

Premi de Recerca
Vila de Palamós
2016-2017

Jordi Morcillo Baeza

VERD, VERMELL I MARRÓ

Estudi de la comunitat macroalgal
de cala Margarida

10



AJUNTAMENT DE PALAMÓS
Àrea de Cultura i Patrimoni



Servei d'Arxiu Municipal de Palamós

VERD, VERMELL I MARRÓ

Estudi de la comunitat macroalgal
de cala Margarida

“There's nothing wrong with enjoying looking
at the surface of the ocean itself, except that
when you finally see what goes on
underwater, you realize that you've been
missing the whole point of the ocean.”

- Dave Barry

Presentació del treball	3
1 Introducció	4
1.1. El món de les algues	4
1.2. Descripció de les comunitats macroalgals	4
1.3. Evolució i classificació de les macroalgues	4
1.4. Factors condicionadors de la distribució de les comunitats macroalgals	5
• Factors ambientals abiòtics	5
• Factors ambientals biòtics	6
• Impactes antròpics	6
• Estacionalitat	6
• Zonació o distribució vertical	6
1.5. La vegetació marina mediterrània	7
1.6. Part pràctica efectuada en aquest estudi	7
2 Metodologia	7
2.1. Zones d'estudi	7
2.2. Dates de mostreig	8
2.3. Material de mostreig	8
2.4. Mostreig i processament de les mostres	8
2.5. Anàlisi de les dades	9

3 Resultats	10
3.1. Llistat d'espècies i regularitats observades	10
3.2. La diversitat	10
3.3. Similitud entre les localitats	11
• Prova SIMPER de la comunitat macroalgal	12
• Proves MDS i CLUSTER de la comunitat macroalgal	12
• Proves MDS de distribució d'algunes espècies	13
4 Discussió	14
4.1. Factors estudiats	14
4.2. Impacte antròpic	15
4.3. Algues bioindicadores	15
5 Conclusions	17
6 Agraïments	18
7 Referències bibliogràfiques i pàgines web utilitzades	18
8 Glossari	19
9 Opinió personal	20

Les referències al glossari estan marcades amb un asterisc (*).

Presentació del treball

Ja de ben petit m'havia sentit atret per tot el que fa referència al món animal. Els meus pares a l'hora de fer-me regals ho tenien ben senzill, qualsevol llibre, revista o pel·lícula que parlés d'animals era un regal encertat. Recordo que quan arribava de l'escola, sempre veia una col·lecció de tres vídeos de dibuixos animats fets per Félix Rodríguez de la Fuente. Era acabar-la i tornar-la a començar! Sens dubte era al que jo em voldria dedicar quan fos gran. Amb el que no comptava és que seria escollit per formar part d'un programa anomenat "Joves i Ciència", promogut per la fundació Catalunya- La Pedrera. Aquest programa em va donar l'oportunitat d'ampliar horitzons més enllà dels animals, ja que vaig formar part d'un projecte anomenat "Ecosistemes aquàtics de muntanya, els organismes bioindicadors" que em va despertar nous interessos. A partir d'aquest moment, vaig plantejar-me enfocar el treball de recerca en un àmbit desconegut, però alhora sorprenent per a mi: les macroalgues.

L'estudi dut a terme en aquest treball l'he anomenat: "Estudi de la composició, l'abundància i distribució de la comunitat macroalgal de la zona mediolitoral infralitoral superior en funció del gradient terra-mar i de determinats factors ambientals a cala Margarida, Palamós".

Aquest treball s'ha organitzat seguint el mètode científic característic d'aquest tipus d'estudis. Presenta l'estructura pròpia dels articles científics: introducció, material i mètodes, resultats, discussió, conclusió i referències.

L'objectiu principal del treball és estudiar la composició i l'abundància de la comunitat macroalgal de cala Margarida i realitzar una avaluació de com varia la seva distribució al llarg d'un gradient terra-mar (en funció de la distància a mar obert).

També es vol aconseguir els següents propòsits:

Avaluar la importància de dos factors ambientals importants (l'hidrodinamisme i el fotoperíode) a l'hora de determinar la distribució de la comunitat.

Determinar si la presència d'una escala artificial i un trampolí afecten la comunitat, per la qual cosa esdevenen un factor negatiu.

Comparar la capacitat bioindicadora de determinades espècies de macroalgues pel que fa a la qualitat de l'aigua amb les anàlisis realitzades per l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA).

Endinsar-me en el món de la recerca científica, treballant una comunitat macroalgal.

1 Introducció

1.1. El món de les algues

Tot i que el terme «alga» s'utilitza de forma genèrica per referir-se al conjunt de plantes aquàtiques, es tracta del conjunt més variat i complex del regne *Protoctists*, tant des del punt de vista morfològic com bioquímic i fisiològic.

En aquest treball, utilitzaré el terme «algues» per referir-me a un conjunt d'organismes eucariotes*, fotosintetitzadors, i tal·lòfits* que pertanyen al regne dels *Protoctists* i que no disposen d'una coberta estèril al voltant de les cèl·lules reproductives.

D'aquests organismes, cal remarcar-ne: una variada morfologia (unicel·lulars i pluricel·lulars), diversitat d'hàbitat (mar, estanys, fonts termals, gel...), varietat de coloracions, de formes de reproducció (sexual i asexual), de cicles biològics, de metabolisme* (autòtrof i heteròtrof)...

Com ja he dit anteriorment, en aquest treball només són tractades les macroalgues.

1.2. Descripció de les comunitats macroalgals

Les macroalgues són les que ens resulten més familiars; les que sovint observem quan passem per les roques del litoral o les que componen aquelles franges netament dibuixades a diferents nivells sobre les esculleres i dics del port; són, en definitiva, les que descobrim quan ens submergim amb el nostre equip de submarinisme o que, simplement, veiem al fons des de la superfície.

Les macroalgues bentòniques són un component fonamental en la biodiversitat* de tots els oceans i mars del món.

Cal recalcar les diferents funcions que duen a terme:

- 1 | Actuen com els principals productors primaris* de l'ecosistema* i són una de les principals fonts actuals d'oxigen a la Terra. Són capaces de sintetitzar la matèria orgànica i oxigen a partir del diòxid de carboni, aigua i sals minerals, utilitzant la llum com a font d'energia.
- 2 | Actuen com a principals organismes creadors d'estructura i sediment al fons marí. Fins i tot, són capaces de modificar la transparència de les aigües.
- 3 | Constitueixen el principal aliment de peixos, crustacis, musclos i equinoderms. Paral·lelament proporcionen hàbitat a una variada fauna de macroinvertebrats i peixos.
- 4 | Són òptimes per detectar alteracions ambientals.

A banda d'aquestes funcions, les macroalgues també presenten nombrosos beneficis econòmics, industrials, socials i, fins i tot, estètics.

1.3. Evolució i classificació de les macroalgues

Des d'un punt de vista evolutiu, els diversos grups de macroalgues provenen de diversos antecessors, és a dir, són polifilètics. Per tant, sota el nom de macroalgues s'amaguen organismes amb característiques genètiques i cel·lulars molt diferents.

Tanmateix, inicialment pertanyen a dos grups filogenètics ben diferenciats: el regne *Plantae* i el regne *Heterokonta*. El que els distingeix, bàsicament, és l'estructura dels seus cloroplasts*.

Les algues roges i verdes constitueixen un grup monofilètic integrat al regne *Plantae*.

En canvi, les algues brunes formen un grup apart integrat al regne *Heterokonta*.

Així doncs, les macroalgues, que es classifiquen en tres grans grups o filums, provenen de dos regnes diferents: d'una banda, les algues brunes o feòfits (filum *Phaeophyceae*, *Ochrophyta*) i, d'altra banda, les algues roges o rodòfits (filum *Rhodophyta*) i les algues verdes o cloròfits (filum *Chlorophyta*).

Cadascun d'aquests grups es caracteritza per:

- **Rhodophyta** (també conegudes com algues roges o rodòfits):
constituïdes per cèl·lules eucariotes* amb cloroplasts* rodejats per dues membranes.
- **Chlorophyta** (també conegudes com algues verdes o cloròfits):
constituïdes per cèl·lules eucariotes* amb cloroplasts* rodejats per dues membranes.
- **Phaeophyceae** (també conegudes com algues brunes o feòfits):
constituïdes per cèl·lules eucariotes* amb cloroplasts* rodejats per quatre membranes.

1.4. Factors condicionadors de les comunitats macroalgals

Les algues bentòniques responen a una sèrie de factors ambientals que regeixen les seves funcions vitals (fotosíntesi, respiració, creixement...) i en modelen la distribució.

Els factors més importants que condicionen la distribució de les macroalgues són el substrat, l'hidrodinamisme, la llum i la disponibilitat de nutrients; també tenen una certa importància la temperatura, la salinitat, la possibilitat o no que es produeixin catàstrofes (un vessament de petroli, per exemple). A més, cal afegir-hi el que anomenem factors biòtics (interacció entre espècies), els efectes de l'home sobre el medi marí, el canvi estacional, la distància cap a mar i la zonació o distribució vertical.

La combinació d'aquests factors i la capacitat de cada espècie per tolerar, amb més o menys grau, cadascun d'aquests factors es tradueix en la gran diversitat d'ambients que poden ser colonitzats per aquests organismes.

FACTORS AMBIENTALS ABIÒTICS

- **Substrat.** La majoria de les macroalgues són bentòniques, és a dir, són organismes que viuen al fons. La interacció entre l'alga i el substrat és relativament dèbil ja que l'alga no n'extreu res, i només l'utilitza com a suport.

La importància del sòl es reflecteix en grans evidències entre la vegetació del fons rocós i la del fons de sediment. En el primer cas, la duresa, la textura i el microrelleu de la roca ajuden a la fixació de les espores mentre que, en el segon cas, la mobilitat d'aquest és el factor negatiu més important.

El suport també pot ser un organisme animal o vegetal. Així doncs, parlem d'algues epífites o endòfites quan viuen sobre o dins d'un vegetal i, d'algues epizoiques o endozoiques, quan ho fan sobre o dins d'un animal.

- **Hidrodinamisme.** L'hidrodinamisme o moviment de l'aigua és un factor ambiental important pel que fa a la distribució de les algues bentòniques. A les zones situades una mica per damunt del nivell del mar, hidrodinamisme és sinònim d'humectació. Aquest fenomen evita que les algues emergides pateixin deshidratació. Al mar, en canvi, l'hidrodinamisme significa energia mecànica. Si és moderada és favorable, ja que possibilita i facilita la circulació de l'aigua i la renovació dels nutrients i del CO₂ dissolt. Tanmateix, si aquesta ultrapassa un cert límit, és contraproduent, i és capaç d'arrencar les algues que no estiguin dotades de millors òrgans de fixació.

