

Biodiversity seasonal patterns of marine benthic habitats of the Portuguese coast.

Estudiant: Marina del Olmo Arjona

Grau en: Biologia

Correu electrònic: delolmomarina@gmail.com

Tutor: Emma Cebrian

Cotutor*: Catarina Vinagre

Empresa / institució: MARE – Marine and Environmental Sciences Centre.

Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal.

Vistiplau tutor (i cotutor*):

Nom del tutor: Emma Cebrian

Nom del cotutor*: Catarina Vinagre

Empresa / institució: MARE - Marine and Environmental Sciences Centre.

Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal

Correu(s) electrònic(s): cmvinagre@fc.ul.pt; emma.cebrian@udg.edu

*si hi ha un cotutor assignat

Data de dipòsit de la memòria a secretaria de coordinació: 26/5/2017

Biodiversity seasonal patterns of marine benthic habitats of the Portuguese coast

Resum

La zona intermareal de les costes temperades portugueses és un hàbitat ric en espècies i amb comunitats complexes, producte d'una convergència de factors físics -com l'efecte de les onades i marees- i biològics -interaccions entre individus i entre individus i ambient- que fan d'aquestes comunitats intermareals un ecosistema característic de gran valor ecològic i d'interès científic.

El present estudi pretén estudiar les variacions estacionals de la biodiversitat en dues zones diferents de la platja de Cabo Raso, situada a Cascais (Portugal), aquestes són: Cabo Raso 1 i Cabo Raso 2 (figura 1). Per a tal objectiu es van recollir mostres d'un transecte de tretze metres a totes dues platges i es va fer un comptatge, mesura i identificació dels individus i algues presents a les mostres. Sobre les dades obtingudes es van calcular els índex de diversitat de Margalef, Pielou, Fisher, Brillouin, Shannon-Wiener, Simpson, Hill i índex de rarefacció, juntament amb la riquesa d'espècies i el nombre d'individus, utilitzant el software PRIMER 6. Es van calcular les abundàncies relatives de les espècies d'individus a cada estació de l'any i a cada platja per tal de determinar les espècies de macroinvertebrats i algues més abundants.

Els resultats dels índex van mostrar patrons de diversitat estacionals a totes dues zones, amb una màxima biodiversitat a l'estiu a Cabo Raso 1 i 2 i una mínima biodiversitat durant la tardor i primavera a la zona de Cabo Raso 1 i Cabo Raso 2 respectivament. Els valors de biodiversitat van ser majors a Cabo Raso 1. Les espècies de macroinvertebrats dominants a Cabo Raso 1 van ser *Mytilus Galloprovincialis*, *Rissoidea* sp. *Fabricia sterallii* i *M. Galloprovincialis* a la tardor, hivern, primavera i estiu respectivament. *Corallina elongata* es va mostrar com l'espècie d'alga més abundant a Cabo Raso 1. A Cabo Raso 2 es va trobar *Melarphaphe neritoides*, *M. Galloprovincialis*, *Cthamallus* sp. i *Chironomidae* com espècies majoritàries en les estacions de l'any tardor, hivern, primavera i estiu respectivament. Les espècies majoritàries de macroalgues a Cabo Raso 2 van ser *Fucus spiralis* a la tardor i a l'hivern, *Codium* sp. durant la primavera i *Corallina elongata* a l'estiu.

La realització d'aquest estudi ha permès conèixer la diversitat estacional de dues zones diferents d'una platja característica de la zona intermareal, paral·lelament amb la caracterització de la comunitat de macroinvertebrats i algues durant les quatre estacions de l'any.

Resumen

La zona intermareal de las costas templadas portuguesas es un hábitat rico en especies y con comunidades complejas, producto de una convergencia de factores físicos -como el efecto de las olas y mareas- y biológicos -Interacciones entre individuos y entre individuos y ambiente - que hacen de estas comunidades intermareales un ecosistema característico de gran valor ecológico y de interés científico.

El presente estudio pretende estudiar las variaciones estacionales de la biodiversidad de dos zonas diferentes de la playa de Cabo Raso, situada en Cascais (Portugal), estas zonas son: Cabo Raso 1 y Cabo Raso 2 (figura 1). Para tal objetivo se recogieron muestras de un transecto de trece metros en ambos lugares y se hizo un conteo, medida e identificación de los individuos y algas presentes en las muestras. Sobre los datos obtenidos se calcularon los índices de diversidad de Margalef, Pielou, Fisher, Brillouin, Shannon-Wiener, Simpson, Hill e índice de rarefacción, junto con la riqueza de especies y el número de individuos, utilizando el software PRIMER 6. Se calcularon las abundancias relativas de las especies de individuos en cada estación del año y en cada playa para conocer las especies de macroinvertebrados y algas más abundantes.

