

Títol del treball:

**Estudi de la biodiversitat epifaunal associada a comunitats
algals dominades per *Cystoseira mediterranea* i *Halopteris
scoparia***

Estudiant: Mar Albina Cirac Rodriguez

Grau en Biologia

Correu electrònic: marcirac.r@gmail.com

Tutor: Dr. Enric Ballesteros Sagarra

Cotutor: Dra. Concepció Rodríguez Prieto

Empresa / institució: CEAB-CSIC

Vistiplau tutor:

Nom del tutor: Dr. Enric Ballesteros Sagarra

Nom del cotutor: Dra. Concepció Rodríguez Prieto

Empresa / institució: CEAB-CSIC

Correu(s) electrònic(s): kike@ceab.csic.es,
conxi.rodriguez@udg.edu

Resum

Cystoseira mediterranea forma part d'un grup de macrolagues anomenades formadores de capçada ("canopy-forming"), les quals actuen com a espècies enginyeres de l'ecosistema i proveeixen un gran nombre d'hàbitats i serveis ecosistèmics, afavorint l'establiment d'una major biodiversitat. Tanmateix, hi ha poc coneixement de les comunitats de macroinvertebrats associades a *C. mediterranea*.

Aquest treball pretén determinar el nombre de taxons i el d'individus de macroinvertebrats (epifauna) associats a les comunitats algals dominades per *C. mediterranea*, i alhora, comparar els resultats amb els de les comunitats algals dominades per *Halopteris scoparia*. Per aconseguir-ho, es van recollir mostres a dues platges de Cadaqués (Platja de Sa Confitera i d'es Caials), i posteriorment, es va procedir amb la separació, mesura, identificació i comptatge dels macroinvertebrats i de les algues presents en les mostres. Amb les dades obtingudes es va realitzar anàlisis de variàncies (ANOVA) per determinar diferències significatives i, amb l'ús del programa PRIMER 6, es van aplicar anàlisis de percentatges de similitud i dissimilitud, per veure com de semblants eren les mostres entre si i què provocava les diferències entre les dues comunitats.

En ambdues comunitats es van obtenir elevats nombres de taxons i d'individus. Els resultats mostren diferències en la distribució dels macroinvertebrats entre les dues comunitats: *H. scoparia* presenta un nombre d'individus superior que *C. mediterranea*. D'altra banda, el nombre de taxons és igual en les dues comunitats. Encara que en aquest estudi no es van realitzar experiments per comprovar quin eren els factors exactes que provocaven aquest major nombre d'individus en *H. scoparia*, se'n van suggerir tres: l'estabilitat de les aigües encalmades, la morfologia "arbustiva" d'*H. scoparia* i el marcat cicle estacional de *C. mediterranea*.

Aquest estudi (prova pilot d'un projecte del CEAB-CSIC) ha permès conèixer la biodiversitat epifaunal associada a *C. mediterranea* i a *H. scoparia*. Alhora, també ha aportat informació que permetrà al projecte fer servir una metodologia eficaç, aconseguint així un major coneixement dels ecosistemes marins. Aquest coneixement és crucial, ja que la Directiva Marc de l'Estratègia Marina (EC 2008) requereix actualment que s'abordi la manca de coneixement dels ecosistemes marins (tant algues com invertebrats bentònics), per poder desenvolupar indicadors que permetin protegir, preservar i restaurar el medi marí.

Resumen

Cystoseira mediterranea forma parte de un grupo de macroalgas llamadas formadoras de copa (“canopy-forming”), las cuales actúan como especies ingenieras del ecosistema y proveen un gran número de hábitos y servicios ecosistémicos, favoreciendo el establecimiento de una mayor biodiversidad. Sin embargo, hay poco conocimiento de las comunidades de macroinvertebrados asociadas a *C. mediterranea*.

Este trabajo pretende determinar el número de taxones y el de individuos de macroinvertebrados (epifauna) asociados a las comunidades algales dominadas por *C. mediterranea*, y a la vez, comparar los resultados con los de las comunidades dominadas por *Halopteris scoparia*. Para conseguirlo se recogieron muestras en dos playas de Cadaqués (Platja de sa Confitera i d’es Caials), y posteriormente, se procedió a la separación, medida, identificación y conteo de los macroinvertebrados y de las algas presentes en las muestras. Con los datos obtenidos se realizaron análisis de variancias (ANOVA) para determinar diferencias significativas y, mediante el programa PRIMER 6, se aplicaron análisis de porcentajes de similitud y disimilitud para ver como de similares eran las muestras entre sí y qué provocaba las diferencias entre las dos comunidades.

En ambas comunidades se obtuvieron elevados números de taxones y de individuos. Los resultados muestran diferencias en la distribución de los macroinvertebrados entre las dos comunidades: *H. scoparia* presenta un número de individuos superior que *C. mediterranea*. Por otra parte, el número de taxones es igual en las dos comunidades. Aunque en este estudio no se hayan realizado experimentos para comprobar que factores exactos provocaban esta mayor abundancia en *H. scoparia*, se sugirieron tres: la estabilidad de las aguas calmas, la morfología “arbustiva” de *H. scoparia* y el marcado ciclo estacional de *C. mediterranea*.

Este estudio (prueba piloto de un proyecto del CEAB-CSIC) ha permitido conocer la biodiversidad epifaunal asociada a *C. mediterranea* y a *H. scoparia*. Asimismo, también ha aportado información que permitirá al proyecto usar una metodología eficaz, para lograr así un mayor conocimiento de los ecosistemas marinos. Este conocimiento es crucial, ya que la Directiva Marco de la Estrategia Marina (EC 2008) requiere actualmente que se aborden la falta de conocimiento de los ecosistemas marinos (tanto algas como invertebrados bentónicos), para poder desarrollar indicadores que permitan proteger, preservar y restaurar el medio marino.

Abstract

Cystoseira mediterranea is a canopy-forming seaweed, a macroalgae that functions as an ecosystem engineer and provides a great number of habitats and ecosystem services, favouring the establishment of a greater biodiversity. However, there is little knowledge of the macroinvertebrates communities associated with *C. mediterranea*.

This study aims to determine the number of macroinvertebrates taxa and individuals (epifauna) associated with the algae communities dominated by *C. mediterranea*, and at the same time, to compare the results with the ones of the algae communities dominated by *Halopteris scoparia*. For this purpose, samples were collected on two beaches of Cadaqués (Platja de sa Confitera i d'es Caials), subsequently, separation, measurement, identification and counting of macroinvertebrates and algae present in the samples were done. An analysis of variances (ANOVA) was performed with the data obtained to determine significant differences and, using the PRIMER 6 software, similarity and dissimilarity percentages analysis were performed to observe how similar samples were between each other and what caused the differences between the two communities.

Both communities showed high numbers of taxa and individuals. The results show differences in the distribution of macroinvertebrates between the two communities: *H. scoparia* presents a greater number of individuals than *C. mediterranea*. On the other hand, the number of taxa is the same in both communities. Although no experiments were carried out in this experiment to verify the exact factors that caused this higher number of individuals in *H. scoparia*, three were suggested: the stability of calm waters, the "bush" morphology of *H. scoparia* and the marked seasonal cycle of *C. mediterranea*.

This study (pilot program of a CEAB-CSIC project) has allowed to learn the epifauna biodiversity associated with *C. mediterranea* and *H. scoparia*. At the same time, it has also provided information that will allow the project to use an efficient methodology, thus achieving a greater knowledge of marine ecosystems. This knowledge is crucial, since the Marine Strategy Framework Directive (EC 2008) currently requires to address the lack of knowledge of marine ecosystems (both algae and benthic invertebrates), in order to develop indicators to protect, preserve and restore the marine environment.

1. Introducció

Les espècies que conformen l'hàbitat marí proporcionen aliment, protecció de l'hàbitat i complexitat estructural, i augmenten la biodiversitat i la productivitat dels ecosistemes costaners (Chapman et al., 1995). En conseqüència, tenen un paper ecològic fonamental, ja que contribueixen a definir l'estructura i la biodiversitat de les zones costaneres i marines (Lilley i Schiell, 2006).

Les macroalgues formadores de capçada ("canopy-forming"), generalment algues brunes com les laminàries i les fucals, dominen les costes rocoses poc profundes de les aigües temperades i fredes d'arreu del món (Dayton, 1985; Steneck et al., 2002; Schiel i Foster, 2006). Aquestes algues actuen com a espècies enginyeres de l'ecosistema (Jones et al., 1994), ja que influeixen en el seu entorn i en els altres organismes alterant factors de l'ecosistema com la llum (Wernberg et al., 2005), el flux de l'aigua (Rosman et al., 2007) i la sedimentació (Eckman et al., 1989). A més, proveeixen un gran nombre de serveis ecosistèmics de valor incalculable (captació de CO₂, biofiltració, producció primària, àrees de posta i reclutament, etc). Constitueixen també, un important substrat secundari, de manera que augmenten la complexitat estructural dels fons rocosos i proporcionen hàbitats per a molts organismes epífits i mòbils (Edgar i Moore, 1986). És a dir, en un medi on una de les principals limitacions per sobreviure és l'espai, aquestes algues augmenten el substrat disponible, permetent així l'establiment d'una major biodiversitat. Per tant, el manteniment d'aquestes espècies és una de les principals prioritats en la gestió d'ecosistemes marins, ja que la seva pèrdua podria conduir a un efecte en cascada amb la conseqüent pèrdua de biodiversitat i dels serveis ecosistèmics (Schiel i Lilley, 2011).

El gènere *Cystoseira* C. Agardh (Fucales) és el gènere principal que funciona com a enginyer de l'ecosistema en el mar Mediterrani (Giaccone, 1973; Ballesteros, 1992). Les espècies d'aquest gènere són macroalgues de gran mida (el seu eix pot arribar als 50 cm d'alçada) i longeves, ja que poden viure entre una i més de cinc dècades (Khailov i Firsov, 1976). Es creu que el gènere *Cystoseira* va colonitzar el mar Mediterrani després de la crisi messiniana de fa 5,9 milions d'anys, quan l'estret de Gibraltar es va tornar a obrir i el Mediterrani es va omplir d'aigua atlàntica i d'espècies d'aquesta (Roberts, 1978). Les poques espècies que van colonitzar la Mediterrània van anar-se diferenciant en funció dels hàbitats que colonitzaven i les localitats on ho feien, provocant un fenomen d'especiació que encara continua avui en dia. La majoria d'espècies mediterrànies d'aquest gènere són, doncs, neoendemismes, és a dir endemismes d'origen recent. És un gènere especialment abundant i diversificat al mar Mediterrani (Roberts, 1978). Actualment hi ha descrits un total de 41 taxons (a nivell d'espècie i infraespecífic) de *Cystoseira* al mar Mediterrani (Taskin et al., 2012).