Generalment, s'utilitzen dos termes per referir-se al grau d'hidrodinamisme que presenta una costa: costa batuda i costa calma.

- **Llum.** La llum és, sense dubte, el principal factor que afecta les algues perquè d'ella en depèn la fotosíntesi. Tant la quantitat de llum com la qualitat varien amb la profunditat.

També cal tenir present que l'absorció de la llum a través de l'aigua és diferent segons la longitud d'ona. Els colors freds (blau, verd) penetren a major profunditat que els càlids (groc, taronja, vermell) de manera que, a mesura que la llum penetra, el seu color va canviant. Per tant, les algues han d'estar adaptades a la intensitat de llum que els arriba i també a la seva qualitat i així, trobaríem a la superfície les algues verdes i, al fons, les algues vermelles.

- **Temperatura.** La temperatura influeix en la velocitat de tots els processos metabòlics i reproductius, condiciona la quantitat de nutrients de l'aigua...

Les variacions d'aquesta, juntament amb el fotoperíode, determinen el desenvolupament de nombroses espècies i la seva abundància, ja que cada espècie algal està adaptada a viure dins un cert rang de temperatures.

- **Salinitat.** A la Mediterrània aquest factor és relativament constant i oscil·la entre el 36 i 37 grams de sals per litre. Si varia considerablement, les espècies que no s'hi adaptin seran eliminades i predominaran les algues verdes.

■ **Nutrients.** Els nutrients són necessaris per al creixement de les macroalgues. Generalment, la mar Mediterrània és un mar oligotròfic (pobre en nutrients) i les espècies que hi viuen ja estan preadaptades en aquesta escassetat. Ara bé, a les zones on els nutrients són abundants, algunes algues no poden resistir-ho i queden substituïdes per espècies pròpies de llocs rics amb nutrients, és a dir, nitròfiles. La majoria d'algues brunes de grans dimensions no poden resistir l'augment de nutrients i per aquesta raó esdevenen òptimes com a indicadors d'aigües oligotròfiques.

FACTORS AMBIENTALS BIÒTICS

D'entre els nombrosos factors biòtics que afecten les macroalgues marines en destacaré tres: la competència, la facilitació i l'herbivorisme*.

Al bentos marí, les espècies competeixen per un recurs que podríem anomenar espai que comprèn tant el substrat on s'han de fixar, com el volum on han de créixer i la captació de llum. Aquesta competència juntament amb la facilitació, procés pel qual una espècie n'afavoreix una altra, determinen quines espècies hi trobarem i en quina quantitat. L'herbivorisme* també és important i pot arribar a determinar la distribució de les espècies algals.

IMPACTES ANTRÒPICS

Els principals impactes de l'activitat humana sobre el medi marí són causats per la gran densitat de població, la urbanització, la indústria, el turisme, la pesca, el transport marítim i el canvi climàtic. L'efecte d'aquests factors degrada el medi ambient pel que fa a l'alteració d'hàbitats, la contaminació, la desaparició d'espècies, la introducció d'espècies, la proliferació massiva d'alguns organismes, els efectes cascada i el trepig.

Algunes espècies són sensibles a determinats factors d'origen antròpic com ara la contaminació orgànica. La sensibilitat d'aquestes espècies les fa indicades per ser utilitzades com a bioindicadores de la qualitat de l'aigua. En general, espècies d'algues brunes *Cystoseira* són vulnerables a la contaminació orgànica i desapareixen en aigües eutròfiques, mentre que espècies d'algues verdes del gènere *Ulva* prolifereixen en llocs rics en matèria orgànica.

ESTACIONALITAT

Els factors ambientals abiòtics i biòtics no són sempre iguals sinó que varien al llarg del temps i molts d'ells mostren una marcada estacionalitat. Per exemple: a les aigües superficials, els nutrients són abundants des de mitjan tardor fins a l'inici de la primavera; l'hidrodinamisme és més fort a la tardor i a la primavera; en canvi, l'herbivorisme* és més actiu a l'estiu coincidint amb les temperatures elevades que acceleren el metabolisme* dels herbívors.

Coneixent l'existència d'aquests grans canvis estacionals, no ens ha de sorprendre la capacitat de les algues per adaptar-s'hi.

Podem considerar que la majoria de les comunitats algals mediterrànies té un cicle estacional dictaminat per una fase de creixement (fase de producció), un estadi de desenvolupament màxim, una fase de decaïment (fase de diversificació) i un estadi de mínim desenvolupament.

A les comunitats situades sobre el nivell del mar, la fase de desenvolupament s'inicia a l'hivern (quan hi ha llum suficient i molts nutrients), mentre que les que estan situades en zones profundes la duen a terme a finals de primavera o estiu.

LA ZONACIÓ O DISTRIBUCIÓ VERTICAL

La zona favorable per a la colonització algal és la compresa entre uns decímetres per sobre del nivell del mar fins a 100 metres de profunditat.

Al mar trobem quatre nivells ben diferenciats:

■ **Pis supralitoral.** Comença a pocs centímetres per sobre el nivell del mar i limita amb les comunitats terrestres. És un pis molt dur i només és mullat per les onades o pels seus esquitxos.

■ **Pis mediolitoral o zona de rompent.** És la zona d'oscil·lació de les onades i les mareas en la qual les algues requereixen o toleren l'immersió, però poden sobreviure en una immersió permanent. A la Mediterrània és un pis molt estret com a conseqüència de les dèbils mareas.

■ **Pis infralitoral.** Comença en aquell nivell on la immersió està assegurada i a la Mediterrània acostuma a coincidir amb l'aparició de les algues brunes erectes. El seu límit inferior queda definit per la desaparició de les fanerògames* marines i les algues fotòfiles. Les condicions ecològiques són les més favorables per a la vida dels vegetals marins.

■ **Pis circalitoral.** És el de més amplada i s'estén des del límit de les algues fotòfiles fins a la zona fosca, no compatible amb la vida dels vegetals marins.

1.5. La vegetació marina mediterrània

La Mediterrània és un mar molt singular; per això no és estrany que també ho sigui la seva flora. A part de ser un mar quasi tancat, amb unes característiques de salinitat i nutrients, a les zones costaneres no posseeix cap dels elements de l'infraalitoral que caracteritzen la majoria de mars i oceans del món: laminarials, tilopteridals i coralls hermatípics. Tampoc hi ha manglars*, però sí considerables extensions de fanerògames* marines.

A més, a diferència de molts altres mars i oceans, les comunitats mediterrànies es caracteritzen perquè estan habitualment constituïdes per algues de mida petita i això fa que puguem trobar un gran nombre d'espècies en espai reduït. Com a contrapartida, aquesta elevada biodiversitat* dificulta moltíssim la identificació de les espècies així com la realització d'inventaris i treballs in situ.

1.6. Part pràctica efectuada en aquest estudi

Aquest treball consisteix en la realització d'un inventari de la comunitat de macroalgues de cala Margarida (Palamós), basant-se en la seva composició i abundància. L'estudi es va iniciar a mitjan juliol de 2015 i es va acabar a finals d'agost del mateix any. Durant aquest període de temps, es van realitzar inventaris d'ambdós costats de la costa, utilitzant un quadrat de 30 x 30 cm i fent-ne tres rèpliques per metre. Es van mostrejar un total de 102 rèpliques (34 m), és a dir, un total de 91.800 cm².

Per a l'elaboració d'aquest estudi m'he centrat, principalment, en la zona mediolitoral o zona de rompent i la zona infraalitoral superior.

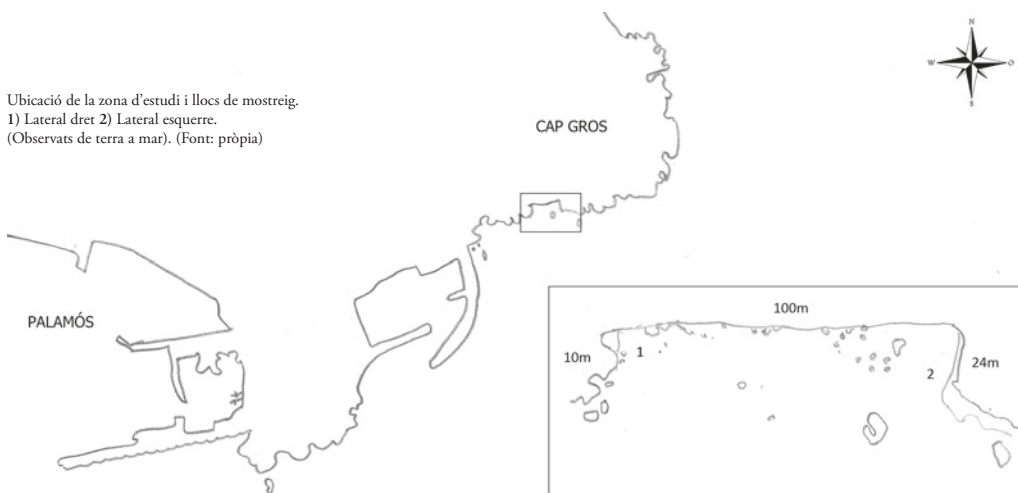
2 Metodologia

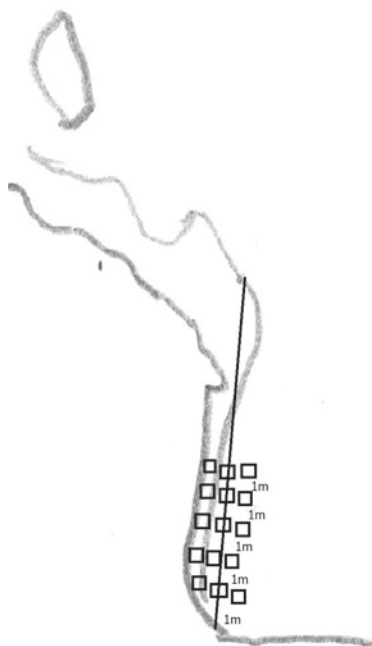
Per poder donar resposta a les preguntes anteriors, he escollit com a marc geogràfic cala Margarida situada al poble de Palamós (Baix Empordà). La seva elecció ha estat per diverses raons: en primer lloc, perquè es tracta d'una cala rocosa i sense gaire activitat turística; en segon lloc, perquè els seus dos costats tenen una orientació diferent i com a conseqüència, una diferent exposició a les onades i, en darrer lloc, perquè ha sigut una cala molt poc estudiada en l'aspecte algal.