Los resultados de los índices mostraron patrones de diversidad estacionales en ambas zonas, con una máxima biodiversidad en verano en Cabo Raso 1 y 2 y una mínima biodiversidad durante el otoño y primavera en el área de Cabo Raso 1 y Cabo Raso 2 respectivamente. Los valores de biodiversidad fueron mayores en Cabo Raso 1. Las especies de macroinvertebrados dominantes en Cabo Raso 1 fueron *Mytilus galloprovincialis*, *Rissoidae* sp. *Fabricia sterallis* y *M. galloprovincialis* en otoño, invierno, primavera y verano respectivamente. *Corallina elongata* se mostró como la especie de alga más abundado en Cabo Raso 1. A Cabo Raso 2 se encontró *Melarphaphe neritoides*, *M. galloprovincialis*, *Cthamallus* sp. y *Chironomidae* como especies mayoritarias en las estaciones del año otoño, invierno, primavera y verano respectivamente. Las especies mayoritarias de macroalgas en Cabo Raso 2 fueron *Fucus spiralis* en otoño y en invierno, *Codium* sp durante la primavera y *Corallina elongata* en verano.

La realización de este estudio ha permitido conocer la diversidad estacional de dos áreas diferentes de una playa característica de la zona intermareal, paralelamente con la caracterización de la comunidad de macroinvertebrados y algas durante las cuatro estaciones del año.

Abstract

The intertidal zone of the temperate Portuguese coasts is a species rich habitat with complex communities, which is a product of a convergence of physical factors - such as the effect of waves and tides - and biological- interactions between individuals and between individuals and environment - that make these intertidal communities a characteristic ecosystem of great ecological value and of scientific interest.

The present study aims to study the seasonal variations of biodiversity in two different areas located in the beach of Cabo Raso, in Cascais (Portugal). These are: Cabo Raso 1 and Cabo Raso 2 (figure 1). For this purpose, samples of a transept of thirteen meters were collected on both places and a counting, measurement and identification of the individuals and algae present in the samples was done. Based on the data obtained, the diversity indexes of Margalef, Pielou, Fisher, Brillouin, Shannon-Wiener, Simpson, Hill and rarefaction index were calculated along with species richness and number of individuals using PRIMER 6 software. The relative abundances of the species of individuals in each season of the year and in each area were also calculated in order to determine the most abundant species of macroinvertebrates and algae.

The results of the indexes showed seasonal diversity patterns in both areas, with maximum biodiversity in summer for Cabo Raso 1 and 2 and minimum biodiversity during autumn and spring on the area of Cabo Raso 1 and Cabo Raso 2 respectively. Biodiversity values were higher in Cabo Raso 1. The dominant macroinvertebrate species at Cabo Raso 1 were *Mytilus galloprovincialis*, *Rissoidea* sp. *Fabricia sterallis* and *M. galloprovincialis* in autumn, winter, spring and summer, respectively. *Corallina elongata* was shown as the most abundant species of algae in Cabo Raso 1. At Cabo Raso 2, *Melarphaphe neritoides*, *M. galloprovincialis*, *Cthamalus* sp. and *Chironomidae* were found as major species in the seasons of autumn, winter, spring and summer respectively. The majority species of macroalgae in Cabo Raso 2 were *Fucus spiralis* in autumn and winter, *Codium* sp during spring and *Corallina elongata* in summer.

The realization of this study acknowledge the seasonal diversity of two characteristic areas within a characteristic beach of the intertidal zone, in parallel with the characterization of the community of macroinvertebrates and algae during the four seasons.

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	6
1.1 Les costes temperades	6
1.2 Patrons de distribució de biodiversitat en les costes temperades	7
1.3 Contextualització del treball	9
2. OBJECTIVES.....	10
3. METODOLOGIA.....	11
3.1 Zona d'estudi i mostreig.....	11
3.2 Materials i mètodes.....	11
3.2.1. índex de biodiversitat.....	12
4. RESULTATS.....	14
Cabo Raso 1	15
Cabo Raso 2	17
5. DISCUSSIÓ	19
5.1. Aspectes ètics i sostenibles	22
6. CONCLUSIONS	23
7. BIBLIOGRAFIA	24

1. INTRODUCCIÓ

1.1 Les costes temperades

Les costes portugueses són àrees majoritàriament rocoses i que es troben sotmeses a una constant erosió promoguda principalment per les onades i les mareas, el que comporta un paisatge abrupte amb gran abundància de penya-segats i grans formacions emergent de roques.