Les espècies de *Cystoseira* tenen una estructura complexa amb un tal·lus arborescent. En aquells medis en els quals es poden desenvolupar bé, aquestes espècies formen els "boscos del mar", i juguen un paper molt important com a enginyers de l'ecosistema, donant suport a la formació de tota una comunitat altament estructurada i amb una elevada biodiversitat i productivitat, proporcionant refugi i menjar als invertebrats marins i als peixos juvenils (Bulleri et al., 2002). Ofereixen protecció davant l'acció mecànica de les ones, proporcionen ombra i restringeixen la variació de la temperatura i la humitat a la costa (Bulleri i Benedetti-Cecchi, 2008). L'estructura arbòria del seu tal·lus, proporciona per tant, un important nombre d'hàbitats disponibles per a

un gran nombre d'espècies d'algues i animals, de manera que afavoreix alts nivells de biodiversitat als ecosistemes costaners (Ballesteros et al., 1998, 2009). En els ambients marins, on la majoria d'animals i algues viuen fixats al substrat, hi ha una forta competència per l'espai. L'estructura de les espècies de *Cystoseira* ofereix, per una part, una superfície on una gran quantitat d'organismes, tant animals com plantes, s'hi poden adherir, utilitzant-les com a base de fixació. Així, per exemple, s'han arribat a comptabilitzar fins a 150 espècies d'algues epífitas fixades sobre el tal·lus d'una espècie de *Cystoseira* (Naegele i Naegele, 1961)

Al llarg del segle XX i XXI, s'ha registrat un declivi de les poblacions d'espècies de *Cystoseira* en les costes mediterrànies, a causa de múltiples factors: la sedimentació (Perkol-Findel i Airoidi, 2010), la baixa qualitat de l'aigua (Sales i Ballesteros, 2010) i la construcció d'estructures artificials com ports marítims (Sales i Ballesteros, 2010), entre altres. El més freqüent és que les poblacions no es recuperin. Fins i tot, s'han descrit pèrdues completes de *Cystoseira* en àrees marines protegides (MPA), com la zona del Cap de Creus (Airoidi i Beck, 2007). La contaminació urbana i industrial pot provocar també la seva extinció local (Sales et al., 2011). L'eutrofització, un dels factors més greus a gran escala, provoca una disminució de la incidència de la llum, fet que afecta negativament a l'abundància dels productors primaris bentònics (Kavanaugh et al., 2009), i per tant, repercuteix directament a les poblacions de *Cystoseira* (Munda, 1993; Ballesteros et al., 2007; Arévalo et al., 2007). La pèrdua de poblacions de *Cystoseira* redueix la tridimensionalitat dels hàbitats rocosos, incidint en la biodiversitat i el funcionament dels ecosistemes (Bulleri et al., 2002). Atesa la seva sensibilitat a la pressió antropogènica, les espècies de *Cystoseira*, juntament amb la seva biota associada, s'utilitzen com a indicadors biològics de la qualitat ecològica de les aigües costaneres (Ballesteros et al., 2007), segons els requisits de la Directiva Marc Europea de l'Aigua (EC 2000).

Cystoseira mediterranea és una alga bruna descrita de Banyuls-sur-Mer (Roselló, França) (Sauvageau, 1912), restringida al mar Mediterrani (Feldmann, 1937; Rodríguez-Prieto, 1992) i a les proximitats immediates de l'estret de Gibraltar (Dangeard, 1949). És una alga d'un sol eix de fins a 40 cm d'alçada que es desenvolupa en el límit superior de l'estatge infralitoral, sobre substrats rocosos i batuts. És una espècie perenne: l'eix és present durant tot l'any, però les branques són decídues i cauen a la tardor. És una de les macroalgues més productives del Mediterrani (Ballesteros, 1988) i es considera que viu en ambients amb un bon estat ecològic. *Cystoseira mediterranea* forma part de l'Annex I (Espècies de flora estrictament protegides) del Conveni de Berna (Consell Europeu 1979), una convenció sobre la conservació de la vida salvatge i els hàbitats naturals d'Europa, i de l'Annex II del Conveni de Barcelona, sobre la protecció del medi marí i la regió costanera del Mediterrani .

Les comunitats de macroalgues associades a *Cystoseira mediterranea* són ben conegudes i estan àmpliament descrites per diversos treballs (ex: Boudouresque, 1972; Ballesteros, 1988), però pel que fa a les comunitats de macroinvertebrats, aquestes estan menys investigades i els seus treballs estan limitats a determinat taxons (ex: Arrontes i Anadon, 1990; Chemello i Milazzo, 2002). Els invertebrats que viuen a les algues, l'epifauna, formen un important enllaç a nivells tròfics més elevats, ja que serveixen com a aliment de peixos (Norderhaug et al., 2005) i ocells (MacNeil et al., 1999). La composició de l'epifauna associada a les macroalgues està determinada per una varietat de factors biòtics i abiòtics. Dins de les característiques de l'alga, la complexitat morfològica i la superfície disponible de l'alga solen ser les característiques

principals d'estructuració de la comunitat d'epifauna (Christie et al., 2009; Norderhaug, 2014). La majoria de l'epifauna mostra una gran capacitat de dispersió, quelcom que el que els hi permet colonitzar fàcilment nous hàbitats (Jorgensen i Christie, 2003), tot i que s'han trobat diferències en la mobilitat entre els diferents taxons d'epifauna (Christie et al., 2007). Per tant, la composició de l'epifauna en macroalgues podria estar determinada per la longevitat de la macroalga i les taxes de colonització de l'epifauna. Els organismes no estan afectats solament per la quantitat disponible d'hàbitat, sinó que també estan influenciats per la morfologia i l'ordenació estructural de l'hàbitat (Hauser et al., 2006). Això assenjala la necessitat de comprendre la relació entre la complexitat de l'hàbitat i l'abundància d'epifauna, per entendre totalment el paper de la morfologia de les macroalgues en l'establiment de la diversitat i abundància de l'epifauna (Torres et al., 2014).

Halopteris scoparia (L.) Sauvageau (Sphacelariales) és una alga bruna que forma plomalls compactes degut a l'elevada ramificació que presenta i que pot arribar als 15 cm d'alçada (Sánchez-Moyano, 1996). És una espècie perenne, però la seva morfologia i la mida del tal·lus varien al llarg de l'any, essent la seva biomassa màxima a la primavera. A la tardor, a causa dels temporals, el tal·lus d'*H. scoparia* queda molt reduït (Ballesteros, 1992). És una alga d'àmplia distribució, present des de les costes de Noruega fins les de Nigèria, tot i que també s'ha trobat en el mar Caspi, el mar Roig i en el Pacífic Nord-est (Sánchez-Moyano, 1996). Constitueix la típica comunitat d'algues fotòfiles que es localitza a poca profunditat (d'1 a 6 metres) i en llocs d'aigües encalmades i ben assolellats (Ballesteros, 1992). Pel que fa a les comunitats de macroinvertebrats associades a la comunitat d'*H. scoparia*, aquestes estan poc estudiades i sovint es limiten a determinats taxons (ex: Sardá, 1985; Sánchez-Moyano, 1996).

Els sistemes dominats per macroalgues són molt productius i proporcionen béns i serveis valuosos als humans i a tot l'ecosistema (ex: Rönneck et al., 2007). L'eliminació o pèrdua de les macroalgues que confereixen l'hàbitat donaria lloc al col·lapse d'aquests sistemes (ex: Elnor i Vadas, 1990). Malgrat això, el col·lapse dels sistemes no és quelcom comú, ja que aquests mostren una alta resiliència degut a processos d'autoregulació (Christie et al., 2009). En diversos treballs s'ha estudiat el paper de les macroalgues en l'estructuració de les comunitats de macroinvertebrats, i en alguns s'ha comparat com diferents espècies de macroalgues influeixen en l'abundància, la riquesa i la diversitat de les comunitats associades (Chemello i Milazzo, 2002).

Com s'ha mencionat anteriorment, hi ha una manca d'estudi de les comunitats de macroinvertebrats, o epifauna, associades a les macroalgues marines. La Directiva Marc de l'Estratègia Marina (EC 2008) requereix als estats membres de l'Unió Europea que abordin aquesta manca de coneixement dels diferents components dels ecosistemes marins, tant macroalgues com invertebrats bentònics, per poder desenvolupar indicadors per a mesurar els possibles canvis, i així protegir, preservar i restaurar el medi marí, ja que la pèrdua d'una elevada biodiversitat suposaria el col·lapse de la majoria d'ecosistemes.

2. Objectius

The aim of this project is to study the number of taxa and number of individuals of macroinvertebrates in the algae communities dominated by *Cystoseira mediterranea*, and to compare them with the ones in the algae communities dominated by *Halopteris scoparia*. As a main hypothesis, it is expected that the number of taxa and of individuals will be both greater in communities dominated by *C. mediterranea* rather than *H. scoparia*, due to the results obtained in other studies with *C. mediterranea* and its important morphological and ecological characteristics, in addition to its role as an engineering specie in the ecosystem.

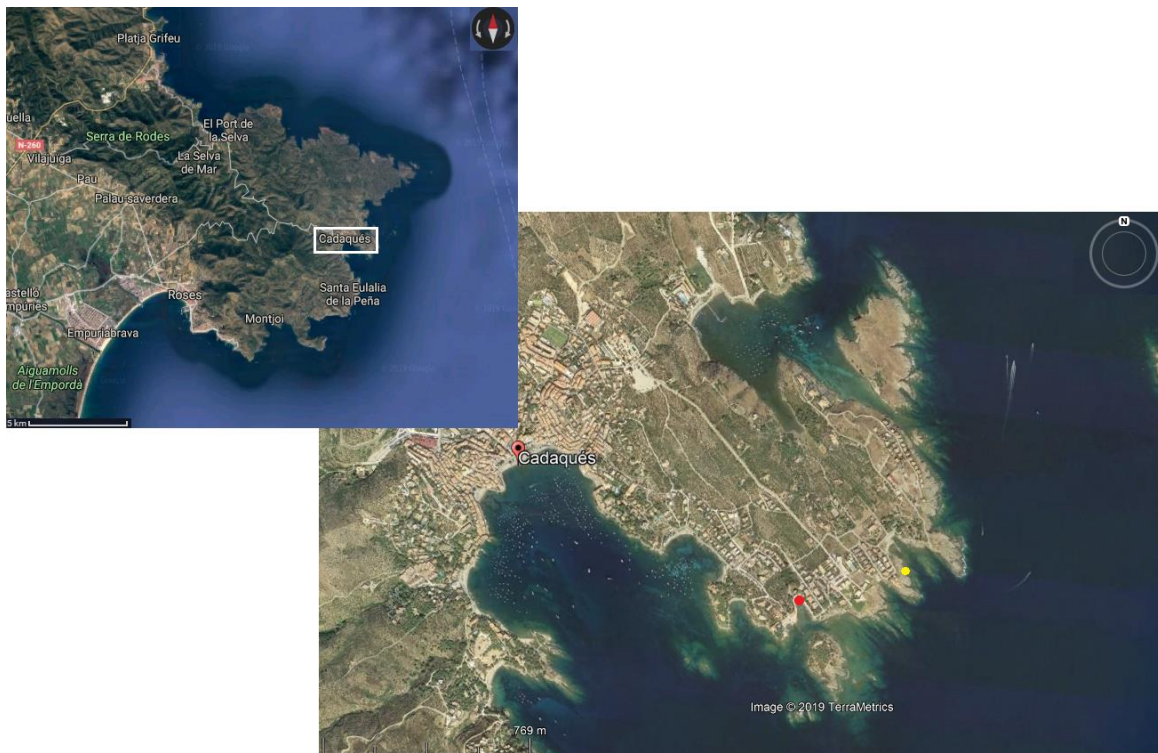
3. Metodologia

3.1. Zona d'estudi i mostreig

Es van establir dues estacions de mostreig; la primera a la Platja de Sa Confitera i la segona a la Platja d'es Caials, ambdues situades a Cadaqués (Cap de Creus, Girona). A cada estació de mostreig es van recollir 3 mostres de *Cystoseira mediterranea* i 3 mostres d'*Halopteris scoparia*, obtenint un total de 12 mostres entre les dues estacions d'estudi. Es van escollir superfícies en les quals les comunitats algals estaven dominades per les espècies *C. mediterranea* o *H. scoparia*, i aleshores, amb l'ajuda d'una escarpa i un martell, es van recollir mostres de 20x20cm (400 cm²) de cada comunitat. Les mostres es van guardar en bosses de plàstic prèviament etiquetades amb el codi corresponent a la comunitat, número de mostra i estació (retolades per fora amb llapis permanent i amb paper vegetal a dins) i conservades amb formaldehid (4%). Totes les mostres es van emmagatzemar en un bidó a temperatura ambient.