2.1. Zones d'estudi

Cala Margarida es troba situada als 41°50'N i 3°08'E, en ple cap Gros de Palamós. És una cala estreta, orientada al sud-est i de només uns 100 metres de llargada per 24 metres al costat esquerre i 10 metres al dret. Aquesta costa rocosa d'origen granític es troba banyada per la Mediterrània nord-occidental, és pròxima a un club nàutic i a un càmping. Aquest fet, però, no ha afectat negativament la cala. Només és utilitzada com a zona de bany pels pocs veïns que hi habiten. També hi ha una presència constant de submarinistes.

Pel que fa a les parets de la cala, presenten una exposició a les onades diferent al llarg de tot el dia perquè no tenen una mateixa orientació.





Representació del procediment seguit per dur a terme el mostreig.
(Font: pròpia)



Imatge al camp mostreant. (Font: pròpia).

2.1.1. Zona d'estudi 1: lateral dret

El lateral dret de cala Margarida presenta una exposició a les onades més intensa que l'esquerre i, com a conseqüència, està més batut. També és el costat més ombrívol, és a dir, el que té el fotoperíode més curt ja que tan sols disposa de unes sis hores de llum al dia. No és gaire utilitzat com a zona de bany.

2.1.2. Zona d'estudi 2: lateral esquerre

Té una longitud que supera el doble de la del lateral dret i per tant, esdevé òptima per avaluar com varien les comunitats en el gradient terra-mar. Cal considerar, però, que a l'estiu la gent s'hi banya i fa ús d'una escala artificial i un trampolí que fomenten el trepig de la zona. A més, aquest lateral disposa de més hores de llum al dia.

2.2. Dates de mostreig

Per tal de dur a terme aquest estudi vaig realitzar mostreigs des de mitjan juliol fins a finals d'agost de 2015. L'objectiu bàsic era obtenir una expressió quantitativa de la composició i distribució dels diferents organismes que formen la comunitat de macroalgues.

Cal dir que el mostreig es va haver d'allargar en el temps per causes climatològiques i per l'estat mogut del mar.

2.3. Material de mostreig

- Quadrant de 30 X 30 cm
- Ulleres d'immersió
- Plantilla i fundes de plàstic
- Bolígrafs i permanent
- Bosses de plàstic
- Galleda
- Guies per a la identificació de les macroalgues
- Safates de plàstic i lupa
- Lupa microscòpica (en algunes espècies)

2.4. Mostreig i processament de les mostres

El mostreig consistia a fer dos inventaris, un per a cada costat, de totes les espècies de macroalgues que es trobaven al nivell mediolitoral-infralitoral superior del mar. Per dur-los a terme es van utilitzar unes ulleres d'immersió i un quadrant. Primerament, es van traçar dues línies a cadascun dels laterals i, posteriorment, utilitzant un quadrant de 30 X 30 cm subdividit en quatre quadrants més petits, es va rastrejar cada metre, fent-ne tres rèpliques, fins que ja no hi hagués paret. Finalment, s'elaborava un inventari de totes les macroalgues que quedaven a l'interior del quadrant.

Per poder anotar totes les espècies que anava trobant a mesura que avançava, utilitzava una plantilla protegida amb fundes de plàstic per evitar-ne el contacte amb l'aigua. Hi apuntava el lateral de què es tractava, el metre i la rèplica així com l'espècie i la superfície que ocupava dins el quadrant; a més, si s'observaven musclos dins els quadrants, aquests eren comptats i anotats. En el cas de les «gespes» (conjunt variat d'espècies algals) eren comptades com una sola unitat, s'apuntava el % que corresponia a cada espècie i, posteriorment,

eren identificades al laboratori amb l'ajuda d'una lupa. Gràcies al buidatge d'aquestes dades he pogut estudiar la composició i l'abundància de les macroalgues de cala Margarida. La metodologia seguida es basa en la de Braun-Blanquet (1979).

Algunes espècies de macroalgues van ser identificades in situ. Ara bé, com que en el pis mediolitoral-infralitoral superior l'aigua estava en constant moviment, i tenia serioses dificultats de visió, vaig recórrer a un altre mètode: dipositava les macroalgues que no podia identificar immediatament en bosses plàstiques amb aigua de mar i a la nit en determinava l'ordre, el gènere, la família i l'espècie.

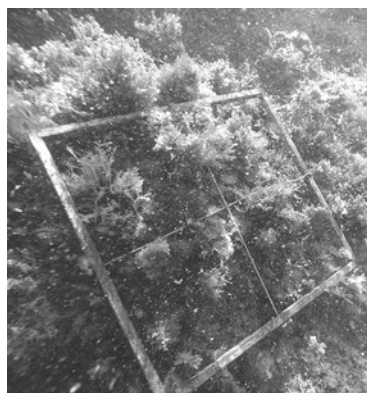
Per identificar les espècies utilitzava la Guia de macroalgas i fanerógamas marinas del mediterráneo occidental. Altres caràcters que vaig tenir en compte van ser l'aspecte morfològic (color, forma, estructura, etc.). Fins i tot, en algunes espècies vaig necessitar una lupa microscòpica per observar-ne els petits detalls que les distingien.

Per quantificar les espècies es van assignar uns valors depenent de la superfície que ocupaven dins del quadrant.

2.5. Anàlisi de dades

Les dades obtingudes en un primer moment estaven en una escala semiquantitativa. Per poder treballar-hi era necessari transformar-les en valors quantitativs a partir dels valors assignats durant el mostreig. Llavors, es calculava la mitjana de cadascuna de les tres rèpliques realitzades a cada metre. D'aquesta manera s'aconseguia passar d'unes dades empíriques (les algues que observàvem) a uns valors quantitativs, que em permetrien dur a terme una anàlisi estadística de la comunitat. Per avaluar-la, es va determinar la riquesa d'espècies i l'àrea mínima, amb l'objectiu d'observar com podia variar a mesura que ens allunyàvem de la costa.

D'una banda, per poder realitzar l'estudi de la composició i la distribució de la comunitat es va calcular l'espectre de freqüència. D'altra banda, es va tornar a transformar la matriu a 0 i 1's (absència o presència) per tal de facilitar els càlculs de la diversitat, tècnica molt utilitzada en ecologia* descriptiva. Així es va poder calcular d'una forma més senzilla l'índex de diversitat de Shannon-Weaver.



Imatge del quadrant. (Font: pròpia).



Identificació de les espècies de macroalgues. (Font: pròpia)

Diversitat (H') de Shannon-Weaver.

$$H' = -\sum P_i \cdot \ln(P_i)$$

on:

$$P_i = \text{abundància relativa de cada espècie} \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

D'aquesta manera, l'índex contempla la riquesa d'espècies i la seva abundància.

Posteriorment, vaig anar un parell de dies al CEAB-CSIC (Centre d'Estudis Avançats de Blanes - Consejo Superior de Investigaciones Científicas) on vaig comptar amb la inestimable ajuda de la Susana Pinedo (responsable científica del laboratori de la identificació d'organismes). Es va utilitzar el programari PRIMER v.6 amb PERMANOVA (permutational analysis of variance) per fer diferents anàlisis. En primer lloc, es va introduir la base de dades que corresponia a l'abundància de cada espècie trobada a cada metre. De cadascuna d'aquestes dades es va calcular l'arrel quadrada amb l'objectiu de disminuir l'escala de diferència entre les diferents abundàncies. En segon lloc, es va aplicar l'algoritme estadístic Bray-Curtis (molt utilitzat en dades referents a l'abundància d'espècies) i, finalment, es van elaborar les següents anàlisis:

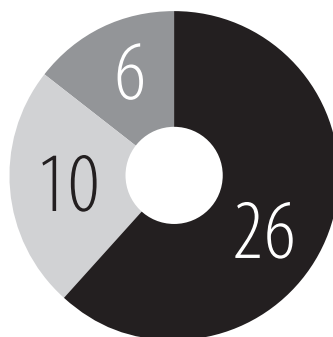
- **MDS** (multi-dimensional scaling) i **CLUSTER**. Aquestes es van elaborar en el global de la cala i per a cadascun dels costats amb l'objectiu d'observar com es distribuïen a l'espai els diferents punts de mostreig en funció de les espècies que presentaven.
- **ANOSIM**. Permetia comprovar matemàticament si els gràfics obtinguts eren reals o no.
- **SIMPER** (similarity percentage procedure). Definia quines eren les espècies que contribuïen més a la similitud i la dissimilitud entre els laterals esquerre i dret. Per facilitar-ne la comprensió, es va elaborar una sèrie de gràfics (MDS) que permetien observar com variava l'abundància d'aquestes espècies en els diferents metres de mostreig.

3 Resultats

3.1. Llistat d'espècies i regularitats observades

42

espècies diferents
de macroalgues
s'han identificat



● 26 *Rhodophyta*
● 10 *Phaeophyceae*
● 6 *Chlorophyta*

Al costat esquerre de la cala la divisió Rhodophyta és la més abundant, seguida de la divisió Phaeophyceae i, per acabar, la divisió Chlorophyta, present de forma aïllada o en zones properes a la costa. Al contrari, al costat dret, tot i que la divisió Rhodophyta continua essent la més abundant, hi ha una clara escassetat d'espècies de la divisió Phaeophyceae.

Al costat esquerre s'ha enregistrat la major riquesa d'espècies (38 espècies) mentre que al costat dret, més curt i homogeni, només se n'hi troben 24.

L'estructura i la comunitat macroalgals d'ambdós laterals es comporten de manera similar en funció de la riquesa d'espècies i la superfície mostrejada. Totes dues tenen la mateixa curvatura, la qual cosa ens indica que les seves comunitats seguirán una evolució paral·lela.

En general, els majors valors d'abundància els presenten les formes coral·lines: *Lithophyllum incrustans*, *Corallina elongata* i *Jania rubens*; seguides d'altres algues com *Hypnea musciformis* i *Padina pavonica*. Aquestes espècies que es troben amb més freqüència s'anomenen espècies dominants. A partir dels resultats observem, d'una banda, una presència molt més agreujada d'aquestes espècies (sobretot en les formes coral·lines) al costat dret, ja que es tracta d'una comunitat més pobre en espècies i, d'altra banda, una major abundància d'organismes als punts intermedis dels costats, tot i que aquests augmenten a mesura que ens endinsem a mar obert.

Espècies de rodòfits com el *Gastroclonium clavatum* són exclusives del costat dret; en canvi, els gèneres *Dictyopteris* o *Cystoseira* només es troben al costat esquerre.