Dins de les costes temperades s'observa una zona intermareal, que és la zona que es troba compresa entre el punt més elevat i més baix on arriba la marea. Aquesta zona es troba sotmesa a una constant erosió originada per les mareas, que combinat amb altres factors - com el vent, llum de sol, onades, pluges- originen uns ambient heterogenis característics que alberguen varietat de formes de vida que afavoreixen una gran biodiversitat (Underwood, 1981; Ballesteros, 1995; Thompson et al., 2002; Araújo, Bárbara, Sousa-Pinto, & Quintino, 2005), en contrast amb les platges de sorra, que són ambients més homogenis (Nybakken, 1988; Santos, 2008).

Tal com s'esmenta anteriorment, el relleu d'aquesta zona intermareal és rocós i està caracteritzat per presència de platges rocoses amb abundància de basses. Les basses són forats o depressions rocoses de diferents mides on l'aigua hi queda retinguda quan la marea recula, i que són formades per l'erosió que l'aigua de mar provoca a les roques menys resistents. Les condicions ambientals d'aquestes basses difereixen de l'ambient rocós que les envolta, ja que aquestes no es troben sotmeses als cicles de emersió y submersió constants de les mareas (Metaxas and Scheibling 1993; Bertocci et al., 2012).

Tenir una elevada biodiversitat és un factor clau en qualsevol tipus d'ecosistemes. Aquelles comunitats que tinguin un major nombre d'espècies tindran una major resiliència, és a dir, seran més resistents alhora de fer front a certes perturbacions -que poden ser degut a causes antropològiques o naturals- que comporten una situació d'estrès en l'ecosistema i que en última instància acaben amb una disminució de la biodiversitat. L'elevada biodiversitat de les zones intermareals promou que aquestes zones tinguin una major garantia biològica contra la pèrdua o la falta d'espècies en l'ecosistema (Naeem & Li, 1997) quant aquest pateix perturbacions de tot tipus. És per això que les costes rocoses es consideren de gran valor ecològic ja que proporcionen, apart d'una gran biodiversitat, beneficis i serveis a l'ecosistema que inclouen producció primària, biofiltració, zones de cria per a les diferents espècies de peixos, activitats recreatives i turístiques, etc (Seitz et al., 2013; Galparsoro et al., 2014; Vinagre et al., 2016). A més a més, aquesta franja litoral és de fàcil accés i està composta principalment per organismes sèssils o poc mòbils i amb temps de generacions curts, el que facilita el seu estudi i la seva caracterització. (Reichert et al., 2008; Estes et al., 2000; Santos, 2008).

1.2 Patrons de distribució de biodiversitat en les costes temperades

La distribució d'aquesta biodiversitat esmentada anteriorment es troba majoritàriament distribuïda al llarg d'un eix vertical segons el gradient de emersió o dessecació en les zones intermareals. Aquest gradient està directament relacionat amb les mareas. Conseqüentment, es descriuen tres àrees amb característiques concretes i que en general contenen diferents tipus d'organismes, aquestes són: zones de marea superior, zones de marea intermèdies i zones de marea inferiors (Araújo et al., 2005). L'efecte de les onades, per altra banda, origina que la majoria dels individus presents en aquest tipus de costes siguin sèssils per tal de mantenir-se fixos al substrat (veure Mendonça, 2012).

Les zones de marea alta es troben inundades durant els períodes de marea alta i els organismes que hi viuen es troben ben adaptats a aquestes condicions. La biota característica d'aquesta zona, doncs, és capaç de resistir llargs períodes de temps exposada a l'aire lliure amb períodes de sequera i elevades temperatures.

Les zones intermareals es troben compreses entre els límits superiors i inferiors on arriba la marea: quan hi ha marea, les zones intermareals es troben cobertes d'aigua. Els organismes en aquesta zona es troben fisiològicament adaptats a canvis constants en l'ambient, ja que l'efecte de la marea provoca períodes alternats de dessecació en la zona i els individus presents es veuen sotmesos a canvis constants en la salinitat, temperatura, etc. (Moreno T; Rocha R, 2012).

