 2006.

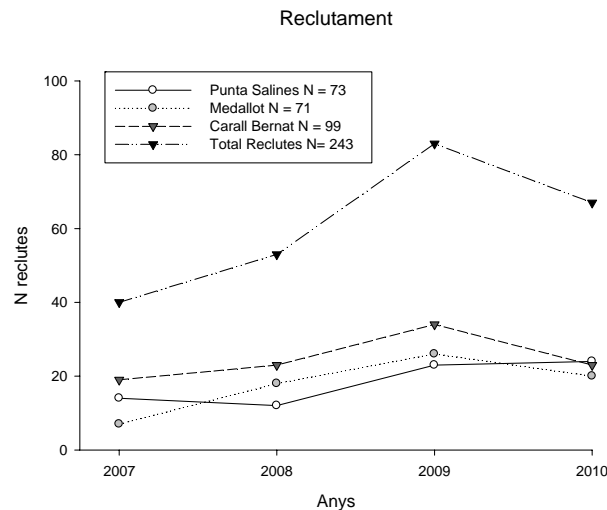


Fig. 10.- Reclutament d'*A. caule* des de 2007 a 2010 per a les 3 localitats, sent el valor total en color negre, i les localitats en escala de grisos i blanc.

- **Supervivència dels reclutes.**

Si bé el número de reclutes és important per a la població en les 3 localitats, la seva supervivència es veu molt afectada durant els primers anys (Figura 11) . Només sobreviuen al voltant del 40% (N=243) dels reclutes en els 2 primers anys de vida.

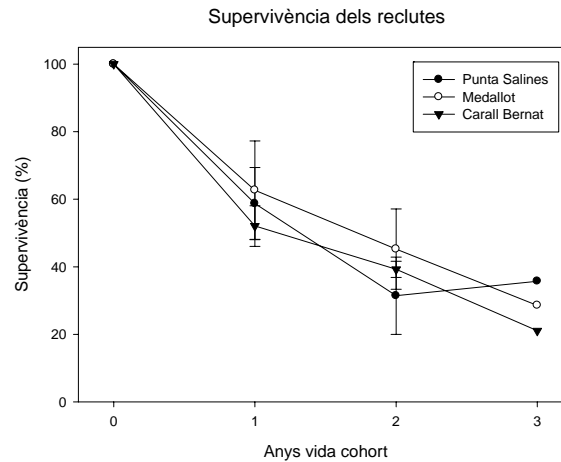


Fig. 11.- Supervivència dels reclutes d'A. acaule des de 2007 a 2010 per a les 3 localitats, sent el valor total en color negre, i les localitats en escala de grisos i blanc.

- **Creixement.**

Les presents gràfiques de la figura 12 representen els canvis en el número de dits de les colònies seguides des de 2006 fins a 2010, representades a partir de les dades de la mitjana del número de dits \pm l'error estàndard (SE) i agrupades per classes de talla. En general, el creixement a través del número de dits és molt baix i uniforme al llarg dels 5 anys d'estudi per totes les classes de talla. No hi ha creixement significatiu per totes les classes de talla entre l'inici i el final ($p > 0,05$), excepte per les classes de talla 0,5 ($Z=2,93$; $p=0,003$) i 6-10 ($Z=2,52$; $p=0,01$). És interessant destacar que a partir de la classe de talla 11-15 es donen fenòmens de decreixement a través de la disminució del número de dits. La taxa de creixement general per totes les classes de talla és de $-0,63 \pm 0,31$, i només la classe de talla 1-5 presenta valors positius pròxims a 0 (Taula 1). Aquest resultat s'interpreta com a què el creixement en aquesta espècie és molt baix i que els processos de reducció de mida són importants en la dinàmica d'aquesta espècie. També queda demostrada la importància d'estudis a llarg termini per a entendre els trets de vida d'aquesta espècie