3.2. La diversitat

La diversitat és un interessant paràmetre pel que fa a l'estudi del conjunt d'una comunitat. Sovint el seu valor varia entre els 0,5 i 5 bits, considerant com a normal els valors entre 2 i 3 bits. La diversitat és baixa en comunitats transitòries, explotades o sota condicions ambientals molt fluctuants. Les dades acumulades, en ambdós costats, ens permeten fer la següent generalització: la diversitat és més baixa al costat dret (2,67 bits) que al costat esquerre (3,10 bits) com a resultat d'un major nombre d'espècies i equitativitat al cantó menys exposat. En ambdós casos, però, els valors de la diversitat són elevats.



VERD, VERMELL I MARRÓ

Estudi de la comunitat macroalgal
de cala Margarida

Jordi Morcillo Baeza

Índex de les làmines

- LÀMINA 1 -

Dictyopteris polypodioides (a), *Dictyota fasciola* (b), *Dictyota dichotoma* (c),
Padina pavonica (d) i *Taonia atomaria* (e).

- LÀMINA 2 -

Cystoseira mediterranea (a), *Cystoseira compressa* var. *compressa* (b),
Halopteris scoparia (c), *Hapalospongidion macrocarpum* (d)
i *Liebmannia leveillei* (e).

- LÀMINA 3 -

Boergesenella fruticulosa (a), *Polysiphonia opaca* (b),
Callithamnion granulatatum (c), *Ceramium ciliatum* (d),
Apoglossum ruscifolium (e), *Laurencia obtusa* (f)
i *Wrangelia penicillata* (g).

- LÀMINA 4 -

Lomentaria clavellosa (a), *Gastroclonium clavatum* (b),
Peyssonnelia rosamarina (c), *Hildenbrandia crouaniorum* (d),
Plocamium cartilagineum (e) i *Bangia fuscopurpurea* (f).

- LÀMINA 5 -

Jania rubens (a), *Amphiroa rigida* (b), *Corallina elongata* (c),
Haliptilon virgatum (d), *Lithophyllum incrustans* (e), *Lithophyllum byssoides* (f)
i *Mesophyllum lichenoides* (g).

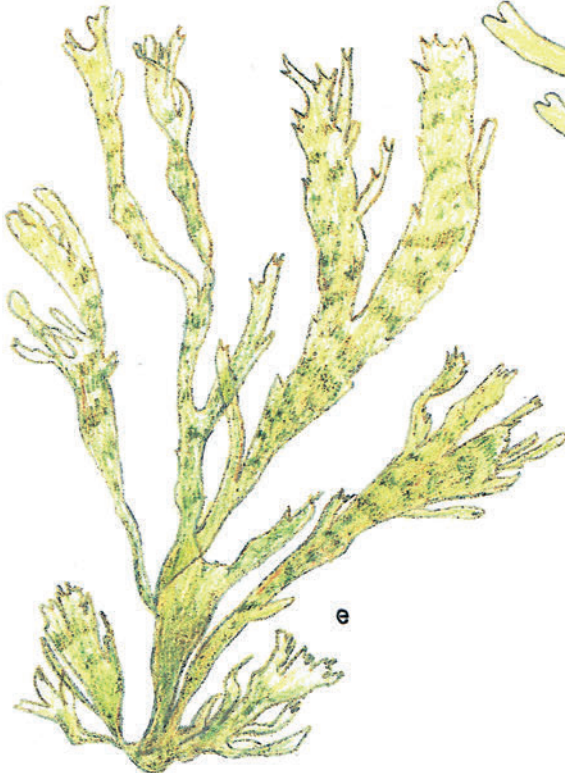
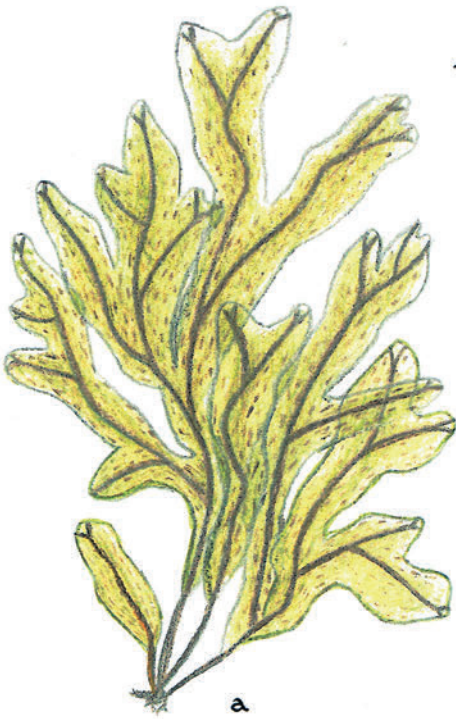
- LÀMINA 6 -

Rhodophyllis divaricata (a), *Gelidium crinale* (b), *Chondracanthus acicularis* (c),
Hypnea musciformis (d), *Pterocladia capillacea* (e)
i *Bonnemaisionia asparagoides* (f).

- LÀMINA 7 -

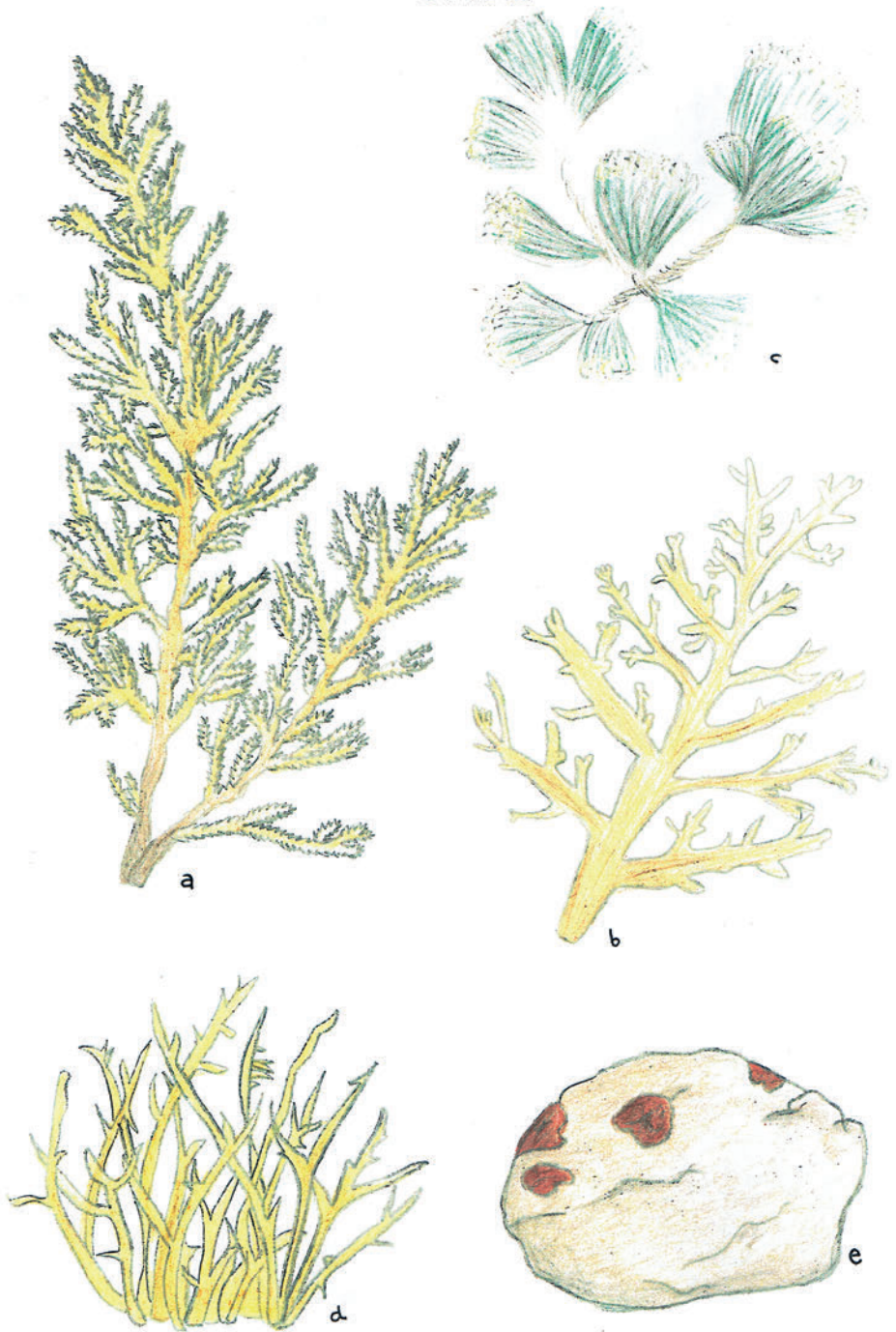
Ulva compressa (a), *Ulva rigida* (b), *Cladophora albida* (c), *Bryopsis duplex* (d),
Bryopsis muscosa (e) i *Acetabularia acetabulum* (f).

-LÀMINA1-



© Jordi Morcillo Baeza

-LÀMINA 2-

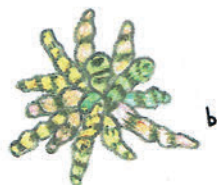


-LÀMINA3-

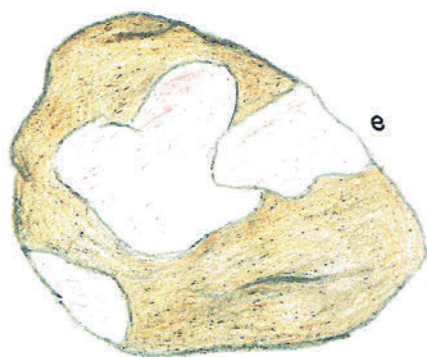
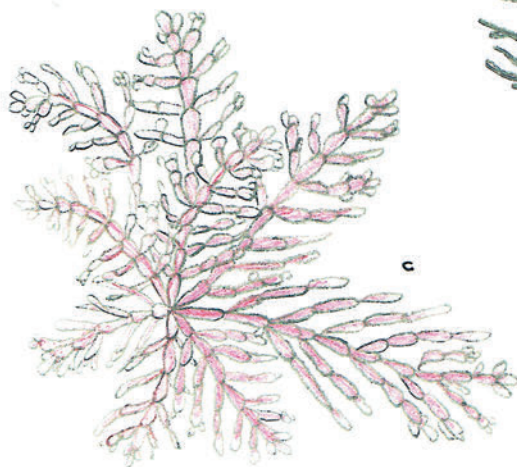
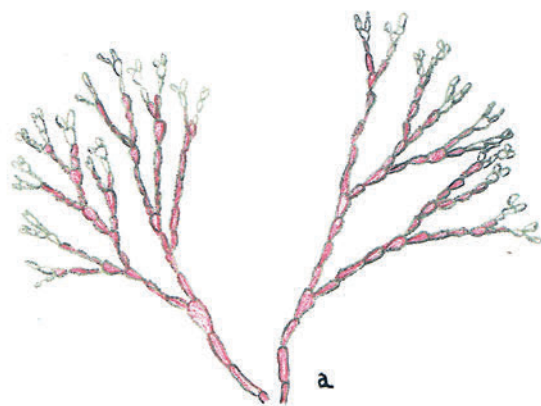