El mostreig es va realitzar a finals de febrer del 2019. Les mostres es van recollir a una profunditat de 0 metres, per tant, corresponen a la part superior de l'estatge infralitoral.

Figura 1: Localització de les dues estacions de mostreig; la Platja de Sa Confitera (vermell) i la Platja d'es Caials (groc), al municipi de Cadaqués, al Cap de Creus (Girona, Catalunya).



3.2. Material i mètodes

Es van analitzar un total de 8 mostres (2 mostres de cada comunitat i estació). La separació de les mostres es va fer sempre al laboratori. Com que les mostres estaven fixades en formaldehid, abans d'analitzar-les, s'havien de airejar. Per fer-ho, s'abocava el contingut líquid de la bossa de plàstic en un contenidor de líquids contaminats amb un tamís de 0,5 mm de malla fina, per evitar la possible pèrdua de macroinvertebrats en el rentat. Després s'abocava tot el contingut en una cubeta i es procedia amb 7 rentats amb aigua dolça, filtrant sempre amb el tamís per evitar perdre res. Aleshores es deixava la mostra en la cubeta coberta d'aigua marina durant 12-24 hores. Durant tot aquest procés era obligatori utilitzar material personal de protecció: bata, guants i una màscara especial per evitar la inhalació de formaldehid. Un cop passades aquestes hores, es tornava a rentar la mostra una última vegada amb aigua dolça. Aleshores es tornava a submergir la mostra en aigua marina per a començar a separar les algues dels macroinvertebrats, i les algues es reservaven en una cubeta d'aigua marina en la nevera. Els macroinvertebrats eren classificats inicialment, amb l'ajuda d'una lupa binocular (Nikon SMZ645), en 4 pots diferents (crustacis, poliquets, mol·luscs i altres) i conservats en etanol 70% per a la seva posterior identificació.

Un cop separats tots els macroinvertebrats de la mostra algal, es va procedir amb la identificació de les espècies vegetals presents, sovint amb l'ajuda de la lupa, dels investigadors del CEAB i fent ús de la "Guía de las macroalgas y fanerógamas marinas del Mediterráneo occidental" (Rodríguez-Prieto et al., 2013). Una vegada identificades, es va mesurar el recobriment algal de les algues dominants i les acompanyants, estenent les algues sobre la cubeta de la forma més uniforme possible, i aleshores la superfície ocupada es mesurava amb un regle. Les espècies amb un recobriment algal menor a 1 cm², incloent les algues epífites, s'indicava la seva presència amb el signe "+" i posteriorment, se li assignava un valor de 0,01 grams.

Després de mesurar el seu recobriment algal, es van posar les mostres en una estufa a 60° durant 48 hores, per a evaporar tot el contingut d'aigua present. Posteriorment, les mostres seques es van pesar en una balança per aconseguir així el pes sec. El pes sec de les algues incrustants (*Mesophyllum alternans*, *Peyssonnelia rosa-marina*, *Corallinales* incrustant no identificada) es va aconseguir mitjançant una regressió entre el seu recobriment algal i el pes sec (Ballesteros, 1992).

Els macroinvertebrats es van classificar fins a nivell de família, en alguns casos arribant a gènere, fent ús de la lupa binocular (Olympus SZX9) i la bibliografia corresponent ("Fauna y flora del mar Mediterráneo" (Riedl, 1986), "The european fauna of Annelida Polychaeta" (Gil, 2011) i "The amphipoda of the Mediterranean" (Ruffo et al., 1982). Els noms de les famílies es van verificar amb el WoRMS (World Register of Marine Species). Per al comptatge total dels macroinvertebrats es va utilitzar un comptador Milky Way de 4 xifres.

3.3. Anàlisis estadístiques

Es van calcular el nombre de taxons i el nombre d'individus de macroinvertebrats de cada mostra, i la mitjana d'aquests paràmetres per comunitat (*Cystoseira mediterranea* i *Halopteris scoparia*).

Es va realitzar un anàlisi de variància (ANOVA) d'un factor per comprovar si hi havia diferències significatives en les dues localitats estudiades (Platja de Sa Confitera i Platja d'es Caials), i en el nombre de taxons i el d'individus de les dues comunitats estudiades (*C. mediterranea* i *H. scoparia*).

Utilitzant el programa informàtic PRIMER 6, es va mirar la distribució algal de les mostres; la distribució de macroinvertebrats respecte a la superfície de mostreig (400 cm²); la distribució de macroinvertebrats respecte el recobriment algal total (portat a cm² d'alga total); la distribució de macroinvertebrats respecte a la biomassa total de la mostra i la distribució de macroinvertebrats per gram de l'espècie principal (*C. mediterranea* o *H. scoparia*).

Totes les dades van ser transformades (arrel quadrada) per aconseguir homogeneïtat de variàncies entre les mostres estudiades, excepte les utilitzades per esbrinar la distribució dels macroinvertebrats per cm² algal. L'índex de similitud de Bray-Curtis va ser utilitzat en totes les anàlisis multivariants (Bray i Curtis, 1957) i el mètode d'ordenació utilitzat per representar gràficament les similituds va ser un nMDS (Non-metric Multi-Dimensional Scaling; Kruskal, 1964), una tècnica molt efectiva per a l'estudi de les comunitats biològiques (McCune et al., 2002), el qual genera un gràfic d'ordenació amb una mesura de fiabilitat anomenada Stress (Stress < 0,2 correspon a ordenacions molt fiables) i on rèpliques més semblants, apareixeran més properes que les que presenten un gran grau de dissimilitud.

Es va realitzar un anàlisi de percentatges de similituds (SIMPER, PRIMER 6) per valorar quins taxons de macroinvertebrats eren els que contribuïen més (expressat en %) en les diferències de la composició de macroinvertebrats entre les dues comunitats estudiades (taxons discriminadors), i per veure quina era aquest grau de dissimilitud. Alhora, l'anàlisi SIMPER també va permetre calcular quin era el grau de similitud entre les mostres de cada comunitat i quins eren els taxons que contribuïen en aquest percentatge (taxons típics). Posteriorment, es va realitzar un anàlisi de similituds (one-way ANOSIM, PRIMER 6) per veure si aquestes diferències eren significatives.

4. Resultats

4.1. Diferències en el nombre de taxons total i en el nombre d'individus total entre les dues comunitats estudiats

Primer de tot, es va procedir a mirar si hi havia diferències entre les comunitats de *C. mediterranea* de la Platja de Sa Confitera i la d'es Caials, per poder descartar diferències entre localitats, i es va fer el mateix amb les de *H. scoparia*. La finalitat d'aquest anàlisi era esbrinar si es podien analitzar les quatre mostres alhora, tot i ser de localitats diferents. Es va realitzar una ANOVA per a cada comunitat, i els resultats van mostrar que no hi havia diferències significatives a cap de les dues (*C. mediterranea*, one-way ANOVA, $R^2=0,87$; F-value=13,22; p-value=0,068; *H. scoparia*, one-way ANOVA, $R^2=0,91$; F-value=2,372; p-value=0,263).

Pel que fa al nombre de taxons, es van comptabilitzar un total de 66 taxons de macroinvertebrats entre les dues comunitats, dels quals 33 pertanyien a Crustacea, 23 a Annelida i 3 a Mollusca, essent aquests tres grups els més representatius. La comunitat de *C. mediterranea* tenia una mitjana de 56 taxons i la d'*H. scoparia* una de 57. No hi havia diferències significatives entre les dues comunitats estudiades pel que fa al nombre de taxons (one-way ANOVA, $R^2=0,89$; F-value=0,08; p-value=0,93).

D'altra banda, es va quantificar un total de 36815 individus entre les dues comunitats, dels quals un 29,06% corresponien a la comunitat de *C. mediterranea*, amb una mitjana de 2675 individus per mostra (SD=444) i un 70,94% corresponien a la d'*H. scoparia*, amb una mitjana de 6529 individus per mostra (SD=2250). En aquest cas, sí hi havia diferències significatives en el nombre de macroinvertebrats entre les dues comunitats (one-way ANOVA, $R^2=0,91$; F-value=11,3; p-value=0,0152).

A la Taula 1 es mostren el nombre de taxons i el nombre d'individus (per 400 cm²) de cada fílum o subfílum a cadascuna de les comunitats estudiades. Es mostren també el rang, la mitjana i la desviació estàndard del nombre de taxons i del nombre d'individus observats en les quatre mostres de cada comunitat.

Els grups més nombrosos que es van trobar a les dues comunitats van ser els Crustacea (19889 individus, dels quals un 30,85% a la comunitat de *C. mediterranea* i un 69,15% a la d'*H. scoparia*), Annelida (10879 individus, dels quals un 30,43% a la comunitat de *C. mediterranea* i un 69,57% a la d'*H. scoparia*) i Mollusca (2653 individus, dels quals un 16,4% a la comunitat de *C. mediterranea* i un 83,6% a la d'*H. scoparia*). Els altres grups eren molt menys nombrosos. Així, es van trobar 1759 individus d'Hexapoda (dels quals un 10% a la comunitat de *C. mediterranea* i un 90% a la d'*H. scoparia*), 1221 individus de Nematoda (dels quals un 42,01% a la comunitat de *C. mediterranea* i un 57,99% a la d'*H. scoparia*), 372 individus de Nemertea (dels quals un 30,91% a la comunitat de *C. mediterranea* i un 69,09% es van a la d'*H. scoparia*) i 40 individus de Chelicerata (dels quals un 35% a la comunitat a *C. mediterranea* i un 65% es van trobar a la d'*H. scoparia*) (Taula 1).

Cal remarcar que del subfílum Hexapoda només es va trobar una família, la Chironomidae, a les dues comunitats. D'altra banda, en el cas dels Nemertea i Nematoda, on no es va classificar més enllà del nivell de fílum, el nombre de taxons va ser també idèntic a les dues comunitats ($r=1$).

Dels taxons d'epifauna observats, 9 eren presents només a la comunitat *C. mediterranea* (Alpheidae, Grapsidae, Leucothoidae, Gammaridae, Polydora, Ampharetidae, Polyplacophora, Sabellariidae i Cnidaria), però els dos últims solament estaven representats per 1 individu. D'altra banda, a la comunitat d'*H. scoparia*, també es van trobar 9 taxons que només estaven presents en aquesta comunitat (Processidae, Nannastacidae, Ophiuroidea, Idoteidae, Oedicerotidae, Orbiniidae, Chrysopetalidae, Hesionidae i Sphaerodoridae), dels quals els 7 últims estaven representats per 1 sol individu (Taula 2).

Taula 1: Nombre de taxons (r) i nombre d'individus (n) dels filums Annelida, Mollusca, Nemertea i Nematoda, i dels subfilums Crustacea, Chelicerata i Hexapoda en les comunitats de *C. mediterranea* i d'*H. scoparia*. Es donen també la mitjana i la desviació estàndard (SD) d'aquests valors per a cada comunitat, així com el nombre d'individus total (N) en el conjunt de les mostres.