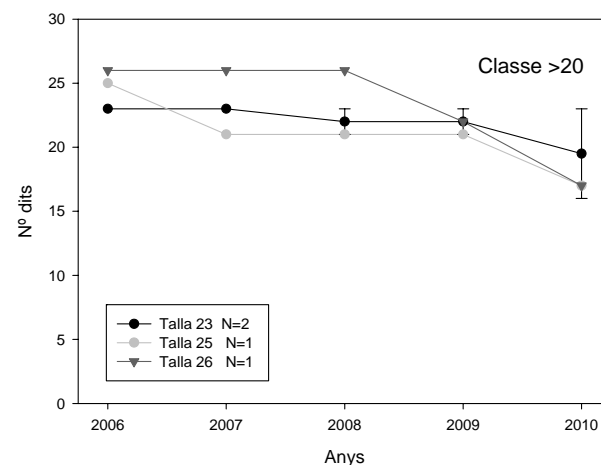
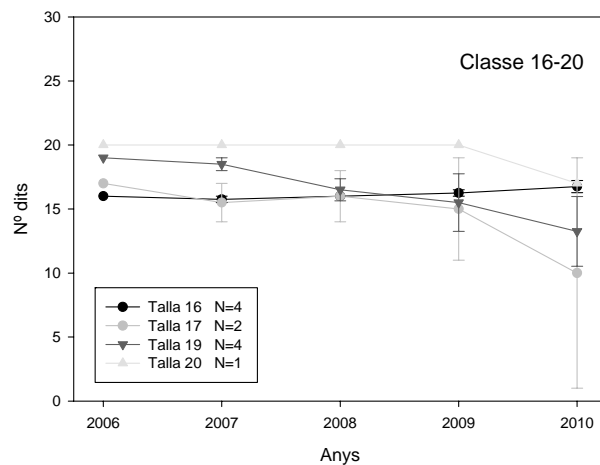
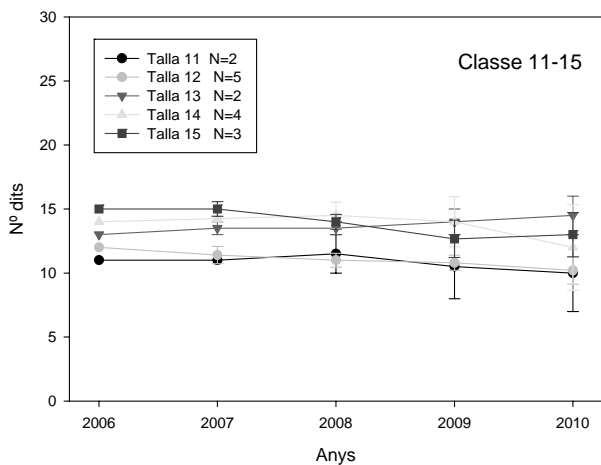
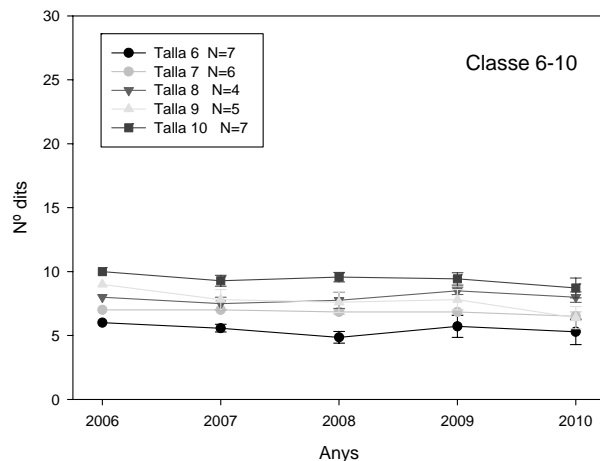
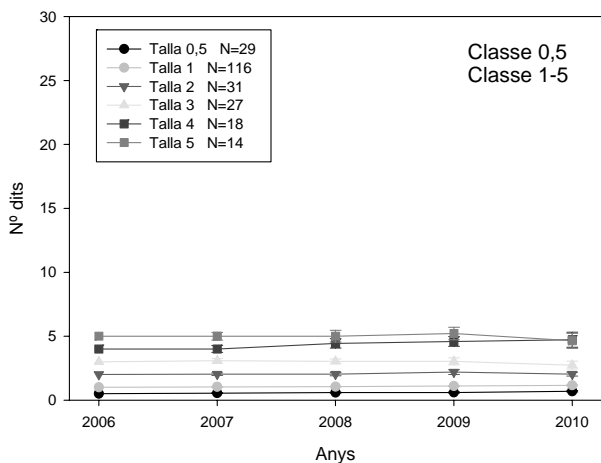


Fig. 12.- Creixement d'*A. acuale* expressat com a canvi en el número de dits mitjana (\pm SE) de les colònies vives seguides per a les 6 classes de talla des de 2006 fins a 2010.