© Jordi Morcillo Baeza

-LÀMINA 4-



- LÀMINA 5 -



© Jordi Morejillo Baeza

-LÀMINA 6-



-LÀMINA 7-

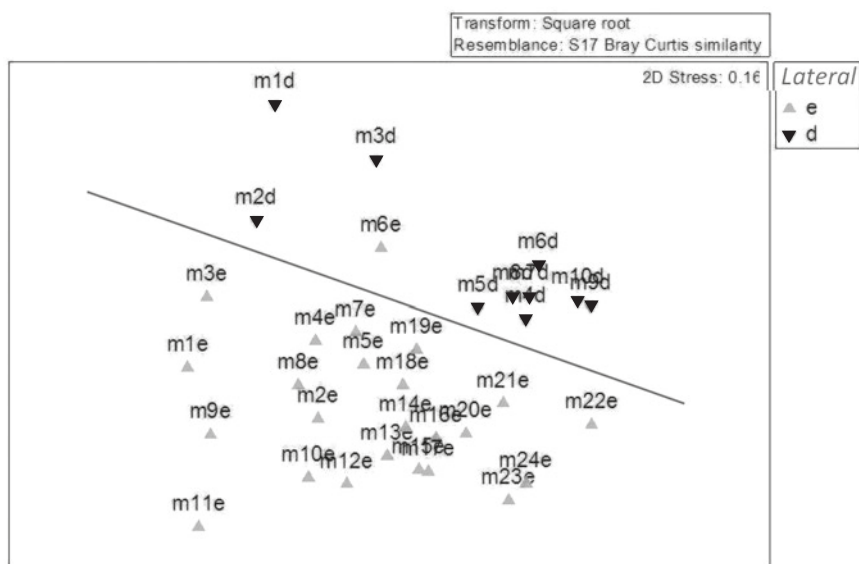


També s'ha calculat la diversitat de cada metre, per cadascun dels costats, per tal de poder observar com aquesta varia a mesura que ens allunyem de la línia de costa i com aquest fet està relacionat amb l'exposició a les onades o altres factors abiòtics.

Pel que fa al costat dret, tot i que va augmentant a mesura que entrem a mar obert, no s'estableix cap patró sinó que va fluctuant entre uns valors de 1,7 i 2,6 bits, i als punts intermedis es registren els valors màxims de diversitat. Al costat esquerre passa el mateix: la diversitat va fluctuant però es manté, gairebé sempre, en els mateixos valors a excepció del metre 11 i en aproximar-se a finals de paret. Al metre 11 el valor disminueix profundament a causa de la presència d'una escala artificial que els banyistes utilitzen amb freqüència, trepitgen la zona i, en conseqüència, degraden les algues que hi ha. Aquest és un clar exemple de l'efecte d'un impacte antròpic sobre l'ecosistema*. Entre els metres 18 i 20 també es pot apreciar una baixada en la biodiversitat* a causa, novament, del trepig fomentat per una escala natural i, en conseqüència, menys agressiva. Als metres posteriors, s'hi observa un marcat descens a causa de l'homogeneïtzació de les poblacions que hi habiten.

3.3. Similitud entre les localitats

L'anàlisi MDS mostra com es distribueixen en l'espai els diferents punts de mostreig (etiquetats per metre i costat) en relació a les seves comunitats macroalgals. Els punts més pròxims entre ells indiquen una major semblança. En el cas de cala Margarida, s'hi observa una clara divisió entre les comunitats de macroalgues dels laterals e i d. Aquesta anàlisi presenta un Stress o fiabilitat de 0.16. En tractar-se d'un nombre menor a 0,2 es pot afirmar que és fiable.



MDS on es mostra la distribució de les diferents localitats en funció de les seves comunitats macroalgals - m= metre. (Font: pròpia).

Una altra manera de representar aquesta distribució és per mitjà d'un CLUSTER en què es percep que la comunitat del metre 11 és molt diferent a la resta (només té un 35% de similitud). Exceptuant aquest metre, identifiquem dos grups principals en funció a la seva similitud: el lateral dret i l'esquerra.

En el primer cas, els punts de mostreig s'organitzen seguint un patró de distribució. Els més pròxims a la costa tenen una similitud d'un 36% envers els més allunyats. En referència a la similitud entre ells, els punts més pròxims s'assemblen en un 45%; en canvi, en els més allunyats aquestes semblances augmenten fins a un 70%. És important, però, tenir en compte que dins aquest grup s'hi ha inclòs un metre del lateral esquerre, concretament el primer.

En el segon cas, també s'hi observa el mateix patró de distribució que en el cas anterior, malgrat tenir una major dispersió.

Posteriorment, per comprovar si les representacions dels gràfics eren reals, es va realitzar la prova ANOSIM. El valor resultant de l'anàlisi estadística és $p=0,001$ ($p<0.01$) i $R=0,465$. Això demostra que els gràfics es corresponen amb la realitat.

Prova de similitud (SIMPER) de la comunitat macroalgal del lateral esquerre i del dret

La comunitat macroalgal del lateral esquerre mostra una similitud de 53.63% entre els seus punts de mostreig, i les algues són les que més hi contribueixen: *Jania rubens* (11,52%), *Lithophyllum incrustans* (11,01%), *Hypnea musciformis* (7,98%), *Cladophora albida* (7,59%), *Corallina elongata* (7,36%) i *Padina pavonica* (6,66%).

En canvi, al lateral dret s'observa una similitud de 55.22%. La comunitat de macroalgues d'aquesta zona està constituïda principalment per les espècies *Lithophyllum incrustans* amb una abundància de 6,67%, *Corallina elongata* de 6.03%, *Jania rubens* de 4.71%, *Laurencia obtusa* de 3.68% i *Hypnea musciformis* de 3.79%. Totes elles contribueixen a la similitud total de la comunitat amb uns valors de 26,46%, 20,12 %, 13,73 %, 12,81% i 9,86%, respectivament.

Si ens fixem en el nombre necessari d'espècies per definir el 80% de la comunitat macroalgal, observem que en el cas del lateral esquerre són necessàries 13 espècies mentre que al dret, només en són necessàries 5. Aquesta diferència reflecteix una major riquesa d'espècies a la comunitat del lateral esquerre envers la del dret.

En comparar ambdós laterals de la cala, veiem que presenten una disimilitud significativa de 57,32%. L'espècie que més contribueix a aquesta dissimilitud és la *Corallina elongata*. Un altre factor que explica aquesta diferència és la manca al lateral dret de les espècies abundants al lateral esquerre. Aquest seria el cas d'espècies com: *Dictyota fasciola*, *Cystoseira mediterranea*, *Cystoseira compressa* var. *compressa*, *Polysiphonia opaca*, *Halopteris scoparia* i *Dictyopteris polypodioides*.

Proves MDS i CLUSTER de la comunitat macroalgal del lateral esquerre i del dret

Un cop demostrada la diferència existent entre les comunitats macroalgals d'ambdós laterals, s'ha analitzat per separat cadascun d'ells. De nou, s'han dut a terme anàlisis MDS i CLUSTER amb l'objectiu d'observar com varia cada comunitat utilitzant com a variable la distància a mar obert.

Al lateral dret s'ha obtingut un Stress de 0.01. S'hi diferencien fàcilment tres grups:

- **Grup 1.** El primer metre està dominat per espècies oportunistes i tolerants a l'estrès produït per l'onatge, l'abradió de la sorra, l'activitat turística... Aquestes són: *Lithophyllum incrustans*, *Cladophora albida*, *Ceranium ciliatum* i *Gelidium crinale*. Presenta una composició pròpia de comunitats pròximes a la costa.
- **Grup 2.** Al segon i tercer metre s'hi incrementa el nombre d'espècies. Al metre 2 hi predominen: *Cladophora albida*, *Ceranium ciliatum*, *Gelidium crinale*, *Ulva rigida*, *Corallina elongata* i *Laurencia obtusa*. En canvi, al metre 3, tot i presentar una similitud amb el segon metre de 60%, hi predominen: *Corallina elongata*, *Laurencia obtusa* i *Lithophyllum incrustans* (present al segon metre, però en menor grau).
- **Grup 3.** A partir del metre 4 les comunitats s'assemblen en un percentatge més gran del 70%. Predominen bàsicament dues espècies: *Corallina elongata* i *Lithophyllum incrustans*. Aquestes espècies són les dues que més contribueixen a la similitud de la comunitat. També tenen molta importància els rodòfits: *Jania rubens*, *Laurencia obtusa* i *Hypnea musciformis*. A l'anàlisi CLUSTER observem com al metre 5 la similitud és menor. Això s'explica amb la presència d'*Hildenbrandia crouaniorum* i la disminució de *Lithophyllum incrustans*. Entre els metres 9 i 10, gràcies a la presència per primer cop de l'espècie *Lithophyllum byssoides*, hi ha una similitud més gran del 80%.

La interpretació de tots aquests resultats ens permet afirmar el següent: al lateral dret, la comunitat macroalgal segueix una evolució ascendent, d'un gradient pobre en espècies (metre 1) a una comunitat molt estable (metre 4 al metre 10), passant per un estat de transició (metre 2 i metre 3).

Al lateral esquerre s'ha obtingut un Stress de 0.16 en què es diferencien 5 grups:

- **Grup 1.** Aquest grup està constituït pels metres 1, 2, 3 i 4. Al primer metre hi predominen les espècies: *Ulva rigida*, *Ulva compressa* i *Padina pavonica*. Presenta una similitud menor amb la resta del grup (53%). Com hem vist anteriorment, aquest punt té més similituds amb els primers metres del lateral dret que amb el propi. Això és per la presència d'espècies del gènere *Ulva*. Al segon metre hi trobem una gran abundància de *Jania rubens*, de *Lithophyllum incrustans* i d'*Hypnea musciformis*. La presència d'*Ulva* disminueix, però continua essent rellevant. Als metres 3 i 4 hi trobem com a espècies dominants els rodòfits *Haliptilon virgatum* i *Lithophyllum incrustans*. Cal destacar la presència de les dues espècies del gènere *Cystoseira* trobades a la cala al metre 2 i 3; cosa no usual.

Per aquesta raó aquests dos metres apareixen força pròxims amb el darrer tram del lateral, on sí que hi ha presència d'aquest gènere.