Fílum/Subfílum	<i>Cystoseira mediterranea</i>							<i>Halopteris scoparia</i>						
Annelida	Mostra 1	Mostra 2	Mostra 3	Mostra 4	Mitjana	SD	N	Mostra 1	Mostra 2	Mostra 3	Mostra 4	Mitjana	SD	N
r	13	10	17	10	12,5	3,31	-	15	10	11	11	11,75	2,21	-
n	1092	561	987	671	828	252	3311	1833	1635	1767	2333	1892	305	7568
Chelicerata														
r	2	0	1	1	1	0,81	-	2	1	2	1	1,5	0,58	-
n	5	0	2	7	4	3	14	6	6	5	9	7	2	26
Crustacea														
r	22	21	23	26	23	2,16	-	22	22	25	25	23,5	1,73	-
n	669	1660	1967	1838	1534	590	6134	1428	3626	3601	5100	3439	1513	13755
Hexapoda														
r	1	1	1	1	1	0	-	1	1	1	1	1	0	-
n	49	24	35	68	44	19	176	334	191	183	875	396	327	1583
Mollusca														
r	2	2	3	3	2,5	0,58	-	2	2	2	2	2	0	-
n	211	102	86	36	109	74	435	342	550	653	673	555	152	2218
Nematoda														
r	1	1	1	1	1	0	-	1	1	1	1	1	0	-
n	154	50	91	218	128	74	513	95	52	84	477	177	201	708
Nemertea														
r	1	1	1	1	1	0	-	1	1	1	1	1	0	-
n	44	12	39	20	29	15	115	34	56	112	55	64	33	257

Taula 2: Mitjana i desviació estàndard (de les quatre mostres de cada comunitat) del nombre d'individus de cada grup taxonòmic per gram de biomassa total de la mostra. A la taula també figuren el valor total del nombre de taxons de cada comunitat, així com el valor mitjà del nombre d'individus per gram de biomassa total.

Grup taxonòmic	<i>Cystoseira mediterranea</i>		<i>Halopteris scoparia</i>	
	Mitjana	SD	Mitjana	SD
ANNELIDA				
Ampharetidae	<1	<1	0	0
Arenicolidae	<1	<1	<1	<1
Capitellidae	<1	<1	<1	<1
Chrysopetalidae	0	0	<1	<1
Cirratulidae	<1	<1	<1	<1
Eunicidae	<1	1	<1	<1
<i>Exogone</i> (Syllidae)	3	3	4	7
Hesionidae	0	0	<1	<1
Maldanidae	<1	<1	<1	<1
Nereididae	4	4	2	1

Opheliidae	<1	<1	1	1
Orbiniidae	0	0	<1	<1
Phyllodocidae	<1	<1	<1	<1
Poliquet no identificat (PNI)	<1	<1	<1	<1
<i>Polydora</i> (Spionidae)	<1	<1	0	0
Polynoidae	<1	<1	<1	<1
Sabellariidae	0	<1	0	0
Sabellidae	3	2	11	7
<i>Salvatoria</i> (Syllidae)	6	3	22	8
Serpulidae	<1	1	<1	<1
Sphaerodoridae	0	0	<1	<1
Syllidae (altres)	0	0	<1	2
<i>Syllis</i> (Syllidae)	14	4	62	25
CHELICERATA				
Acari	<1	<1	<1	<1
Pycnogonida	<1	<1	<1	<1
CRUSTACEA				
<i>Acanthonyx</i>	<1	<1	<1	<1
Alpheidae	<1	<1	0	0
<i>Amphilocheus</i>	<1	<1	<1	<1
<i>Amphipoda</i> spp.	<1	<1	<1	<1
Ampithoidae	5	5	5	6
Aoridae	4	1	26	12
<i>Apherusa</i>	<1	<1	<1	<1
Caprellidae	4	5	55	38
Copepoda	4	2	23	28
Dexaminidae	<1	<1	1	1
<i>Erichthonius</i> (Ischyroceridae)	6	7	5	4
Gammaridae	<1	<1	0	0
Gnathiidae	0	<1	<1	<1
Grapsidae	<1	<1	0	0
Hyalidae	10	7	5	4
Idoteidae	0	0	<1	<1
<i>Ischyrocerus</i> (Ischyroceridae)	11	12	20	25
Janiridae	5	6	<1	<1
Leptocheiliidae	2	2	14	11
Leucothoidae	<1	<1	0	0
Lysianassidae	<1	<1	1	<1
Maeridae	4	3	4	4
Munnidae	1	1	23	13
Nannastacidae	0	0	<1	<1
Oedicerotidae	0	0	<1	<1
Ostracoda	<1	<1	<1	<1
Paguridae	<1	<1	<1	<1
Paranthuridae	<1	<1	1	1
Phliantidae	1	1	3	3
Processidae	0	0	<1	<1
Sphaeromatidae	<1	<1	5	6
Stenothoidae	4	4	9	12
Tanaididae	1	<1	<1	<1
ECHINODERMATA				
Ophiuroidea	0	0	<1	<1
HEXAPODA				
Chironomidae	2	1	24	25
MOLLUSCA				
Bivalva	1	<1	3	2

Gastropoda	3	1	28	12
Polyplacophora	<1	<1	0	0
NEMATODA	5	3	11	15
NEMERTEA	1	1	3	2
Nombre de taxons total	56	-	57	-
Nombre d'individus total (mitjana i SD)	108	51	377	213

4.2. Distribució dels organismes sèssils de les mostres

Es van identificar un total de 45 espècies d'algues diferents entre les dues comunitats (10 d'Ochrophyta, 28 de Rhodophyta i 7 de Chlorophyta) i 2 filums del regne Animalia (Porifera i Chordata) (Taula 3). La comunitat de *C. mediterranea* albergava un nombre de taxons lleugerament superior a la d'*H. scoparia* (38 i 31 taxons respectivament).

Taula 3: Mitjana i desviació estàndard (SD) de les biomasses de les espècies d'algues i organismes sèssils trobats a les mostres de les dues comunitats estudiades. La biomassa està expressada en grams. La superfície mostrejada van ser 400 cm². També es proporciona el nombre de taxons total i la biomassa total de cada comunitat.

Grup taxonòmic	<i>Cystoseira mediterranea</i>		<i>Halopteris scoparia</i>	
	Mitjana	SD	Mitjana	SD
Chlorophyta				
<i>Bryopsis duplex</i>	0	0,01	0	0
<i>Bryopsis plumosa</i>	0	0	0	0
<i>Cladophora albida</i>	0	0	0	0
<i>Cladophora hutchinsiae</i>	0	0	0,01	0,02
<i>Cladophora laetevirens</i>	0,02	0,02	0	0
<i>Cladophora lehmanniana</i>	0	0	0,01	0,01
<i>Valonia utricularis</i>	0,01	0,01	0,01	0
Chordata				
Didemnidae	0,41	0,55	0,01	0,01
Ochrophyta				
<i>Cystoseira caespitosa</i>	0,27	0,53	0	0
<i>Cystoseira compressa</i>	0,04	0,09	0	0
<i>Cystoseira mediterranea</i> (base)	6,03	1,29	0	0
<i>Cystoseira mediterranea</i> (erecte)	15,18	3,73	0	0,01
<i>Dictyopteris polypodioides</i>	0,01	0,03	0,02	0,03
<i>Dictyota dichotoma</i>	0	0	0,03	0,05
<i>Dictyota fasciola</i>	0,02	0,02	0	0
<i>Halopteris scoparia</i>	0	0	15,99	2,7
<i>Sargassum vulgare</i>	0	0	0,02	0,02
<i>Sphacelaria cirrosa</i>	0,23	0,26	0	0
<i>Sphacelaria</i> sp.	0,28	0,55	0	0
Porifera				
<i>Cacospongia mollior</i>	2,84	5,55	0,12	0,25
Rhodophyta				
<i>Amphiroa rigida</i>	0,44	0,3	0,35	0,71
<i>Anotrichium</i> sp.	0	0	0	0
<i>Asparagopsis armata</i>	0	0,01	0	0

<i>Ceramium ciliatum</i>	0,01	0,01	0,01	0,01
<i>Ceramium tenerrimum</i>	0	0,01	0	0
<i>Ceramium virgatum</i>	0	0,01	0,02	0,04
<i>Champia parvula</i>	0,03	0,04	0,06	0,06
<i>Chondracanthus acicularis</i>	0	0	0,17	0,3
<i>Chondria boryana</i>	0	0	0	0,01
Corallinales incrustant no identificada	0,39	0,77	0	0
<i>Dasya hutchinsiae</i>	0,01	0	0,02	0,01
<i>Corallina elongata</i>	0,88	0,73	0	0,01
<i>Feldmannophycus rayssiae</i>	0	0	0	0
<i>Gastroclonium clavatum</i>	0	0	0,03	0,06
<i>Gelidium crinale</i>	0,01	0,02	0	0
<i>Gelidium pusillum</i>	0,09	0,17	0,13	0,25
<i>Herposiphonia secunda</i>	0	0,01	0	0,01
<i>Hypnea musciformis</i>	0	0	0	0
<i>Jania rubens</i>	0,05	0,1	0,1	0,2
<i>Haliptilon virgatum</i>	0,87	1,63	1,26	2,38
<i>Laurencia obtusa</i>	0,01	0,01	0,06	0,08
<i>Nithophyllum punctatum</i>	0	0,01	0	0
<i>Mesophyllum alternans</i>	0,2	0,28	0,72	1,19
<i>Osmundea verlaquei</i>	0	0,01	0,01	0,02
<i>Peyssonnelia rosa-marina</i>	0,45	0,9	0	0
<i>Peyssonnelia rubra</i>	0	0,01	0	0
<i>Rhodomenia ardissoni</i>	0	0	0	0
<i>Vertebrata byssoides</i>	0	0	0,03	0,06
Nombre total de taxons	38	-	31	-
Biomassa total	28,77	12,24	19,17	4,82

Amb l'índex de similitud de Bray-Curtis i el mètode nMDS es va obtenir una matriu de distàncies (Stress= 0,01), en la qual s'observava que les mostres de *C. mediterranea* es superposaven totes les unes amb les altres, mentre que amb les mostres d'*H. scoparia* passava el mateix. El fet que es superposessin indicava que eren mostres molt semblants entre elles (Figura 2).

Amb l'anàlisi SIMPER es va observar que la similitud de les mostres de *C. mediterranea* entre elles era d'un 59,65% i la de les mostres d'*H. scoparia* era d'un 52,49%. Alhora, les dues comunitats eren ben diferents entre elles, ja que s'observava que la dissimilitud és d'un 89,93%, i que les espècies que contribuïen més en aquest percentatge eren: *Cystoseira mediterranea* (29,58%), *Halopteris scoparia* (22,48%), la família d'ascídies Didemnidae (4,28%), i les macroalgues *Corallina elongata* (3,53%) i *Haliptilon virgatum* (3,36%). Sí que hi havia diferències significatives en la distribució algal entre les dues comunitats estudiades (*C. mediterranea* i *H. scoparia*) (one-way ANOSIM, R=1; p-value=0,029).

4.3. Distribució de macroinvertebrats respecte a la superfície de mostreig (400 cm²)

En la matriu de similitud de la distribució dels macroinvertebrats respecte la superfície total mostrejada (400 cm²), es va obtenir un valor de Stress=0,04, però en aquest cas, les mostres no es sobreposaven les unes sobre les altres. (Figura 3).

Amb l'anàlisi SIMPER es va observar que les mostres de *C. mediterranea* tenien una similitud d'un 71,92% i que els taxons que contribuïen més a aquesta similitud eren *Syllis* (9,26%), *Salvatoria* (5,96%), Hyalidae (5,54%), Aoridae (5,2%), Copepoda (5,02%), *Ischyrocerus* (4,86%),

Nematoda (4,82%) i Sabellidae (4,21%). D'altra banda, les mostres d'*H. scoparia* tenien una similitud de 75,39% i els taxons que contribuïen més eren *Syllis* (11,42%), Caprellidae (7,73%), Gastropoda (7,24%), Aoridae (7,15%), *Salvatoria* (6,87%), Munnidae (5,65%), Chironomidae (5,26%) i Leptocheliidae (4,59%).