Taula 1: Taxa de creixement en funció de la classe de talla.

Creixement	Classe 1-5	Classe 6-10	Classe 11-15	Classe 16-20	Classe >20
N	206	29	16	11	4
$\bar{X} \pm SE$	0.01 \pm 0.17	-0.26 \pm 0.40	-0.27 \pm 0.69	-0.94 \pm 0.94	-1.71 \pm 0.29
Mínims / màxims	-4 / 6	-5 / 3	-10 / 4	-10 / 2	-5 / 0

És interessant destacar els valors d'entre 6 i 4 dits (classe 1-5 i classe 11-15 respectivament) com a màxims en taxes de creixement anuals observats, indicant que hi ha pulsos de creixement en moments determinats. En general, el baix creixement trobat dificulta qualsevol tipus d'estima d'edat d'aquesta espècie en funció de la talla.

La Taula 2 presenta les entrades i sortides que afecten a la població d'*A. acaule* al llarg d'aquest estudi. La població adulta a l'inici de l'estudi era de 589 colònies i al final de l'estudi aquesta s'ha vist reduïda a un valor de 362 colònies considerant l'entrada de reclutes. Si bé els reclutes són importants per a la població, la seva supervivència és molt baixa provocant que el pes de l'èxit de la supervivència de la població recaigui en els adults. A més a més, degut al seu extrem baix creixement implica que la població d'adults d'*A. acaule* sigui molt sensible a qualsevol pertorbació. Aquest fet té conseqüències rellevants en la conservació d'aquesta espècie i la comunitat on habita en un marc de canvi global on les prediccions indiquen un increment de pertorbacions naturals i un major número d'esdeveniments extrems.

Taula 2: Resum dels trets demogràfics al llarg dels 5 anys.

Paràmetres analitzats	Canvi	Resultat
Factors que afecten a la població		
N colònies inicials (2006) / excloent talla 0.5		589 / 390
N colònies que han mort durant els 5 anys / excloent talla 0.5	- 294 / 124	
Colònies filles formades per divisió	0	0
Nombre de reclutes via larva	+ 243	538
Nombre de reclutes que moren	-76	462
N colònies final estudi 2010		362

CONCLUSIONS

A partir de l'anàlisi de sèries fotogràfiques durant un període de 5 anys a les Illes Medes-Costa del Montgrí, hem pogut concloure que en les poblacions d'*A. acaule* estudiades hi ha dominància de les colònies de classe de talla petita (1-5 dits). En la localitat de Punta Salines també es troben representades colònies de mida més gran. En una població com la d'*A. acaule* amb canvis en l'estructura poblacional tan importants en pocs anys, tenen un pes poc important en la població els reclutes, donat que presenten una mortalitat del 40%, i això fa que el pes de la població recaigui en la supervivència de les colònies adultes que és al voltant del 50% en els 5 anys d'estudi. Hom evidencia doncs, la vulnerabilitat d'aquesta espècie deguda a la capacitat limitada de recuperar-se a partir de nous reclutes i per la baixa supervivència. A més *A. acaule* mostra una gran longevitat i una baixa taxa de creixement ($-0,63 \pm 0,31$) per a quasi totes les classes de talla, amb fenòmens de reducció del número de dits.

En quant a la possible relació amb el temporal de Sant Esteve de 2008, no s'ha trobat un efecte directe de la pertorbació en la supervivència de les colònies grans, com era d'esperar, malgrat haver observat algunes mortalitats de colònies grans en certes zones de l'àrea d'estudi.

De cara a les condicions del medi en el futur, en un marc de canvi global, és important fixar un programa de protecció que tingui en compte la sensibilitat a les pertorbacions d'*A. acaule* per tal de conservar l'espècie i la comunitat on habita.