- **Grup 2.** El grup 2 està constituït pels metres 6, 8 i 9. El metre 6 presenta un 57% de similitud amb la resta del grup i hi ha un predomini de *Corallina elongata*, de *Bryopsis duplex* i de *Lithophyllum incrustans*. Només en aquest metre s'hi troba el rodòfit *Peyssonnelia rosa-marina*. Entre els metres 8 i 9 hi ha un 82% de similitud. Hi predominen: *Dictyopteris polypodioides*, *Ulva rigida* i *Lithophyllum incrustans*. A partir d'aquests metres, hi apareix l'espècie *Halopteris scoparia*.
- **Grup 3.** Grup que inclou els metres 5, 7, 10 i els metres compresos entre el 12 i el 20. Als metres 5 i 7 hi ha un predomini de: *Dictyopteris polypodioides*, *Dictyota dichotoma*, *Jania rubens* i *Hypnea musciformis*. El metre 10 suposa un punt d'inflexió. A partir d'aquest, hi apareix *Cystoseira mediterranea* i *Cystoseira compressa* var. *compressa* (a excepció del metre 11 on desapareix per la presència d'una escala artificial). Els metres 10 i 12 s'assemblen més (73%) a causa de la presència d'*Ulva compressa* (espècie que desapareix a partir del metre 12). Del metre 13 fins al 17 hi ha un domini de les espècies: *Corallina elongata*, *Cystoseira mediterranea*, *Cystoseira compressa*, *Hypnea musciformis*, *Jania rubens* i *Cladophora albida*. Curiosament, els metres 18 i 19 s'assemblen al 5 i al 7 (70% de similitud). Aquesta similitud es deu a la disminució de *Cystoseira* i a l'absència d'*Halopteris scoparia*. Tant l'una com l'altra són conseqüència del trepig fomentat per una escala natural. Al metre 20 hi apareix *Lithophyllum byssoides* i hi ha un augment de *Gelidium crinale*.
- **Grup 4.** En aquest grup hi situem els punts més exteriors a la línia de costa, és a dir, els metres 21, 22, 23 i 24. En aquests metres hi ha un creixement de la població de *Jania rubens*. Als metres 21 i 22 hi trobem abundància d'*Hypnea musciformis* i de *Corallina elongata*; en canvi, als metres 23 i 24, l'*Hypnea musciformis* desapareix i hi predomina *Padina pavonica*, *Laurencia obtusa*, *Corallina elongata* i *Hildenbrandia crouaniorum*. També hi augmenta l'abundància de *Mesophyllum lichenoides*.
- **Grup 5.** Format únicament pel metre 11. Aquest metre es troba separat de la resta de la comunitat algal (només té un 42% de similitud). Això és per la presència d'una escala artificial que degrada completament les espècies que hi ha. S'hi observa, d'una banda, l'absència de *Cystoseira mediterranea* i de *Dictyota fasciola* i, d'altra banda, un augment exagerat de *Padina pavonica* i d'*Halopteris scoparia*.

De la interpretació d'aquests resultats podem afirmar el següent: al lateral esquerre, igual que al dret, l'evolució de la comunitat macroalgal és ascendent. Ara bé, cal tenir en compte que a l'esquerre el nombre d'espècies és superior al dret. Al primer tram, la comunitat està dominada per espècies d'*Ulva*. Entre els metres 5 i 9 es produeix un estat de transició. A partir del metre 10 ens trobem amb una comunitat cada cop més rica i estable. Gràcies a la presència d'espècies de *Cystoseira*, aconsegueix esdevenir una comunitat clímax de la Mediterrània.

Proves MDS de distribució d'algunes espècies

Aquestes van ser les darreres anàlisis que es van fer a les quals es van comparar la distribució i abundància de diverses macroalgues als diferents laterals. Es van organitzar en una sèrie de MDS.

Al lateral esquerre es va analitzar, d'una banda, l'espècie més representativa de la similitud del grup, *Jania rubens*, i, d'altra banda, les espècies *Ulva rigida*, *Corallina elongata* i *Cystoseira mediterranea*. Al lateral dret, es va escollir, novament, *Corallina elongata* (en aquest cas, la més representativa) i *Cladophora albida*.

A partir de l'estudi de la distribució i l'abundància de les espècies més representatives en ambdós laterals de la cala, pel que fa al lateral dret, s'observa que el rodòfit *Corallina elongata* és absent al primer metre del tram, poc abundant al segon i tercer, i molt abundant a partir del quart metre; amb la *Cladophora albida* es produeix una situació inversa. És un clar exemple de substitució d'espècies. Pel que fa al lateral esquerre, queda reflectit que al primer tram abunda *Ulva rigida* que, a poc a poc, va desapareixent fins a quedar substituïda per altres espècies com són: *Corallina elongata*, *Cystoseira mediterranea* i *Jania rubens*.

4 Discussió

4.1. Factors estudiats

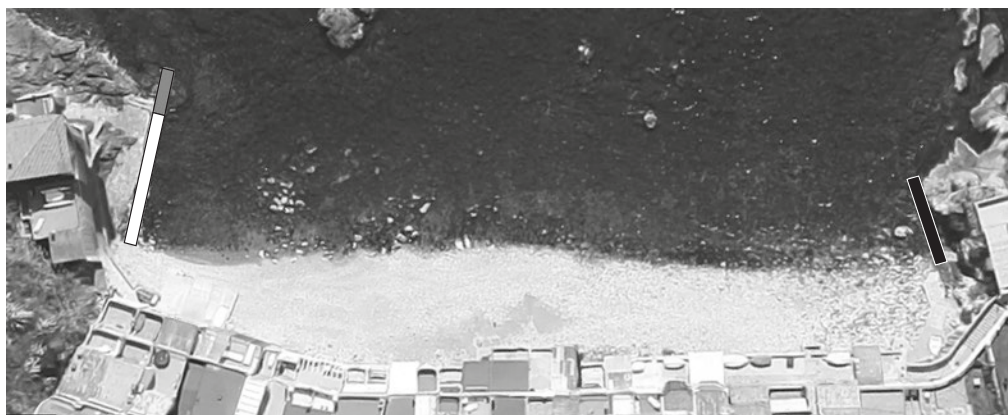
Els resultats obtinguts mostren diferències evidents a les comunitats macroalgals de cala Margarida, als dos laterals de la cala.

Ambdós factors, el gradient terra-mar i l'exposició a les onades, expliquen canvis en aquestes comunitats:

D'una banda, el gradient terra-mar es caracteritza per un augment en el nombre d'espècies de la zona més pobre (terra) cap a la més rica (mar obert). Això és perquè quan més ens endinsem al mar, més intercanvi d'aigua trobem. Aquest intercanvi d'aigua suposa, per un costat, un intercanvi de nutrients i CO_2 i, per un altre, que la temperatura no s'escalfi tant i que hi hagi més exposició a larves i propàguls d'algues. Tot i així, no és en els punts més allunyats de la costa on trobem els majors valors d'espècies sinó en els punts intermedis. Això seria conseqüència d'una tendència de l'ambient a fer-se més constant. Quan més endins del mar es trobi la roca, més abundants i menys variades són les poblacions que hi habiten.

D'altra banda, el fet que el lateral dret presenti una possible major exposició a les onades, explicaria un descens de la riquesa i diversitat de la comunitat, ja que no totes les espècies de macroalgues són tolerants a un fort onatge. Dominen l'alga incrustant *Lithophyllum incrustans* i coral·linàcies com *Jania rubens* i *Corallina elongata*. Aquestes espècies resisteixen més en un medi batut. És a la part més exposada de la paret on es desenvolupen masses de rodòfits incrustants. Cal remarcar que només s'ha trobat presència de musclos en aquest lateral. Aquests són organismes bioindicadors d'un onatge intens, tot i que la seva presència pot ser deguda a altres factors. Al lateral esquerre, on l'onatge és lleugerament menor, hi ha una major riquesa d'espècies i, conseqüentment, una major diversitat.

Finalment, es va valorar com afectava la llum a la comunitat. Es va considerar que en tractar-se d'algues situades al mateix pis de la zonació, no seria lògic fer-ho envers la profunditat. L'únic factor capaç de produir canvis en ambdós laterals de la cala seria el fotoperíode, és a dir, la quantitat d'hores de llum que rebien al dia. Seguint aquesta hipòtesi, es va calcular de manera tradicional la quantitat d'hores de llum que rebia cada lateral. Els resultats obtinguts van ser que el lateral dret rebia unes 6 h de llum diàries mentre que a l'esquerre, els metres més propers a la costa (del metre 1 al metre 19) rebien gairebé 9 h i els restants (del metre 20 al metre 24), en rebien 11. Tot i aquestes diferències, no es pot considerar un factor determinant.



Representació del fotoperíode corresponent a cada lateral de la cala. (Font: pròpia).

■ 6.05 h □ 8.40 h ■ 11.00 h

4.2. Impacte antròpic

Els resultats mostren, clarament, com repercuteix negativament a la comunitat macroalgal la presència d'una escala artificial i un trampolí. El trepig constant en què es veu sotmesa la comunitat té com a conseqüència el seu deteriorament.

4.3. Algues bioindicadores

La qualitat de les aigües de bany es pot determinar de dues maneres:

— D'una banda, a través de controls analítics de les aigües realitzats per l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA). Aquest organisme de la Generalitat de Catalunya, durant la temporada de bany (de juny a setembre), realitza el control, la vigilància i la informació de la qualitat de les aigües de bany d'acord amb els criteris que estableix la Directiva 2006/7/CE, relativa a la gestió de la qualitat de les aigües de bany. Les aigües de bany es classifiquen en excel·lent, bona, suficient i insuficient.

— D'altra banda, utilitzant el mètode CARLIT que avalua la qualitat de les aigües marines litorals mitjançant l'ús de comunitats macroalgals i, en algunes ocasions, la presència de musclos i eriçons. Aquest, però, només es pot dur a terme en zones de substrat dur. Aquest mètode permet diferenciar: àrees sense alteració, àrees moderadament alterades i àrees alterades. En el primer cas, s'hi observa un domini de diverses espècies d'algues brunes del gènere *Cystoseira* com *Cystoseira mediterranea* i *Cystoseira compressa* var. *compressa*. Aquestes espècies són molt sensibles a la contaminació i la seva absència és senyal d'alteració. En el segon cas, hi ha un predomini d'algues vermelles com la *Corallina elongata*. En el tercer cas, hi trobem espècies de cloròfits del gènere *Ulva* i algues filamentosos.