Les zones de marea baixa es troben normalment submergides, només quedant descobertes quan la marea és extremadament baixa. Els organismes que viuen en aquesta zona, al contrari dels que habiten les zones de marea alta, no es troben ben adaptats a llargs períodes exposats a l'aire lliure ni a temperatures altes, ja que aquest hàbitat es caracteritza per estar més temps submergit en l'aigua.

Alguns exemples d'organismes més comuns que es poden trobar en aquesta distribució vertical són: líquens incrustants i gasteròpodes a les zones de riberes altes; a les zones intermèdies els organismes més comuns són filtradors sèssils com *Patella* sp., *Chtamallus* sp. i *Mytilus* sp. juntament amb presència d'algues marrons. En quant a les zones més inferiors, es troba una major presència d'algues com per exemple *Laminaria* sp. (Araújo et al., 2005).

Els patrons generals de distribució o de zonació de la diversitat i abundància dels organismes ens els substrats rocosos intermareals són semblants universalment i ocupen posicions similars al llarg del perfil vertical de la platja. A mesura que ens acostem a les zones de marea baixa hi ha un increment de la riquesa d'espècies, la biodiversitat i la biomassa, tal com es va observar a les costes Pacífiques del Panamà (Menge and Branch G, 2000).

Es pot trobar una heterogeneïtat en la distribució de les espècies a una escala inferior. No només hi ha una distribució vertical de les espècies, sinó que també la composició de les espècies dins de la mateixa zona de marea pot variar (Araújo et al., 2005). Aquest tipus de variació és un tret comú en els hàbitats intermareals, específicament en les zones de marea baixa, on es poden trobar aquest mosaics d'espècies que coexisteixen entre si i que cada un d'ells es troba dominat per una espècie en particular.

Un factor important alhora de caracteritzar l'estructura de la comunitat a petita escala distribució de la biodiversitat al llarg d'un eix horitzontal- és el substrat, de manera que una major complexitat de substrat redueix l'estrès causat per la marea baixa en les comunitats intermareals (Thompson et al., 1996; Araújo et al., 2005). Alguns anèlids, com *Sabellaria* sp. són capaços de remodelar el substrat (Coolen et al., 2015) construint petits tubs de sorra que permeten el seu refugi i el d'altres espècies, el que origina una major complexitat en l'ecosistema i una major adaptació a l'estrès. Les algues, apart d'aportar oxigen i nutrients, també juguen un paper important, ja que la seva absència pot comportar que hi hagi més espai lliure per a altres espècies, augmentant així la diversitat, o que per contra hi hagi una dominància de només unes quantes espècies oportunistes, obtenint així una disminució en la biodiversitat (Bertocci et al., 2010). Per altra banda, una cobertura d'algues en les comunitats intermareals pot contribuir a un augment de la diversitat d'aquestes, ja que degut a les seves característiques morfològiques, les algues poden servir d'hàbitat per a moltes espècies de macroinvertebrats. Algunes espècies d'algues intermareals i altres macroinvertebrats com *Sabellaria* sp. són exemple d'espècies enginyeres. Les espècies enginyeres són aquelles que creen hàbitats produint un canvi en les condicions ambientals degut a la seva presència, que directa o indirectament modifiquen les condicions físiques i biològiques (Wright, J.P.; Jones, C.G.; & Flecker, 2002).

Araújo et al., (2005) cita que altres factors s'han de tenir en comte quan es parla de la diversitat de les costes intermareals. Les interaccions biològiques, per tant, seria un altre dels factors amb important rellevància en quant a la caracterització dels ecosistemes intermareals. La competició, l'hervivorisme, la depredació, el reclutament, etc. són alguns exemples d'interaccions biològiques entre els individus de les comunitats (Menge i Branch G, 2000).

La competició està molt relacionada amb l'espai en les comunitats rocoses intermareals, ja que aquest és el recurs més explotat pels organismes sèssils (Menge i Branch G, 2000). L'hervivorisme també pot afectar la diversitat, ja que moltes espècies s'alimenten d'algues, com és el cas de *Littorina littorea*, que s'alimenta de *Enteromorpha*. Experiments fets per Lubchenco (1978) a les basses de costes rocoses de Massachussets, van mostrar que les elevades densitats del mol·lusc gasteròpode *L. littorea* provocaven una disminució dràstica de *Enteromorpha* degut a que aquest incorporava aquesta alga a la seva dieta (Lubchenco, 1978; Menge i Branch G, 2000). Les larves tenen un efecte en la dinàmica de la població ja que aquestes supleixen amb nous individus les comunitats bentòniques (Menge i Branch G, 2000); tot i així, aquesta nova incorporació d'individus a les comunitats pot estar condicionada per molts altres processos i no sempre hi ha una correlació directa entre els nous individus juvenils i els individus adults (Coe 1956; Loosanoff 1964, 1966; Underwood and Keough, 2000).