BIBLIOGRAFIA

- Bavestrello G., Bertone S., Cattaneo-Vietti R., Cerrano C., Gaino E., Zanzi D. (1994) Mass mortality of *Paramuricea clavata* (Anthozoa, Cnidaria) on Portofino Promontory cliffs, Ligurian Sea, Mediterranean Sea. *Marine Life* **4**: 15-19 .
- Brazeau, D.A & H.R. Lasker, 1990. Sexual reproduction and external brooding by the Caribbean gorgonian *Briareum asbestinum*. *Marine Biology*. **104**: 465-474.
- Cerrano, C., Bavestrello, G., Bianchi, C.N., Cattaneo-vietti, R., Bava, S., Morganti, C., Morri, C., Picco, P., Sara, G., Schiaparelli, S., Siccardi, A. & Sponga, F. (2000). A catastrophic mortality-mass episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian Sea (North-western Mediterranean) , summer 1999. *Ecology Letters* **3**: 284-293.
- Coma R, Ribes M, Serrano E, Jiménez E, Salat J, Pascual J (2009) Global warming-enhanced stratification and mass mortality events in the Mediterranean . *PNAS* **106** :6176-6181.
- Connell J.H., Hughes T.P., Wallace C.C. (1997) A 30-year study of coral abundance, recruitment, and disturbance at several scales in space and time. *Ecological Monographs* **67**(4): 461-488.
- Dayton, P.K., Robilliard, G.A., Paine, R.T., Dayton, L.B. (1974) Biological accommodation in the benthic community at McMurdo Sound, Antarctica. *Ecological Monographs* **44**: 105-125.
- Dayton P.K., Tegner M.J., Edwards P.B., Riser K.L. (1998) Sliding baselines, ghosts, and reduced expectations in kelp forest communities. *Ecol Appl* **8**(2): 309-322.
- Edmunds P.J., Elahi R. (2007) The demographics of a 15-year decline in cover of the Caribbean reef coral *Montastraea annularis*. *Ecological Monograph* **77**(1): 3-18.
- Fabricius, K.E. (1995). Slow population turn over in the soft coral genera *Sinularia* and *Sarcophyton* on mid- and outer-shelf reefs of the Great Barrier Reef. *Marine Ecology Progress Series*, **vol. 126**:145-152.
- 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., Perez, T., Sartoretto, S. & Harmelin, J.G. (2001). Mass mortality event in red coral *Corallium rubrum* populations in the Provence region (France, NW Mediterranean). *Marine Ecological Progress Series*, **Vol. 217**:263-272.
- Garrabou, J. & Zabala, M. (2001). Growth Dynamics in Four Mediterranean Demosponges. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **52**, 293–303.
- Garrabou, J. & Harmelin, G.J. (2002). A 20-year study on life-history traits of a harvested long-lived temperate coral in the NW Mediterranean: insights into conservation and management needs. *Journal of Animal Ecology* **71**, 966–978.
- Garrabou J, Coma R, Bensoussan N, Bally M, Chevaldonné P, Cigliano M, Díaz D, Harmelin JC, Gambi MC, Kersting D, Ledoux JB, Lejeusne C, Linares C, Marshal C, Pérez T, Ribes M, Romano JC, Serrano E, Teixidó N, Torrents O, Zabala M, Zuberer F, Cerrano C (2009) :