Finalment, segons els resultats de SIMPER, les dues comunitats es diferenciaven en un 37,64% i els taxons que contribuïen més a aquesta dissimilitud eren Caprellidae (8,63%), Munnidae (6,23%), *Syllis* (5,67%), Gastropoda (5,61%), Chironomidae (5,14%), Aoridae (4,79%), *Ischyrocerus* (4,03%) i Leptocheliidae (3,68%). Amb l'ANOSIM es va comprovar que aquestes diferències eren significatives ($R=0,938$; $p\text{-value}=0,029$).

4.4. Distribució de macroinvertebrats respecte el recobriment algal total

En aquest cas, es va mirar la distribució dels macroinvertebrats per cm^2 d'alga, és a dir, es dividia el número de macroinvertebrats entre el recobriment algal total real de cada mostra. Aquí es va obtenir un valor de $\text{Stress}=0,01$ i en el gràfic d'ordenació es va observar que en *C. mediterranea* hi havia dues mostres molt semblants entre elles i dues molt diferents, sobretot la mostra Cys_1_1. Això era degut probablement a que aquesta mostra contenia una proporció de *Syllis* molt més gran que les altres. D'altra banda, en el cas d'*H. scoparia* totes les mostres es sobreposaven les unes sobre les altres. (Figura 4).

En els resultats de l'anàlisi SIMPER es va observar que les mostres de *C. mediterranea* tenien una similitud d'un 55,19% i que els taxons que hi contribuïen més a aquesta similitud eren *Syllis* (19,1%), Hyalidae (8,94%), *Salvatoria* (7,7%), Aoridae (5,98%), Copepoda (5,89%) i Nematoda (5,81%). En canvi, en les mostres d'*H. scoparia* la similitud era d'un 66,02%, i els taxons que hi contribuïen eren *Syllis* (22,11%), Caprellidae (11,63%), Gastropoda (10,44%), Aoridae (10,31%), *Salvatoria* (7,94%) i Munnidae (6,72%).

En observar el percentatge de dissimilitud entre les dues comunitats, es va veure que aquest era d'un 63,29% i que els taxons que provocaven aquestes diferències eren Caprellidae (14,93%), *Syllis* (14,9%), Gastropoda (7,65%), Aoridae (6,86%), Munnidae (6,84%), Chironomidae (6,2%) i *Salvatoria* (5,34%). Es van trobar diferències significatives en la distribució dels macroinvertebrats entre les dues mostres (one-way ANOSIM, $R=1$; $p\text{-value}=0,029$).

4.5. Distribució de macroinvertebrats respecte a la biomassa total ($\text{g}/400 \text{ cm}^2$)

Aquí es buscava com era la distribució de macroinvertebrats per biomassa total de la mostra, i per tant, es va dividir el nombre d'individus de macroinvertebrats entre la biomassa total de la mostra (Taula 2). Es va obtenir un valor de $\text{Stress}=0,03$ i en el gràfic d'ordenació es va observar que dues mostres de *C. mediterranea* es solapaven (Cys_2_1 i Cys_2_2), però les dues altres no. El mateix patró es repetia per a les rèpliques d'*H. scoparia* (Halo_1_2 i Halo_2_1). Per tant, hi havia dues mostres que s'assemblaven molt entre elles i les altres dues no (Figura 5).

Amb l'anàlisi SIMPER es va observar que les mostres de *C. mediterranea* presentaven una similitud d'un 68,75% i que els taxons que hi contribuïen eren *Syllis* (10,22%), *Salvatoria* (5,55%), Hyalidae (5,53%), Aoridae (5,22%), Copepoda (5,02%), Nematoda (4,98%), *Ischyrocerus* (4,69%) i Sabellidae (4,12%). En el cas d'*H. scoparia*, la similitud era d'un 71,61% i els eren *Syllis* (11,32%),

Caprellidae (7,74%), Gastropoda (7,14%), Aoridae (7,01%), *Salvatoria* (6,67%), Munnidae (5,83%), Chironomidae (5,31%) i Leptocheliidae (4,68%).

Finalment, segons els resultats de SIMPER, les dues comunitats tenien un percentatge de dissimilitud de 43,13%. Els taxons que provocaven aquest grau de dissimilitud eren Caprellidae (8,63%), *Syllis* (6,74%), Munnidae (6,2%), Gastropoda (5,92%), Chironomidae (5,25%), Aoridae (5,16%), *Ischyrocerus* (4,1%), *Salvatoria* (3,99%). Sí que hi havia diferències significatives en la distribució dels macroinvertebrats entre les dues mostres (one-way ANOSIM, $R=0,813$; $p\text{-value}=0,029$).

4.6. Distribució de macroinvertebrats per gram de l'espècie principal

En aquest anàlisi es dividia el nombre de macroinvertebrats per la biomasses de l'espècies principals: *Cystoseira mediterranea* i *Halopteris scoparia*, segons el cas. Es va obtenir un valor de Stress=0,01 i en el gràfic d'ordenació es veia com dues rèpliques de *C. mediterranea* es solapaven (Cys_2_1 i Cys_2_2) i dues quedaven separades, i que el mateix patró es repetia per a les rèpliques d'*H. scoparia* (Halo_1_2 i Halo_2_1 es solapaven) (Figura 6).

Amb l'anàlisi SIMPER es va observar que les mostres de *C. mediterranea* presentaven una similitud d'un 69,93%, i que els taxons que l'explicaven eren *Syllis* (9,71%), *Salvatoria* (5,73%), Hyalidae (5,52%), Aoridae (5,3%), Copepoda (5%), Nematoda (4,99%), *Ischyrocerus* (4,83%) i Sabellidae (4,13%). D'altra banda, la similitud de les mostres d'*H. scoparia* era d'un 73,86% i els taxons que hi contribuïen eren *Syllis* (11,09%), Caprellidae (7,81%), Gastropoda (7,33%), Aoridae (7,23%), *Salvatoria* (6,81%), Munnidae (5,93%) i Chironomidae (5,11%).

Les dues comunitats presentaven un grau de dissimilitud del 41,36% i els taxons que provocaven aquesta diferència eren Caprellidae (8,54%), *Syllis* (6,61%), Munnidae (6,23%), Gastropoda (5,89%), Chironomidae (5,31%), Aoridae (5,14%), *Ischyrocerus* (3,98%) i *Salvatoria* (3,94%). Es van observar diferències significatives pel que fa a la distribució de macroinvertebrats (one-way ANOSIM, $R=0,99$; $p\text{-value}=0,029$).

Figura 2: Gràfic d'ordenació nMDS resultat de la distribució dels organismes sèssils de les mostres (Stress = 0,01).

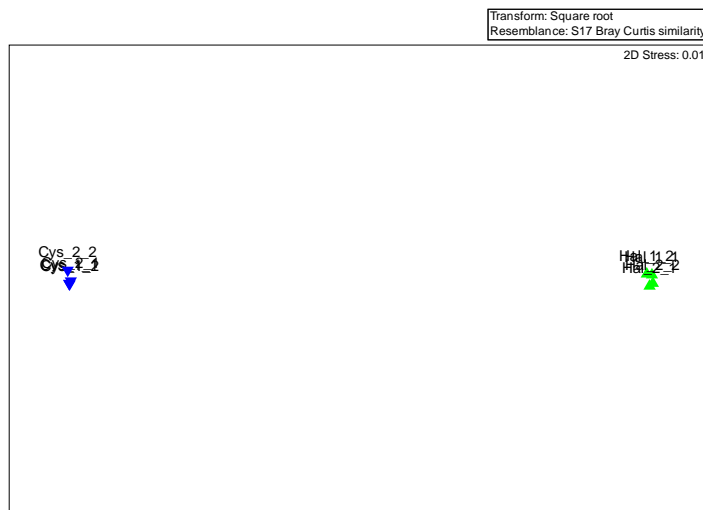


Figura 3: Gràfic d'ordenació nMDS resultat de la distribució de macroinvertebrats respecte a la superfície de mostreig (400 cm²) (Stress = 0,04).

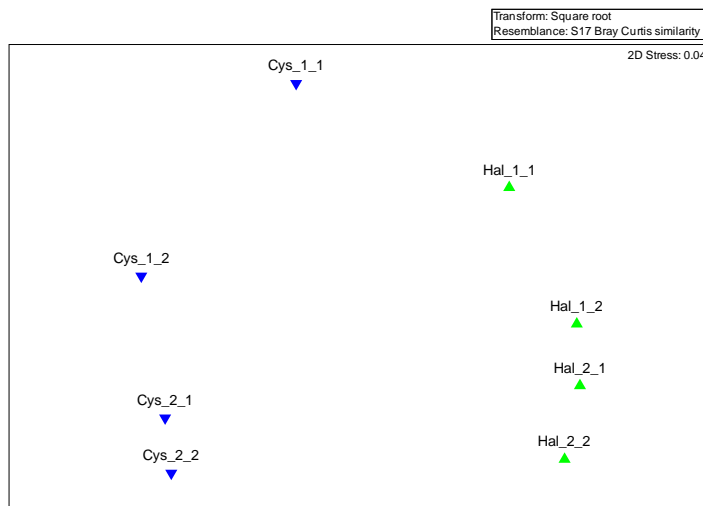


Figura 4: Gràfic d'ordenació nMDS resultat de la distribució de macroinvertebrats respecte el recobriment algal total (Stress=0,01).

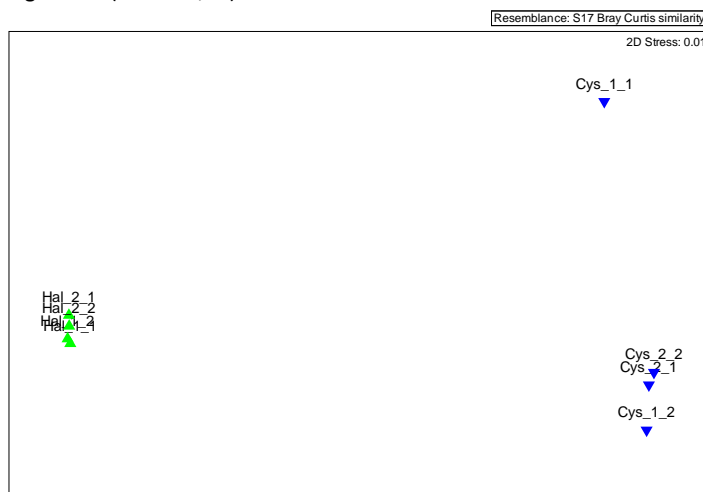


Figura 5: Gràfic d'ordenació nMDS resultat de la distribució de macroinvertebrats respecte a la biomassa total (Stress=0,03).