Pel que fa a cala Margarida, els resultats obtinguts tant a través de les anàlisis realitzades per l'Agència Catalana com els obtinguts utilitzant com a bioindicador les comunitats macroalgals, la qualifiquen d'excel·lent. Això demostraria la utilitat de les algues com a bioindicadors fiables de l'estat ecològic.



Escala artificial situada al metre 11.
(Font: pròpia).



Trampolí i escala natural situades al metre 20 i 18-19, respectivament. (Font: pròpia).



Agència Catalana
de l'Aigua

ESTIU 2015



Generalitat de Catalunya
Departament de Territori
i Sostenibilitat

PROGRAMA DE VIGILÀNCIA I INFORMACIÓ DE L'ESTAT DE LES PLATGES I ZONES DE BANY INTERIOR

17/07/2015 11:25

L'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) és l'organisme de la Generalitat de Catalunya amb competències en les aigües costaneres i les aigües en general (Decret 3/2003, de 4 de novembre). Durant la temporada de bany -de juny a setembre- l'ACA realitza el control, la vigilància i la informació de la qualitat de les aigües de bany d'acord amb els criteris que estableix la Directiva 2006/7/CE, relativa a la gestió de la qualitat de les aigües de bany.

Municipi: PALAMOS

SETMANA DE CONTROL 7 (08/07/2015 a 14/07/2015)

		QUALITAT DE LES AIGÜES DE BANY				Temperatura mitjana de l'aigua (°C)
PLATJA	PUNT DE CONTROL	QUALITAT SANITÀRIA SETMANAL	DATA DE L'ANÀLISI	RESULTATS MICROBIOLÒGICS		
				E. coli (ufc/100ml)	EI (ufc/100ml)	
cala Estreta	mig platja	Excel·lent	13/07/2015	4	2	26,0
de Castell	mig platja	Excel·lent	13/07/2015	33	18	27,0
de la Fosca	bar Geroglífic	Excel·lent	13/07/2015	7	9	27,0
cala Margarida	mig platja	Excel·lent	13/07/2015	2	2	27,0
del Morro del Vedell	mig platja	Excel·lent	13/07/2015	2	2	27,0
Gran	Creu Roja	Excel·lent	13/07/2015	53	4	27,0

Els resultats dels controls analítics indiquen que les aigües de bany són aptes per al bany i compleixen els requisits de qualitat que exigeix la Directiva 2006/7/CE.

CRITERIS PER A LA QUALITAT D'AIGÜES COSTANERES (Directiva d'aigües de bany 2006/7/CE)

Paràmetre	Excel·lent	Bona	Insuficient
Escherichia coli (E. coli)	<250	250-500	>500
Enterococs intestinals (EI)	<100	100-200	>200
unitats: ufc/100ml (Unitats formadores de colònies en 100ml d'aigua)			

Per a més informació consulteu el web de l'ACA: www.gencat.cat/aca
Telèfon de contacte: 93 567 28 00

Anàlisis realitzades per l'ACA durant els mesos de mostreig. (Font: Àrea de Medi Ambient de l'Ajuntament de Palamós)

PROGRAMA DE VIGILÀNCIA I INFORMACIÓ DE L'ESTAT DE LES PLATGES I ZONES DE BANY INTERIOR

31/07/2015 10:58

L'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) és l'organisme de la Generalitat de Catalunya amb competències en les aigües costaneres i les aigües en general (Decret 3/2003, de 4 de novembre). Durant la temporada de bany -de juny a setembre- l'ACA realitza el control, la vigilància i la informació de la qualitat de les aigües de bany d'acord amb els criteris que estableix la Directiva 2006/7/CE, relativa a la gestió de la qualitat de les aigües de bany.

Municipi: **PALAMOS**
SETMANA DE CONTROL 9 (22/07/2015 a 28/07/2015)

PLATJA	PUNT DE CONTROL	QUALITAT DE LES AIGÜES DE BANY				Temperatura mitjana de l'aigua (°C)
		QUALITAT SANITÀRIA SETMANAL	DATA DE L'ANÀLISI	RESULTATS MICROBIOLÒGICS		
				<i>E. coli</i> (ufc/100ml)	<i>EI</i> (ufc/100ml)	
cala Estreta	mig platja	Excel·lent	27/07/2015	7	7	23,5
de Castell	mig platja	Excel·lent	27/07/2015	2	2	23,5
de la Fosca	bar Geroglific	Excel·lent	27/07/2015	104	7	24,0
cala Margarida	mig platja	Excel·lent	27/07/2015	2	2	23,5
del Morro del Vedell	mig platja	Excel·lent	27/07/2015	2	2	23,5
Gran	Creu Roja	Excel·lent	27/07/2015	13	16	24,0

Els resultats dels controls analítics indiquen que les aigües de bany són aptes per al bany i compleixen els requisits de qualitat que exigeix la Directiva 2006/7/CE.

CRITERIS PER A LA QUALITAT D'AIGÜES COSTANERES (Directiva d'aigües de bany 2006/7/CE)

Paràmetre	Excel·lent	Bona	Insuficient
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	≤250	250-500	>500
Enterococs intestinals (<i>EI</i>)	≤100	100-200	>200

unitats: ufc/100ml (Unitats formadores de colònies en 100ml d'aigua)

Per a més informació consulteu el web de l'ACA: www.gencat.cat/aca

Telèfon de contacte: 93 667 28 00

Anàlisis realitzades per l'ACA durant els mesos de mostreig. (Font: Àrea de Medi Ambient de l'Ajuntament de Palamós)

PROGRAMA DE VIGILÀNCIA I INFORMACIÓ DE L'ESTAT DE LES PLATGES I ZONES DE BANY INTERIOR

21/08/2015 11:40

L'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) és l'organisme de la Generalitat de Catalunya amb competències en les aigües costaneres i les aigües en general (Decret 3/2003, de 4 de novembre). Durant la temporada de bany -de juny a setembre- l'ACA realitza el control, la vigilància i la informació de la qualitat de les aigües de bany d'acord amb els criteris que estableix la Directiva 2006/7/CE, relativa a la gestió de la qualitat de les aigües de bany.

Municipi: **PALAMOS**
SETMANA DE CONTROL 12 (12/08/2015 a 18/08/2015)

		QUALITAT DE LES AIGÜES DE BANY				Temperatura mitjana de l'aigua (°C)
PLATJA	PUNT DE CONTROL	QUALITAT SANITÀRIA SETMANAL	DATA DE L'ANÀLISI	RESULTATS MICROBIOLÒGICS		
				<i>E. coli</i> (ufc/100ml)	<i>EI</i> (ufc/100ml)	
cala Estreta	mig platja	Excel·lent	17/08/2015	5	5	22,0
de Castell	mig platja	Excel·lent	17/08/2015	20	9	22,5
de la Fosca	bar Geroglific	Excel·lent	17/08/2015	11	24	22,0
cala Margarida	mig platja	Excel·lent	17/08/2015	7	4	22,0
del Morro del Vedell	mig platja	Excel·lent	17/08/2015	7	2	22,5
Gran	Creu Roja	Excel·lent	17/08/2015	2	2	22,0

Els resultats dels controls analítics indiquen que les aigües de bany són aptes per al bany i compleixen els requisits de qualitat que exigeix la Directiva 2006/7/CE.

CRITERIS PER A LA QUALITAT D'AIGÜES COSTANERES (Directiva d'aigües de bany 2006/7/CE)

Paràmetre	Excel·lent	Bona	Insuficient
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	≤250	250-500	>500
Enterococs intestinals (<i>EI</i>)	≤100	100-200	>200

unitats: ufc/100ml (Unitats formadores de colònies en 100ml d'aigua)

Per a més informació consulteu el web de l'ACA: www.gencat.cat/aca

Telèfon de contacte: 93 667 28 00

Anàlisis realitzades per l'ACA durant els mesos de mostreig. (Font: Àrea de Medi Ambient de l'Ajuntament de Palamós)

5 Conclusions

A continuació es presenten les principals conclusions extretes d'aquest treball.

● S'han registrat 42 espècies a la comunitat macroalgal de la zona mediolitoral-infralitoral superior al voltant de cala Margarida; el 61.9% d'espècies pertanyen al filum *Rhodophyta*, el 23.8% al filum *Phaeophyceae* i el 14.3% al filum *Chlorophyta*.

● Els valors de riquesa i diversitat d'espècies indiquen una diversitat mitjana alta per a la comunitat macroalgal de la zona mediolitoral-infralitoral superior de cala Margarida. Pel que fa als laterals, aquests valors mostren que el lateral esquerre és el més ric i divers pel que fa a espècies, mentre que el dret presenta menys espècies però amb major abundància.

● Les anàlisis CLUSTER, MDS, ANOSIM i SIMPER indiquen una clara diferència entre les comunitats macroalgals dels dos laterals de la cala. Presenten una dissimilitud significativa de 57,32%. Les espècies que contribueixen en major nombre en aquesta diferència són: *Corallina elongata* (6.78%), *Padina pavonica* (5.56%), *Jania rubens* (5.46%) i *Lithophyllum incrustans* (5.24%).

● Podem concloure que el gradient terra-mar explica un augment de la riquesa i la diversitat de la comunitat. Aquesta evoluciona de forma ascendent passant d'unes comunitats pobres, als metres pròxims a la línia de costa, fins a arribar a comunitats riques i estables, als metres més allunyats. En ambdós laterals, la comunitat macroalgal viu un estat de transició. Aquest estat és més curt i ràpid al lateral dret.

● Pel que fa als factors ambientals, la possible major exposició a les onades del lateral dret fa variar la seva comunitat macroalgal, determinant-ne la composició florística i l'abundància. En canvi, el fotoperíode, en tractar-se de comunitats superficials, no representa diferències en les comunitats d'ambdós laterals de la cala.

● A la zona estudiada la principal acció de l'home ha estat el trepig. Aquest ha suposat un obstacle per al desenvolupament de la comunitat algal. La presència d'una escala artificial situada al metre 11 i un trampolí situat al metre 20 ha provocat un descens important en la biodiversitat* dels metres 11, 18 i 19. Aquest descens s'ha vist més agreujat al metre 11, cosa que ha provocat la desaparició de *Cystoseira mediterranea*. Per evitar aquesta situació, caldria retirar l'escala artificial i crear un accés des de la costa que pugui ser utilitzat pels banyistes.

● Per acabar, la presència d'una comunitat ben formada de *Cystoseira mediterranea* a la zona d'estudi és signe d'una molt bona qualitat de l'aigua.

6 Agraïments

Han sigut moltes les persones que han estat al meu costat, donant-me suport tant en l'àmbit científic com en el personal.

En primer lloc, voldria agrair a la tutora d'aquest treball la seva implicació i la seva disposició en tot moment per resoldre qualsevol dubte.