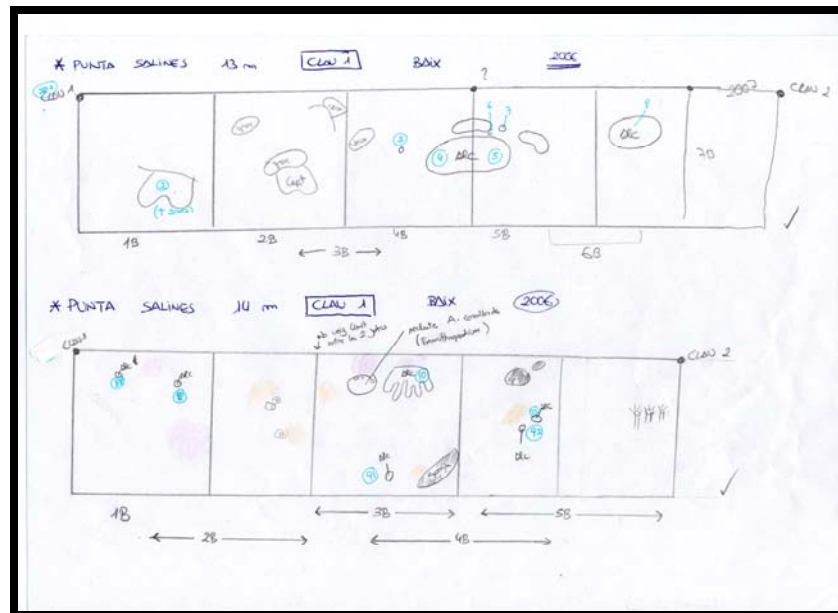
- Mass mortality in NW Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. *Global Change Biology* **15**: 1090-1103.
- Gili J.M., Garcia A., Colomer P.L. (1984) Els cnidaris bentònics de les Illes Medes. In: Ros J.D., Olivella I., Gili J.M. (eds) *Els sistemes naturals de les illes Medes. Arxius Sec Ciències Institut d'Estudis Catalans, Barcelona* **73**: 407-427.
- Halpern B i 18 autors més (2008) A global map of human impacts of marine ecosystems. *Science* **319**:948-952.
- Harmelin J.C., Marinopoulos J. (1994) Population structure and spatial mortality of the gorgonian *Paramuricea clavata* (Risso) in the North-Western Mediterranean (France, Port-Cros Island). *Marine Life* **4**: 5-13 .
- Hartnoll, R.G. (1974). The annual cycle of *Alcyonium digitatum*. *Estuarine and Coastal Marine Science*, **3**: 71-78.
- Harvell C.D., Mitchell C.E., Ward J.R., Altizer S., Dobson A., Ostfeld R.S., Samuel M.D. (2002) Climate Warming and Disease Risks for Terrestrial and Marine Biota. *Science* **296**: 2158-2162.
- Herberts C. (1972) Étude systématique de quelques zoanthaires tempérés et tropicaux. *Thethys* **3**: 69-156 .
- Hughes T.P. (1990) Recruitment limitation, mortality, and population regulation in open systems: a case study. *Ecology* **71**:12-20.
- Hughes T.P. (1994) Catastrophes, phase shifts, and large-scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science*, **265**, 1547–1551.
- Hughes, T.P. & Jackson, J. B. C.(1985). Population dynamics and life histories of foliaceous corals. *Ecological Monographs*, **Vol. 55**, No. 2:141-166.
- Jackson, JBC (1979). Morphological strategies of sessile animals in: Larwood G, Rosen BR (eds). *Biology and Systematics of colonial organisms. Academic Press, London*, pp 499-555.
- Jackson JBC i 16 autors més (2001) Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science*, **293**:629-638.
- Juárez, S. (2006). Analysis of long-term photographic series in North-West Mediterranean Sea. Study on recruitment of *Alcyonium acaule* Marion, 1878 (Cnidaria, Octocorallia, Alcyonacea). Stage.
- Kim K., Harvell C.D. (2004) The rise and fall of a six year coral fungal epizootic *The American Naturalist* **164** Supp. (52-63).
- Linares, .C, Coma, R., Mariani, S., Díaz, D., Hereu, B., Zabala, M. (2008) Early life history of the Mediterranean gorgonian *Paramuricea clavata*: implications for population dynamics. *Invertebrate Biology*.
- Pérès J.M., Picard J. (1964) Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Rev Trav Stat Mar Endoume* **31**(47): 1-131.
- Perez, T., Garrabou, J., Sartoretto, S., Harmelin, J.G., Francourb, P. & Vaceleta, J. (2000). Mortalité massive d'invertébrés marins : un événement sans précédent en Méditerranée nord-occidentale. *Life Sciences* **323**: 853–865