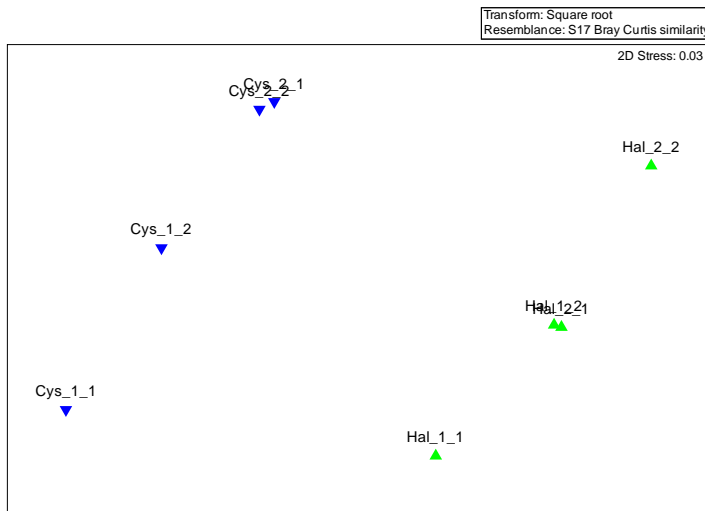
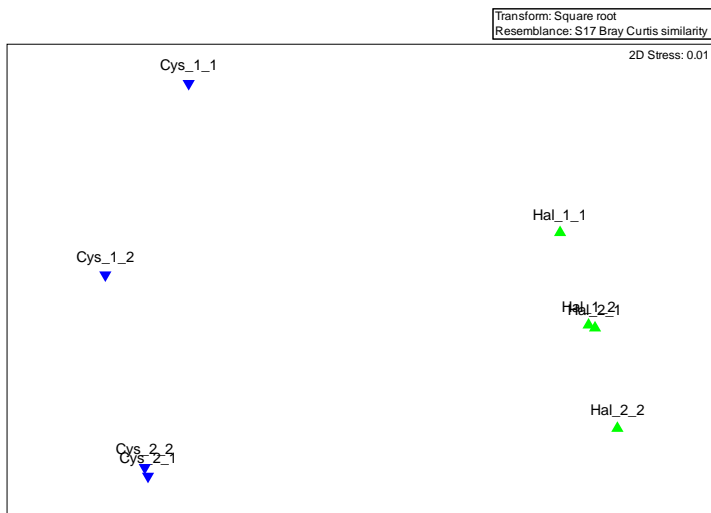


Figura 6: Gràfic d'ordenació nMDS resultat de la distribució de macroinvertebrats per gram de l'espècie principal (Stress=0,01).



5. Discussió

5.1. Diferències en la distribució del nombre de taxons i del nombre d'individus totals

La hipòtesi principal d'aquest estudi era que la comunitat de *Cystoseria mediterranea* havia de presentar un nombre superior de taxons i d'individus que la comunitat d'*Halopteris scoparia*, per totes les característiques morfològiques i ecològiques d'aquesta alga i del gènere al qual correspon. Malgrat tot, no es van trobar diferències significatives en el nombre de taxons entre les dues comunitats. A més, la majoria de taxons eren presents a les dues comunitats. Ara bé, sí que es van trobar diferències significatives en el nombre d'individus de macroinvertebrats de les dues comunitats. Així, del total de 36815 individus quantificats només un 29,06% (10699 individus) es van trobar a la comunitat de *C. mediterranea*, mentre que un 70,94% (26116 individus) a la d'*H. scoparia*.

De tots els anàlisis realitzats amb SIMPER, on millor es veu la dissimilitud entre les dues comunitats és en la distribució de macroinvertebrats respecte el recobriment algal total, amb un valor de 63,29% de dissimilitud. En fer la distribució dels macroinvertebrats per cm², el que es veu quina superfície real tenen els macroinvertebrats per a viure. Hi ha dos grups de factors que poden ser els responsables de les diferències en la distribució de l'epifauna associada a les macroalgues: els relacionats amb les característiques de l'alga i els relacionats amb el medi físic.

Dins dels relacionats amb les característiques de l'alga, un primer factor és la morfologia de l'alga. *Halopteris scoparia* es caracteritza per tenir un tal·lus "arbustiu", mentre que el de *C. mediterranea* és arbori. *Halopteris scoparia* adopta una forma geomètrica similar a una paràbola, que li confereix aquesta forma d'arbust. Deduint el volum real a partir del teòric, s'obté el volum intersticial, que representa l'espai buit útil per als organismes. La relació entre els volums teòrics i reals dona una idea del nivell de compacitat de l'alga (Sánchez-Moyano, 1996; Sánchez-Moyano i García-Gómez, 1998) i aquesta compacitat es pot considerar una mesura de la complexitat de l'hàbitat (Sánchez-Moyano et al., 2000). L'augment de la complexitat de l'hàbitat suposa un augment dels recursos alimentaris, un major nombre de microhàbitats i un augment de la capacitat de protecció enfront dels depredadors i de l'efecte mecànic de la hidrodinàmica, entre altres aspectes (Sánchez-Moyano et al., 2000). Un hàbitat amb una gran complexitat està per tant, relacionat amb un major nombre d'hàbitats disponibles, que al seu torn, estan associats amb un major nombre d'individus i espècies (McAbendorth et al., 2005; Ferreiro et al., 2013). *Halopteris scoparia* és una alga que presenta moltes ramificacions en un volum petit i amb una relació superfície/biomassa molt més elevada que *C. mediterranea*. Això significa que per cada gram de biomassa de l'alga, hi ha més estructura exposada a l'aigua, el que es tradueix en més superfície d'hàbitat disponible i per tant, major nombre de microhàbitats i de macroinvertebrats (Morse et al., 1985). A més, aquests microhàbitats constitueixen també una trampa eficaç de sediments i epífits (com les diatomees, que són la dieta essencial de la majoria d'epifauna – Orth i Van Montfrans, 1984). Per tant, per la morfologia d'*H. scoparia*, és més fàcil es quedin els detritus atrapats (petites restes que provenen de la putrefacció de fonts orgàniques i minerals). Aquestes característiques permeten que *H. scoparia* sigui un bon medi per a poder sostenir una comunitat abundant i diversa (Sánchez-Moyano, 1996).

Un segon factor a tenir en compte és el cicle estacional tan marcat que presenta *C. mediterranea*. La majoria de comunitats marines del Mediterrani presenten un cicle anual molt marcat, ja que els aspectes de la comunitat estan determinats per la temperatura, la irradiància i la quantitat de nutrients presents, els quals condicionen la producció primària de les comunitats infralitorals (Ballesteros et al., 1984c). L'hidrodinamisme, d'altra banda, és considerat com a potenciador de la producció primària, i per tant, de gran importància per entendre la dinàmica de les comunitats fitobentòniques mediterrànies (Leight et al., 1987; Ballesteros, 1984a i 1987). El cicle estacional de la comunitat ha estat descrit per diversos treballs (Sauvageau, 1912; Feldmann, 1937; Ballesteros, 1988; Rodríguez-Prieto, 1992): *C. mediterranea* és una espècie perenne: l'eix principal és present durant tot l'any, però les branques són caduques, i cauen durant l'estiu i principis de tardor, de manera que durant la tardor els arbres són baixos perquè només presenten l'eix principal. Amb l'arribada dels temporals de tardor, es posen en circulació els nutrients que havien anat depositant-se en el fons marí, i aquests nutrients aporten energia per començar el cicle, permetent que els arbres desenvolupin noves branques. Per altra banda, la manca de capçada arbòria permet que en aquest període nombroses espècies es fixin al substrat, i això combinat amb una biomassa molt baixa de l'estrat arbori resulta en un diversitat màxima. Durant l'hivern, les branques joves mantenen un ritme de creixement elevat però no arriben a biomasses considerables. No és fins a la primavera, quan la temperatura, la irradiància i la quantitat de nutrients són elevades, que hi ha el període de major creixement i s'aconsegueix la major biomassa de l'estrat arbori. Durant l'hivern moltes de les espècies que s'havien fixat al substrat durant la tardor es van desenvolupant, també algunes noves espècies colonitzen la comunitat, però moltes d'altres són eliminades per factors ambientals adversos, com l'ombra que fan els arbres o l'herviborisme, de manera que a la primavera la comunitat presenta una màxima biomassa però una diversitat mínima, provocada tant per la reducció del nombre d'espècies total entre tardor i primavera, com per la gran dominància de l'estrat arbori (Ballesteros, 1984b, 1987; Rodríguez-Prieto, 1992). Al llarg de l'estiu, els nutrients presents al nivell infralitoral disminueixen, la irradiància i la temperatura són molt elevades i moltes espècies moren o es degraden, i en especial les branques de *Cystoseira*, per la qual cosa la diversitat total comença a augmentar. A la tardor, amb els temporals, recomença el cicle. Altrament, *H. scoparia* també és una espècie perenne però no presenta un cicle estacional tan marcat com *C. mediterranea*. La seva morfologia i la mida del tal·lus varien al llarg de l'any, amb la reducció del tal·lus a la tardor a causa dels temporals (Ballesteros, 1992). Assoleix la biomassa màxima durant la primavera, igual que *C. mediterranea* (Ballesteros, 1992).

Cal tenir en compte que les mostres es van recollir a finals d'hivern (febrer), quan tant *H. scoparia* com *C. mediterranea* no presentaven el seu màxim de biomassa, sinó que s'estaven recuperant de la pèrdua de les branques que havien patit durant la tardor. Segons Roberston i Mann (1982), la quantitat d'espai disponible a la planta delimita el nombre d'individus d'epifauna presents, de manera que la pèrdua de les branques provoca una reducció de les poblacions d'epifauna, a causa de la reducció del nombre de microhàbitats disponibles (Schneider i Mann, 1991) i per la reducció de la capacitat de retenir els aliments en aquests (Borja 1986a i b). Tot i ser recollides a finals d'hivern, la comunitat d'*H. scoparia* albergava un gran nombre d'individus de macroinvertebrats, quasi el triple que *C. mediterranea*. Això s'explicaria pel fet que *H. scoparia*, com s'ha explicat anteriorment, té una reducció de la

biomassa a la tardor (pels temporals), però la seva biomassa es manté més estable que a *C. mediterranea* (Ballesteros, 1992) i això li permetria mantenir una població d'epifauna més abundant i estable que la *C. mediterranea*.

Per últim, per explicar les diferències en la distribució dels macroinvertebrats, hi ha el factor relacionat amb el medi físic. Les mostres es van recollir a l'estatge del infralitoral, a la mateixa fondària i sota les mateixes condicions, però mentre que la comunitat d'*H. scoparia* és típica de llocs d'aigües encalmades, la de *C. mediterranea* ho és de llocs batuts, amb un hidrodinamisme elevat (Ballesteros, 1984b). Les comunitats varien segons el grau d'hidrodinamisme (Feldmann, 1937; Dalby 1980), igual que la seva dinàmica i producció (Gerard i Mann, 1979; Cousens, 1981). La distribució de les espècies varia significativament entre els llocs més batuts i els més encalmats (Feldmann, 1937; Ballesteros 1984). Les comunitats d'aigües encalmades són més diverses que les dels ambients batuts, almenys pel que fa a la comunitat d'algues associades (Ballesteros, 1984b). Quan més encalmada l'aigua, més estables són les comunitats, i per tant, hi haurà un major nombre d'organismes i major diversitat. En canvi, la comunitat de *C. mediterranea* està constantment exposada a l'efecte mecànic de les ones, de manera que les condicions en les que viu són molt més estressants.