També voldria expressar el meu agraïment a l'Esperança Gacia, investigadora i científica del CEAB-CSIC de Blanes i molt especialment a la Susana Pinedo, doctora responsable del laboratori d'identificació d'organismes del CEAB-CSIC, per la seva ajuda desinteressada, els seus bons consells i tots aquells coneixements que m'ha transmès en el decurs del treball.

I finalment, també voldria agrair a la meua família el seu suport constant i la seva paciència.

Moltes gràcies per tot!

7 Referències bibliogràfiques i pàgines web utilitzades

Referències bibliogràfiques

Ballesteros, E., 1992. Els vegetals i la zonació litoral: espècies, comunitats i factors que influeixen en la seva distribució. Arxius de la Secció de Ciències 101, Institut d'Estudis Catalans, Barcelona.

Ballesteros, E., 1991. "Structure and dynamics of North-western Mediterranean marine communities: a conceptual model". *Oecologia Aquatica* 10.

Ballesteros E., Torres, X., Pinedo, S., García, M., Mangialajo, L., de Torres, M., 2007. "A new methodology based on littoral community cartography dominated by macroalgae for the implementation of the European Water Framework Directive". Elsevier.

C. Molles, M., 2006. *Ecología, conceptos y aplicaciones*. McGraw Hill, Interamericana.

Cabioch, J., Floc'h, J.Y., Le Toquin, A., Boudouresque, C.F., Meinesz, A., Verlaque, M., 2007. *Guía de las algas del Atlántico y del Mediterráneo*. Ediciones Omega, S.A., Barcelona.

David L. Herrera-Paz, D.L., de la Nuez, D., Valero-Rodríguez, J.M., 2015. "Comunidades de algas como bioindicadores de calidad ambiental en la costa rocosa del Mediterráneo (S. E. Península Ibérica)". *Revista de Ciencias*: 25-40.

Del Hoyo, J., Casanovas, M., 1997. *Ciencias de la Naturaleza, Botánica I, Organismos y plantas inferiores*. Editorial Planeta, S.A., Barcelona.

Delgado, J.C., Palacio, J.A., Águirre, N.J., 2008. "Variación vertical y estacional de la comunidad de macroalgas en los costados noroccidental y nororiental del golfo de Urabá, Caribe Colombiano". *Gestión y Ambiente*.

Florez-Leiva, L., Rangel-Campo, A., Díaz-Ruiz, M., Venera-Pontón, D., Díaz-Pulido, G., 2009. "Respuesta de las especies macroalgales a las adiciones de varios tipos de sedimentos: un bioensayo en arrecifes del Parque Nacional Natural Tayrona". *Intropica*.

Gili, J.M., 1994. "Els litorals rocosos: on baten les ones". In: *Litorals i oceans* (Margalef, R.). biosfera, 10. Enciclopèdia Catalana, S.A., Barcelona.

Hofrichter, R., 2005. *El mar Mediterráneo II/1, Fauna, Flora y Ecología, Guía sistemática y de identificación*. Ediciones Omega, S.A., Barcelona.

Jordana, E., Pinedo, S., Ballesteros, E., 2015. "Macrobenthic assemblages, sediment characteristics and heavy metal concentrations in soft-bottom Ebre Delta bays (NW Mediterranean)". Springer.

Li-Alfaro, G., Zafra-Trelles, A., 2012. "Composición, abundancia y diversidad de macroalgas en el litoral de puerto Malabrigo, La Libertad — Perú 2009". *SciÉndo* 15(1): 33-42.

Liu, M.G., 2010. "Macroalgas bentónicas como sustrato y refugio de invertebrados marinos". Biblioteca Digital FCEN-UBA.

Llera González, E., Álvarez Raboso, J., 2007. "Algas marinas de Asturias". *Vida Silvestre*, Asturias.

Llimona, X., 1985. *Història Natural dels Països Catalans*, volum 4: *Plantes inferiors*. Enciclopèdia Catalana, S.A., Barcelona.

- Margalef, R., 1989. Ecología, parte 3: Ecología descriptiva. Ediciones Omega, S.A., Barcelona.
- Mendoza, M.L., 1999. "Las macroalgas marinas bentónicas de la Argentina". Ciencia Hoy.
- Núñez López, R.A., 1996. "Estructura de la comunidad de macroalgas de la laguna San Ignacio", B.C.S., México (1992-93). Cicimar.
- Quirós-Rodríguez, J.A., Arias-Ríos, J.E., Ruiz Vega, R., 2010. "Estructura de las comunidades macroalgales asociadas al litoral rocoso del departamento de Córdoba, Colombia". Caldasia 32(2): 339-354.
- Ramos Manzanos, E., 2014. "Clasificación física del intermareal rocoso y distribución de macroalgas a diferentes escalas espaciales a lo largo del NE atlántico". Universidad de Cantabria.
- Rodríguez-Prieto, C., Ballesteros, E., Boisset, F., Alfonso-Carrillo, J., 2013. Guía de las macroalgas y fanerógamas marinas del mediterráneo occidental. Ediciones Omega, S.A., Barcelona.
- Terrades, J., Prat, N., Escarré, A., Margalef, R., 1989. Història Natural dels Països Catalans, volum 14: Sistemes naturals. Enciclopèdia Catalana, S.A., Barcelona

Pàgines web cercades

- | | | |
|--|--|--|
| — www.algaebase.org | — www.scielo.org | — www.botany.wisc.edu |
| — botany.si.edu | — www.asturnatura.com | — www.cibsub.cat |
| — www.seaweed.ie | — macroalgae.org | — allaboutalgae.com |

8 Glossari

Biodiversitat

Conjunt de totes les formes vivents de la naturalesa entera, d'una regió geogràfica o d'un grup taxonòmic definit.

Cloroplast

Orgànul propi d'algunes cèl·lules vegetals que conté clorofil·la i on té lloc la fotosíntesi.

Ecologia

Part de la biologia que estudia les interaccions dels organismes entre ells i amb el medi on viuen.

Ecosistema

Sistema natural que està format per un conjunt d'organismes vius (biocenosi) i el medi físic on es relacionen (biòtop).

Eucariota

Que posseeix un nucli diferenciat. S'aplica a una cèl·lula.

Fanerògama

Planta amb flor.

Genoma

Conjunt de gens continguts als cromosomes.

Herbivorisme

Consum per part dels consumidors primaris. Relatiu a herbívor.

Manglar

Bosc, sovint baix, de mangles i d'altres arbres que es forma al litoral marí dels països tropicals.

Metabolisme

Conjunt de reaccions químiques que tenen lloc en un organisme per a mantenir-lo viu.

Productor primari

Organisme que fa entrar l'energia a l'ecosistema.

Tal·lòfit

Dit d'organismes pluricel·lulars que no presenten una diferenciació cel·lular en arrel, tija o fulla; sinó un cos vegetatiu poc diferenciat anomenat tal·lus.

9 Opinió personal

Saber que durant el 2n curs de Batxillerat has de presentar un treball de recerca crea una pressió, una certa angonya: de quin tema tractaré?, serà original?, els agradarà?... Són qüestions que un es planteja. He de dir, però, que he gaudit molt fent-lo, sobretot per dos motius: el tema escollit m'apassiona i m'ha fet sentir com un veritable biòleg.

Una de les millors experiències, sens dubte, han estat els mesos d'estiu que he dedicat al mostreig. A més a més de recollir mostres, observar-les i identificar-les, he viscut estones inoblidables i tendres amb un grup d'avis i àvies que viuen, gran part de l'any, a la cala. Amb ells he compartit històries, anècdotes, dinars... Moments enriquidors que han estat possibles gràcies al treball de recerca.

També ha estat molt especial el fet de treballar en una cala on de petit anava amb la meua àvia. Recordo com em posava a dins l'aigua amb certa angúnia perquè em feien fàstics aquelles "herbes" que hi havia. Qui em diria que, uns quants anys després, acabaria fent-ne un treball de recerca.

Per finalitzar, vull comentar que, tot i no haver estat fàcil arribar fins aquí, és important creure en un mateix i que amb il·lusió, ganes i esforç, se superen molts entrebancs. Estic content de tot el que m'emporto: nous coneixements, nous amics i amigues, més autoconfiança i, sobretot, el desig de continuar els meus estudis en Biologia Ambiental.

VERD, VERMELL I MARRÓ

Estudi de la comunitat macroalgal
de cala Margarida

© JORDI MORCILLO BAEZA

© 2018 D'AQUESTA EDICIÓ

AJUNTAMENT DE PALAMÓS

COORDINA

SERVEI D'ARXIU MUNICIPAL DE PALAMÓS

RESUM LINGÜÍSTIC

TERESA CUADRADO

DISSENY I MAQUETACIÓ

LUPAGRAFICS

IMPRES A CATALUNYA L'ABRIL DE 2018 PER

IMPREMTA AUBERT

DIPÒSIT LEGAL

G1451-2018

Es prohibeix la reproducció total o parcial d'aquesta obra, en qualsevol de les seves formes, gràfica, digital o audiovisual, sense l'autorització prèvia i escrita de l'editor, llevat de citacions a revistes, diaris o llibres, sempre que es faci esment de la seva procedència.

L'Ajuntament de Palamós no es fa responsable dels continguts i opinions que es reflecteixen en el text, així com de possibles errors o imprecisions.

VERD, VERMELL I MARRÓ

Estudi de la comunitat macroalgal
de cala Margarida

El quadern que us presentem és el desè número d'una col·lecció que edita l'Ajuntament de Palamós amb la voluntat de difondre els treballs guanyadors del Premi de Recerca Vila de Palamós. Aquest exemplar conté el resum del treball guanyador de la dissetena convocatòria del Premi de Recerca Vila de Palamós 2016-2017, elaborat per Jordi Morcillo Baeza en el 2n curs de batxillerat a l'Institut La Bisbal. Podeu consultar el treball original al Servei d'Arxiu Municipal de Palamós i en format resumit de quadern, a www.servei-arxiu-municipal-palamos.cat o des de la secció del Servei d'Arxiu del web de l'Ajuntament de Palamós www.palamos.cat.

Premi de Recerca **Vila de Palamós** 2016-2017

Jordi Morcillo Baeza (la Bisbal d'Empordà, 1999).
Ha cursat els estudis de primària a l'Escola Joan de Margarit, i ESO i batxillerat a l'Institut La Bisbal. Actualment estudia el doble grau de Biologia i Ciències Ambientals a la Universitat de Girona. Les seves aficions són el patinatge artístic, el submarinisme, la natura i el dibuix. En el futur li agradaria treballar a l'àmbit de la biologia animal.