- Rivoire G. (1991) Mortalité du corail et des gorgones en profondeur au large des côtes provençales. In : Les Espèces Marines à protéger en Méditerranée (eds Boudouresque C.F., Avon M., Gravez V.) *GIS Posidonie, France* pp. 53-59.
- Sebens K.P., Lewis J.R. (1985) Rare events and population structure of the barnacle *Semibalanus cariosus*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **87**:55-65.
- Sebens K.P. (1991) Habitat structure and the community dynamics in marine benthic ecosystems. Habitat Structure. The Physical Arrangement of Objects in Space (eds S.S. Bell E.D. McCoy & H.R. Mushinsky) . *Chapman & Hall, London* pp. 211–234.
- Teixido N., Garrabou J., Harmelin J.G. (2006) A long-term demographic study to community dynamics: the case of the high-diverse benthic communities in the NW Mediterranean Sea. *Proc 41st European Marine Biology Symposium (EMBS), Cork, Ireland*.
- Vitousek PM, Mooney HA, Lubchenco J, Melillo JM (1997) Human domination of Earth's ecosystems. *Science* **277**:494-499.
- Ward J.R., Lafferty K.D., Harvell C.D. (2004) The elusive baseline of marine disease: are diseases in ocean ecosystems increasing? *PLOs Biology* **2**: 542-547.
- Weinberg S. (1975) Ecologie des octocoralliaires communs sur substrat dur dans la region de Banyuls-sur-Mer. Essay d'une méthode. *Bijdragen Dierkunde* **45**: 50-70
- Weinberg S. (1977) Revision of common Octocorallia of the Mediterranean circalittoral II. Alcyonacea. *Beaufortia* **25** (326): 131-166.
- Web del grup VuCoMA: <http://lim050.upc.es/vucoma/index.html>

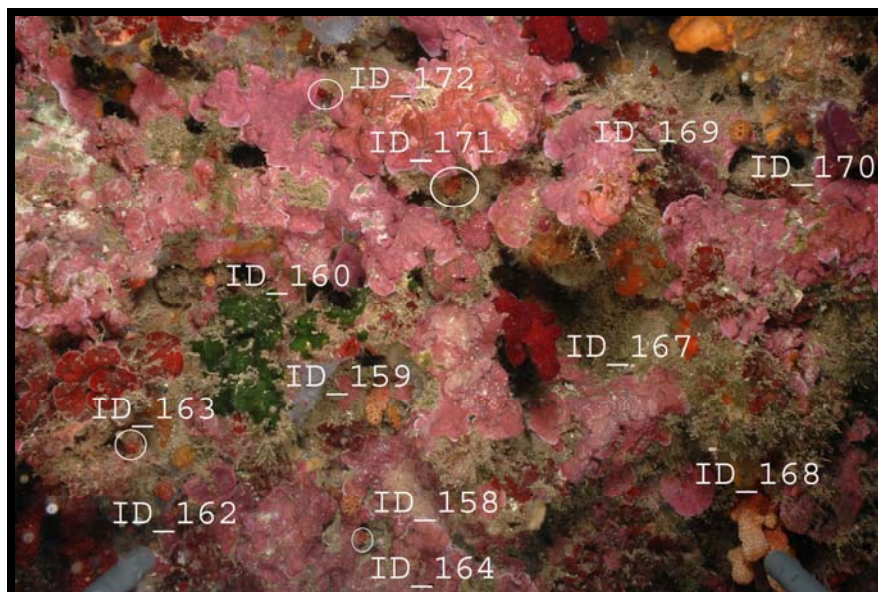
ANNEXOS

Annex 1: Procediment del tractament de dades: a) Mapejat d'un parell de claus on s'observen diverses colònies, b) Fotografia de diverses colònies a Punta Salines a 15m, etiquetades al Photoshop on s'observa la complexitat de la identificació, i c) Fragment extret de la base de dades d'Excel: Supervivència d'adults d'*Alcyonium acaule*.

a)



b)



c)

Supervivencia									
Colony-ID	Quadrat	Site	Depth	Substrate	2006	2007	2008	2009	2010
1	20061025PST13CLAU1	PtaSalines	13	Roca i turf	1	1	1	0	0
2	20061025PST13CLAU1_1B	PtaSalines	13	Alga calcària	1	0	0	0	0
3	20061025PST13CLAU1_5B	PtaSalines	13	Roca i turf	1	1	1	1	0
4	20061025PST13CLAU1_5B	PtaSalines	13	Roca i turf	1	1	1	1	1
5	20061025PST13CLAU1_5B	PtaSalines	13	Roca i turf	1	1	1	1	1
6	20061025PST13CLAU1_5B	PtaSalines	13	Roca i turf	1	1	1	1	1
7	20061025PST13CLAU1_5B	PtaSalines	13	Roca i turf	1	1	1	1	1
8	20061025PST13CLAU1_6B	PtaSalines	13	Alga calcària	1	1	1	1	1
9	20061025PST13CLAU2_1B	PtaSalines	13	Alga calcària	1	1	1	1	1
10	20061025PST13CLAU2_3B	PtaSalines	13	Alga calcària	1	1	0	0	0