Quant als organismes identificats, Crustacea, Annelida i Mollusca són els taxons més representatius i eren més abundants a la comunitat d'*H. scoparia* (>65 %) que a la de *C. mediterranea*. Els crustacis s'han utilitzat amb freqüència en estudis macrofitobèntics (Bibiloni, 1981; Jimeno, 1993), ja que les seves comunitats han estat considerades com una de les més sensibles als canvis produïts per les variables mediambientals (Dommasnes, 1968; Moore, 1986). Es considera que els amfípodes estan particularment influenciats per l'hidrodinamisme i per l'estructura de l'alga, més que per la disponibilitat d'aliment (Norderhaug, 2004), per tant aquests trobarien més resguard en l'estructura d'*H. scoparia* que en la de *C. mediterranea*. La família Caprellidae (la família més abundant en *H. scoparia*) necessita substrats cilíndrics amb un diàmetre petit per poder-s'hi agafar amb l'ajuda dels pereopodis, per així evitar ser emportat per la força de les ones (Aoki i Kikuchi, 1990), de manera que *H. scoparia* podria augmentar el substrat disponible. Pel que fa a Annelida, tots els individus trobats corresponien a la classe Polychaeta. La morfologia de les macroalgues "arbòries" com la *C. mediterranea* no facilita la presència de poliquets, ja que aquests prefereixen substrats en els quals els sediments i detritus quedin fàcilment atrapats (Bedini et al., 2014), com bé és el cas d'*H. scoparia*. Finalment, en referència a Mollusca, les espècies de Gastropoda representen el component principal de l'epifauna associada als boscos de *Cystoseira* (Chemello i Milazzo 2002), però en aquest estudi, es va obtenir un major nombre de reclutes de Gastropoda en *H. scoparia* que en *C. mediterranea*. S'ha de tenir en compte, que en el cas de les espècies de Mollusca, el que determina la seva distribució i abundància relativa és el moviment de l'aigua, juntament amb la relació amb la fondària (Robertson i Mann, 1982). Per tant, en les condicions d'aigua encalmada en les que es troba *H. scoparia*, seria més fàcil trobar més individus. Cal esmentar que manquen estudis d'aquesta macrofauna associada a la comunitat d'*H. scoparia*. D'altra banda, un detall d'aquest estudi és l'abundant presència de la família Chironomidae, amb 176 individus (10%) en *C. mediterranea* i 1538 individus (90%) en *H. scoparia*. Les larves de Chironomidae es troben en tots els ecosistemes aquàtics d'aigua dolça i són dels pocs insectes aquàtics que es poden arribar a trobar en estuaris i aigües marines (Williams i Hamm, 2002). En aquest cas, tots els individus

trobat pertanyien al gènere *Clunio*, el qual és exclusivament marí i s'associa normalment a costes rocoses i substrats durs (Sotelo-Casas et al., 2014).

5.2. Diferències en la distribució dels organismes sèssils de les mostres

Quant a la distribució dels organismes sèssils (algues, Porifera i Chordata), les mostres de *C. mediterranea* eren molt similars entre si, igual que les d'*H. scoparia* entre elles. Alhora, el grau de dissimilitud entre les dues comunitats que es va obtenir era força elevat (89,93%). Es van trobar més espècies en la comunitat de *C. mediterranea* (38 espècies) que en *H. scoparia* (31 espècies), ja que *C. mediterranea* presentava més espècies de tots tres fílums algal (Ochrophyta, Rhodophyta i Chlorophyta). Encara que els dos fílums del regne Animalia (Chordata i Porifera) eren presents en ambdues comunitats, la abundància en la de *C. mediterranea* era superior.

Diversos estudis han remarcat la importància que té la identitat de l'espècie hoste en l'estructuració i distribució de la població de macroinvertebrats (ex: Christie et al., 1998), a causa de les característiques morfològiques i ecològiques d'aquesta. Com s'ha mencionat anteriorment, la morfologia d'*H. scoparia* té un paper molt important en l'elevat nombre de macroinvertebrats que hi habiten. Pel que fa als epífits, en l'estudi de Johnson i Scheibling (1987) van observar que determinades espècies d'epífits afecten les poblacions d'epifauna, ja que augmenten la disponibilitat d'aliment pels individus i els protegeixen dels depredadors, augmentant la complexitat estructural de l'hàbitat (Edgar, 1983). Per tant, podria ser que determinades algues epífites facilitessin també la coexistència d'individus de macroinvertebrats, incrementant així el nombre d'individus total.

5.3. Aspectes ètics i sostenibles

La realització d'aquest estudi va implicar l'eliminació de part de la flora i fauna de la zona de Cap de Creus, ja que per poder estudiar les poblacions de macroinvertebrats en les comunitats de *C. mediterranea* i *H. scoparia*, era necessari la recol·lecció de les mostres algal per poder realitzar posteriorment la identificació i comptatge dels individus al laboratori, i per poder identificar i mesurar les algues. És necessari remarcar que actualment l'espècie emprada en l'estudi, *Cystoseira mediterranea*, es troba amenaçada i forma part de l'Annex I (Espècies de flora estrictament protegides) del Conveni de Berna (Consell Europeu 1979), una convenció sobre la conservació de la vida salvatge i els hàbitats naturals d'Europa, i en l'Annex II del Conveni de Barcelona. Malgrat tot això, la Directiva Marc de l'Estratègia Marina (EC 2008) requereix als estats membres de la Unió Europea que abordin la manca de coneixement dels diferents components dels ecosistemes marins, com ara les macroalgues i els invertebrats bentònics, per poder desenvolupar indicadors per a mesurar els possibles canvis, i així protegir, preservar i restaurar el medi marí. Per tant aquest estudi (prova pilot d'un projecte del CEAB-CSIC), permetrà que el projecte pugui aconseguir un major coneixement dels ecosistemes marins, la qual cosa es tradueix en una millor divulgació i gestió d'aquests i per tant, una millor protecció i preservació del medi marí.

6. Conclusions

The results obtained in the study show high values in the number of taxa and individuals in the two communities studied. Epifauna distribution differs between the two communities, and this difference is determined by the density of individuals, as *Halopteris scoparia* presents a higher number of individuals than *Cystoseira mediterranea*, while the number of taxa is the same in both communities.

Although in this study no experiments have been performed in order to verify the exact factors that cause this higher number of individuals in *H. scoparia*, three factors are suggested: the stability of calm waters, the “bush” morphology of *H. scoparia* and the marked seasonal cycle that *C. mediterranea* presents.

7. Bibliografia

Airoldi, L., Beck, M.W. (2007). Loss, status and trends for coastal marine habitats in Europe. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 45, 345–405.

Aoki, M., & Kikuchi, T. (1990). Habitat adaptations of caprellid amphipods and the importance of eiphytic secondary habitat in a *Sargassum patens* bed in Amakusa, southern Japan. *Publs Amakusa Mar. Biol. Lab., Kyusyu Univ.*, 10, 123-133.

Arévalo, R., Pinedo, S., Ballesteros, E. (2007). Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: descriptive study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae. *Marine Pollution Bulletin* 55, 104–113.

Arrontes, J., & Anadón, R. (1990). Distribution of intertidal isopods in relation to geographical changes in macroalgal cover in the Bay of Biscay. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 70(2), 283-293.

Ballesteros, E. (1984a). Primeros resultados sobre la dinámica y la producción de las comunidades bentónicas litorales de Tossa de Mar (Costa Brava, Gerona).

Ballesteros, E. (1984b). Els vegetals i la zonació litoral: espècies, comunitats i factors que influeixen en la seva distribució. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona.

Ballesteros, E., Pérez, M. M., & Zabala, M. (1984c). Aproximación al conocimiento de las comunidades algales de la zona infralitoral superior en la costa catalana.

Ballesteros, E. (1987). Estructura i dinàmica del poblament algal de les fulles de "*Posidonia oceanica*" (L.) Delile als herbes de Tossa de Mar (Girona). *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 13-30.

Ballesteros, E. (1988). Estructura y dinámica de la comunidad de *Cystoseira mediterranea* Sauvageau en el Mediterráneo Noroccidental. *Investigación Pesquera* 52, 313–334.

Ballesteros, E. (1992). Els vegetals i la zonació litoral: espècies, comunitats i factors que influeixen en la seva distribució (Vol. 101). Institut d'Estudis Catalans.

Ballesteros, E., Sala, E., Garrabou, J., Zabala, M. (1998). Community structure and frond size distribution of a deep water stand of *Cystoseira spinosa* Sauvageau in the Northwestern Mediterranean. *European Journal of Phycology* 33, 121–128.

Ballesteros, E., Torras, X., Pinedo, S., Garcia, M., Mangialajo, L., de Torres, M. (2007). A new methodology based on littoral community cartography for the implementation of the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 55, 172–180.

Ballesteros, E., Garrabou, J., Hereu, B., Zabala, M., Cebrian, E., Sala, E. (2009). Deepwater stands of *Cystoseira zosteroides* C. Agardh (Fucales, Ochrophyta) in the Northwestern Mediterranean: insights into assemblage structure and population dynamics. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 82, 477–484.

Bedini, R., Bonechi, L., & Piazzì, L. (2014). Mobile epifaunal assemblages associated with *Cystoseira* beds: comparison between areas invaded and not invaded by *Lophocladia lallemandii*. *Scientia marina*, 78(3), 425-432.

Bibiloni, M. A. (1981). Estudio faunístico del litoral de Blanes. V. Sistemática de moluscos y artrópodos (crustáceos y pignogónidos). *Miscel·lània Zoològica*, 7, 43-52.

Bray, J.R., Curtis, J.T. (1957). An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27, 325–349.

Borja, A. (1986a). Biología y ecología de tres especies de moluscos gasterópodos intermareales: *Rissoa parva*, *Barleeia unifasciata* y *Bittium reticulatum*. I. Estructura y dinámica de las poblaciones. *Cah. Biol. Mar.*, 27(4), 491-507.

Mar Albina Cirac Rodriguez
Facultat de Ciències

Borja, A. (1986b). La alimentación y distribución del espacio en tres moluscos gasteropodos: *Rissoa parva* (Da Costa), *Barleeia unifasciata* (Montagu) y *Bittium reticulatum* (Da Costa). *Cah Biol Mar*, 29, 69-75.

Boudouresque, C.F. (1972). Recherches de bionomie analytique structurale et expérimentale sur les peuplements benthiques sciaphiles de Méditerranée Occidentale (fraction algale): la sous-strate sciaphile d'un peuplement photophile de mode calme, le peuplement a *Cystoseira crinita*. *Bulletin du Musée d'Histoire Naturelle de Marseille* 32, 253-263.

Bulleri, F., Benedetti-Cecchi, L., Acunto, S., Cinelli, F., Hawkins, S.J. (2002). The influence of canopy algae on vertical patterns of distribution of low-shore assemblages on rocky coasts in the northwest Mediterranean. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 267 (1), 89-106.

Bulleri, F., Benedetti-Cecchi, L. (2008). Facilitation of the introduced green alga *Caulerpa racemosa* by resident algal turfs: experimental evaluation of underlying mechanisms. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 364, 77-86.

Chapman, M. G., Underwood, A. J., & Skilleter, G. A. (1995). Variability at different spatial scales between a subtidal assemblage exposed to the discharge of sewage and two control assemblages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 189(1-2), 103-122.

Chemello, R., Milazzo, M. (2002). Effect of algal architecture on associated fauna: some evidence from phytal molluscs. *Mar. Biol.* 140, 981-990.

Christie, H., Fredriksen, S., Rinde, E. (1998). Regrowth of kelp and colonization of epiphyte and fauna community after kelp trawling at the coast of Norway. *Hydrobiologia* 375-376, 49-58.

Christie, H., Jørgensen, N.M., Norderhaug, K.M. (2007). Bushy or smooth, high or low; importance of habitat architecture and vertical position for distribution of fauna on kelp. *J. Sea Res.* 58, 198-208.

Christie, H., Norderhaug, K.M., Fredriksen, S. (2009). Macrophytes as habitat for fauna. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 396, 221-233.

Cousens, R. (1981). Variation in annual production by *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis with degree of exposure to wave action. In *Proceedings-International Seaweed Symposium*.

Dalby, D. (1980). Monitoring and Exposure Scales. *The Shore Environment: Methods*, (17), 117.

Dangeard, P. (1949). Les algues marines de la côte occidentale du Maroc. *Le botaniste*, 34(1-6), 89-189.

Dayton, P. K. (1985). Ecology of kelp communities. *Annual review of ecology and systematics*, 16(1), 215-245.