Sobre la biodiversitat estacional de les costes rocoses temperades, Dias et al. (2002) cita que l'efecte de les fortes tempestes a l'hivern i l'activitat humana a l'estiu –petjades, banyistes, etc- té un impacte en l'estructuració de la biodiversitat de les formacions rocoses de les costes temperades. La variació dels recursos i les condicions ambientals en les diferents èpoques de l'any dona lloc a una variació en l'ensamblatge de la comunitat, ja que els individus que la formen es veuen sotmesos a canvis estacionals de temperatura, salinitat, etc. La dominància de certes espècies en una determinada època de l'any també provoca una major competició,

com és el cas de l'alga vermella *Bifurcaria bifurcata*, que disminueix la seva abundància a l'estiu degut a l'alga invasiva *Sargassum muticum* (Viejo 1997; Sánchez et al. 2005; Bertocci et al., 2012).

La importància relativa dels factors físics -com l'altura de les mareas- i la variabilitat espacial a petita escala depèn de la magnitud d'aquests. En el cas del mar Mediterrani, per exemple, només la variació de les característiques de l'hàbitat és un factor a tenir en compte a l'hora de caracteritzar les comunitats litorals, ja que no hi ha mareas o aquestes són mínimes. (Benedetti-Cecchi, 2001).

1.3 Contextualització del treball

Aquest treball forma part d'un projecte de doctorat que estudia la biodiversitat i la estacionalitat de quatre platges diferents de Portugal: Cabo Raso i Raio Verde (situades a Cascais); Paimogo i Peralta (situades a Lourinhã). De cada platja es vol estudiar la biodiversitat estacional en tres transectes i en quatre basses rocoses. Paral·lelament, el projecte pretén comparar la biodiversitat estacional de les costes temperades portugueses amb la de les costes tropicals de Brasil. Les platges tropicals mostrejades al Brasil són la platja de Flecheiras i Guaijiru, totes dues situades a la zona de Ceará.

2. OBJECTIVES

The main goal of this project is to know the seasonal patterns of the biodiversity in a transect of two different areas in the shore of Cabo Raso –Cabo Raso 1 and Cabo Raso 2- of a temperate coast in Portugal, situated in the area of Cascais. In order to achieve this objective, the steps mentioned below were followed:

- Previous separation of algae and macroinvertebrates present in the samples.
- Identification, counting and weighting of the algae present in the samples.
- Identification, counting, weighting and measurement of the macroinvertebrates present in the samples.
- Registration of species of algae and macroinvertebrates of the samples.
- Use of different biological indices: Margalef, Pielou's richness, Fisher, Brillouin, Shannon–Wiener, Simpson, Hill and rarefaction index, to find out the seasonal pattern of biodiversity in Cabo Raso.

As a secondary objective, the relative percentage of the macroinvertebrates in the two sampled areas was also calculated for every season in order to see the most abundant species, along with an estimate of the percentage coverage of the species of algae for comparative discussions.