Dommasnes, A. (1968). Variations in the meiofauna of *Corallina officinalis* L. with wave exposure. *Sarsia*, 34(1), 117-124.

EC. (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the Council of 23 October 2000 Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy. Legislative Acts and Other Instruments, ENV221 CODEC 513, European Union.

EC. (2008). Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive). *Official Journal of the European Union*, 164, 19-40.

Eckman, J. E., Duggins, D. O., & Sewell, A. T. (1989). Ecology of under story kelp environments. I. Effects of kelps on flow and particle transport near the bottom. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 129(2), 173-187.

Edgar, G. J. (1983). The ecology of south-east Tasmanian phytal animal communities. IV. Factors affecting the distribution of amphitoid amphipods among algae. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 70(3), 205-225.

Edgar, G. J., & Moore, P. G. (1986). Macro-algae as habitats for motile macrofauna.

Mar Albina Cirac Rodriguez
Facultat de Ciències

- Elnor, R.W., Vadas Sr., R.L. (1990). Inference in ecology: the sea urchin phenomenon in the Northwestern Atlantic. *Am. Nat.* 136, 108–125.
- Feldmann, J. (1937). Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée. La côte des Albères. *Revue Algologique* 10, 73–254.
- Ferreiro, N., Giorgi, A., Feijoo, C. (2013). Effects of macrophyte architecture and leaf shape complexity on structural parameters of the epiphytic algal community in a Pampean stream. *Aquat. Ecol.* 47, 389–401.
- Gerard, V. A., & Mann, K. H. (1979). Growth and production of *Laminaria longicruris* (Phaeophyta) populations exposed to different intensities of water movement 1. *Journal of Phycology*, 15(1), 33-41.
- Giaccone, G. (1973). Écologie et chorologie des *Cystoseira* de Méditerranée. *Rapports de la Communauté Internationale de la Mer Méditerranée* 22, 49–50.
- Gil, J. C. F. (2011). The european fauna of Annelida Polychaeta.
- Hauser, A., Attrill, M.J., Cotton, P.A. (2006). Effects of habitat complexity on the diversity and abundance of macrofauna colonising artificial kelp holdfasts. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 325, 93–100.
- Jimeno, A. (1993). *Contribución al estudio de los anfípodos de las costas mediterráneas catalanas* (Doctoral dissertation, Ph. D. Thesis. Universidad de Barcelona. Barcelona, Spain: 573 pp).
- Johnson, S.C., Scheibling, R.E. (1987). Structure and dynamics of epifaunal assemblages on intertidal macroalgae *Ascophyllum nodosum* and *Fucus vesiculosus* in Nova Scotia, Canada. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 37, 209–277.
- Jones, C. G., Lawton, J. H., & Shachak, M. (1994). Organisms as ecosystem engineers. In *Ecosystem management* (pp. 130-147). Springer, New York, NY.
- Jørgensen, N.M., Christie, H. (2003). Diurnal, horizontal and vertical dispersal of kelp associated fauna. *Hydrobiologia* 503, 69–76.
- Kavanaugh, M.T., Nielsen, K.J., Chan, F.T., Menge, B.A., Letelier, R.M., Goodrich, L.M. (2009). Experimental assessment of the effects of shade on an intertidal kelp: do phytoplankton blooms inhibit growth of open coast macroalgae? *Limnol. Oceanogr.* 54, 276–288.
- Khailov, K. M., & Firsov, Y. K. (1976). The relationships between weight, length, age and intensity of photosynthesis and organotrophy in the thallus of *Cystoseira barbata* from the Black Sea. *Botanica Marina*, 19(6), 329-334.
- Kruskal, J. B. (1964). nonMetric Multidimensional scaling - a numerical method. *Psychometrika*, 29, 115-129.
- Leigh, E. G., Paine, R. T., Quinn, J. F., & Suchanek, T. H. (1987). Wave energy and intertidal productivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 84(5), 1314-1318.
- Lilley, S. A., & Schiel, D. R. (2006). Community effects following the deletion of a habitat-forming alga from rocky marine shores. *Oecologia*, 148(4), 672-681.
- MacNeil, C., Dick, J.T., Elwood, R.W. (1999). The dynamics of predation on *Gammarus* spp. (Crustacea: Amphipoda). *Biol. Rev.* 74 (4), 375e395.
- McAbendroth, L., Ramsay, P.M., Foggo, A., Rundle, S.D., Bilton, D.T. (2005). Does macrophyte fractal complexity drive invertebrate diversity, biomass and body size distributions? *Oikos* 111, 279–290.
- McCune, B., & Grace, J. B. (2002). Analysis of ecological communities—MjM Software. *Gleneden Beach, Oregon, USA*.
- Moore, P. G. (1986). Levels of heterogeneity and the amphipod fauna of kelp holdfasts. *The Ecology of Rocky Coasts. Columbia University Press, New York*, 274, 290.

Mar Albina Cirac Rodriguez
Facultat de Ciències

- Morse, D.R., Lawton, J.H., Dodson, M.M., Williamson, M.H. (1985). Fractal dimension of vegetation and the distribution of arthropod body lengths. *Nature* 314, 731e733.
- Munda, I. M. (1993). Changes and degradation of seaweed stands in the Northern Adriatic. *Hydrobiologia*, 260(1), 239-253.
- Naegele, E. i Naegele, A. (1961). Les Algues. Press. Univ. France. Paris.
- Norderhaug, K. M. (2004). Use of red algae as hosts by kelp-associated amphipods. *Marine Biology*, 144(2), 225-230.
- Norderhaug, K.M., Christie, H., Fosså, J.H., Fredriksen, S. (2005). Fishmacrofauna interactions in a kelp (*Laminaria hyperborea*) forest. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 85 (05).
- Norderhaug, K.M., Christie, H.C., Rinde, E., Gundersen, H., Bekkby, T. (2014). Importance of wave and current exposure to fauna communities in *Laminaria hyperborea* kelp forest. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 502, 295e301.
- Orth, R. J., & Van Montfrans, J. (1984). Epiphyte-seagrass relationships with an emphasis on the role of micrograzing: a review. *Aquatic Botany*, 18(1-2), 43-69.
- Perkol-Finkel, S., & Airoidi, L. (2010). Loss and recovery potential of marine habitats: an experimental study of factors maintaining resilience in subtidal algal forests at the Adriatic Sea. *PLoS one*, 5(5), e10791.
- Riedl, R. (1986). Fauna y flora del mar Mediterráneo. *Omega, Barcelona*, 858.
- Roberts, M. (1978). Active speciation in the taxonomy of the genus *Cystoseira* C. Ag. *Modern approaches to the taxonomy of red and brown algae*. *Academic Press, London*, 399-422.
- Robertson, A. I., & Mann, K. H. (1982). Population dynamics and life history adaptations of *Littorina neglecta* Bean in an eelgrass meadow (*Zostera marina* L.) in Nova Scotia. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 63(2), 151-171.
- Rodríguez-Prieto, C. (1992). Estudi de l'estructura, la dinàmica i la fenologia de la comunitat de *Cystoseira mediterranea* Sauvageau: la importància de las minves d'hivern. PhD Tesis. Universitat Autònoma de Barcelona. 187 pp.
- Rodríguez-Prieto, C., Ballesteros, E., Boisset, F., & Afonso-Carrillo, J. (2013). Guía de las macroalgas y fanerógamas marinas del Mediterráneo occidental. *Omega, Barcelona*.
- Rönnbäck, P., Kautsky, N., Pihl, L., Troell, M., Söderqvist, T., Wennhage, H. (2007). Ecosystem goods and services from Swedish coastal habitats: identification, valuation, and implications of ecosystem shifts. *Ambio* 36, 534–544.
- Rosman, J. H., Koseff, J. R., Monismith, S. G., & Grover, J. (2007). A field investigation into the effects of a kelp forest (*Macrocystis pyrifera*) on coastal hydrodynamics and transport. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 112(C2).
- Ruffo, S., Bellan-Santini, D., Karaman, G., Krapp-Schickel, G., & Ledoyer, M. (1993). *The Amphipoda of the Mediterranean*.
- Sánchez-Moyano, J. E. (1996). *Variación espacio-temporal en la composición de las comunidades animales asociadas a macroalgas como respuestas a cambios en el medio: implicaciones en la caracterización ambiental de las áreas costeras* (Doctoral dissertation, Universidad de Sevilla).
- Sánchez-Moyano, J. E., & García-Gómez, J. C. (1998). The arthropod community, especially Crustacea, as a bioindicator in Algeiras Bay (Southern Spain) based on a spatial distribution. *Journal of Coastal research*, 14(3).
- Sánchez-Moyano, J. E., García-Adiego, E. M., Estacio, F. J., & García-Gómez, J. C. (2000). Effect of environmental factors on the spatial distribution of the epifauna of the alga *Halopteris scoparia* in Algeiras Bay, Southern Spain. *Aquatic Ecology*, 34(4), 355-367.

- Sales, M., & Ballesteros, E. (2010). Long-term comparison of algal assemblages dominated by *Cystoseira crinita* (Fucales, Heterokontophyta) from Cap Corse (Corsica, North Western Mediterranean). *European Journal of Phycology*, 45(4), 404-412.
- Sales, M., Cebrian, E., Tomas, F., & Ballesteros, E. (2011). Pollution impacts and recovery potential in three species of the genus *Cystoseira* (Fucales, Heterokontophyta). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 92(3), 347-357.
- Sardá, R. (1985). Estudio sobre la fauna de anélidos políquetos de las zonas mediolitoral e infralitoral, en la región del Estrecho de Gibraltar. Universitat de Barcelona.
- Sauvageau, C. (1912). À propos des *Cystoseira* de Banyuls et de Guéthary. Bulletin de la Station Biologique d'Arcachon 14, 133-556.
- Schiel, D. R., & Foster, M. S. (2006). The population biology of large brown seaweeds: ecological consequences of multiphase life histories in dynamic coastal environments. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 37, 343-372.
- Schiel, D. R., & Lilley, S. A. (2011). Impacts and negative feedbacks in community recovery over eight years following removal of habitat-forming macroalgae. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 407(1), 108-115.x
- Schneider, F. I., & Mann, K. H. (1991). Species specific relationships of invertebrates to vegetation in a seagrass bed. II. Experiments on the importance of macrophyte shape, epiphyte cover and predation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 145(1), 119-139.
- Sotelo-Casas, R. C., Cupul-Magaña, A. L., & Rodríguez-Troncoso, A. P. (2014). Primer registro del género *Clunio* (Diptera: Chironomidae) asociado a las comunidades coralinas de islas Marietas, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85(1), 14-23.
- Steneck, R.S., Graham, M.H., Bourque, B.J., Corbett, D.J., Erlandson, J.M., Estes, J.A., Tegner, M.J. (2002). Kelp forest ecosystems: biodiversity, stability, resilience and future. *Environmental Conservation* 29, 436-459.
- Taskin, E., Jahn, R., Öztürk, M., Furnari, G., Cormaci, M. (2012). The Mediterranean *Cystoseira* (with photographs). Celar Bayar Univ. Publ., Manisa, Turkey
- Torres, A. C., Veiga, P., Rubal, M., & Sousa-Pinto, I. (2015). The role of annual macroalgal morphology in driving its epifaunal assemblages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 464, 96-106.
- Wernberg, T., Kendrick, G. A., & Toohey, B. D. (2005). Modification of the physical environment by an *Ecklonia radiata* (Laminariales) canopy and implications for associated foliose algae. *Aquatic Ecology*, 39(4), 419-430.
- Williams, D. D., & Hamm, T. (2002). Insect community organisation in estuaries: the role of the physical environment. *Ecography*, 25(3), 372-384.