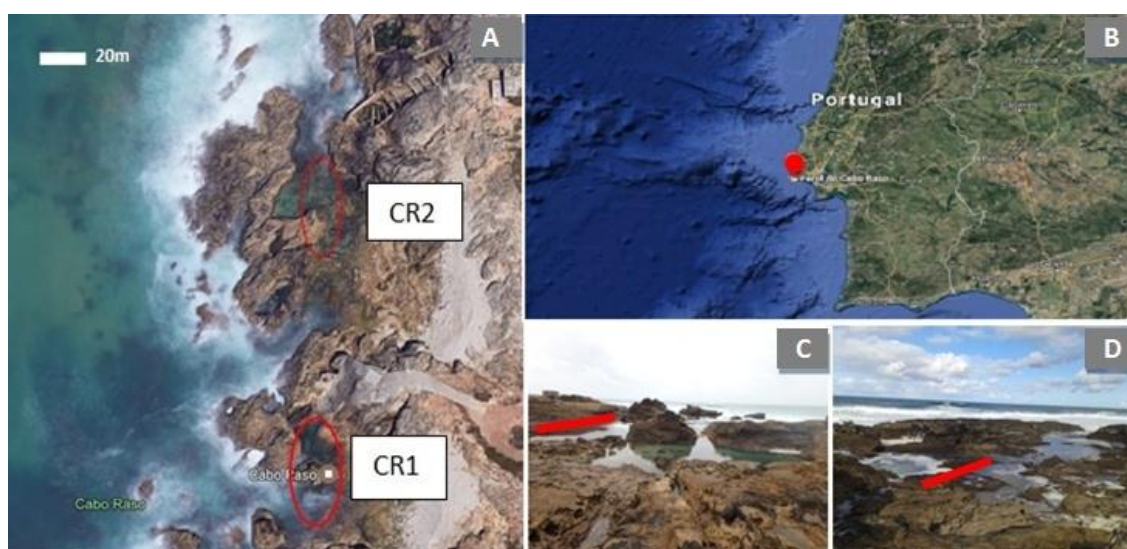
3. METODOLOGIA

3.1 Zona d'estudi i mostreig

Es va observar els patrons de biodiversitat de dues àrees diferents de la platja de Cabo Raso, situada a la zona de Cascais (Portugal), sent aquestes Cabo Raso 1 (CR1) i Cabo Raso 2 (CR2) i localitzades en la zona intermareal, amb coordenades geogràfiques: 38° 42' 0" Nord, 9° 29' 0" Oest.

Cada una de les dues zones d'estudi va ser limitada per tres transsectes -T1, T2, T3- de 13 metres de longitud i per a cada metre es va raspar homogèniament un quadrat de 154cm² de superfície. Fotografies de cada quadrat raspat van ser preses per a facilitar el posterior comptatge d'algues al laboratori. Per a cada platja es va recollir tretze quadrats en les èpoques d'estiu, tardor, hivern i primavera durant l'any 2016, obtenint un total de 78 mostres que van ser conservades en bosses de plàstic amb etanol al 70% per a la seva posterior observació.

Imatge 1: Punts exactes dels transsectes Cabo Raso 1 (CB1) i Cabo Raso 2 (CB2); Imatge B: Localització de les dues platges a la Península Ibèrica; Imatge C: Transsecte de Cabo Raso 1; Imatge D: Transsecte de Cabo Raso 2.



3.2 Materials i mètodes

De les 78 mostres totals preses a les dues zones es van observar vint-i-vuit, les quals pertanyien als metres parells -0m, 2m, 4m, 6m, 8m, 10m- de cada transsecte T1 de les dues zones mostrejades -CR1-T1 i CR2-T1-. Durant l'observació d'aquestes al laboratori es va utilitzar una lupa Nikon per a la triatge i una Leica Mz 125 per a la identificació. Les mostres eren rentades prèviament amb aigua per a la seva posterior observació; en el rentatge es va utilitzar un filtre Retsch test sieve amb una malla de 500 µm i cos 200mm x 50mm per a tal de descartar les restes de sediment i altres cossos aliens al material d'interès. Les algues i els macroinvertebrats van ser separats en pots diferents i conservats en alcohol 70% per a la seva posterior identificació; en la identificació de macroinvertebrats i algues es va fer us de guies

amb fotografies dels macroinvertebrats i de les algues més presents a la zona. («Caprellidae», s.d.; «Cnidaria Ascidiacea Porifera Polychaeta Mollusca», s.d., «Polychaeta», s.d.) (P. Vinagre, s.d.).

Per al comptatge de macroinvertebrats es va utilitzar un comptador Milky Wai i per a la mesura de la seva longitud i pes es va utilitzar un peu de rei digital 0-100mm i una balança Mini Digital Pocket Scalem DS-22.

Per a la identificació de les algues es va utilitzar les guies esmentades anteriorment. Seguidament es va mesurar el seu volum, pes i el tant per cent de cobertura. Per al tant per cent de cobertura de cada espècie d'alga, es van mirar les fotografies preses dels quadrats al llarg dels transectes i es va extreure una mesura aproximada del percentatge.

3.2.1. índex de biodiversitat

Els diferents índex de diversitat univariants usats en aquest treball són Margalef, Pielou, Fisher, Brillouin, Shannon – Wiener, Simpson, Hill i índex de rarefacció. També es va calcular la riquesa d'espècies i el nombre d'individus.

Taula 1: Taula dels diferents índex de diversitat utilitzats.

ÍNDEX	REFERÈNCIA	FÒRMULA
Shannon-Wiener	Ludwig,J;Reynolds, J (1988).	$H' = - \sum p_i \log_2 p_i$
Brillouin	(Heip & Engels, 1974)	$HB = \frac{1}{N} \log \frac{N!}{\prod N_i!}$
Simpson	Ludwig,J;Reynolds, J (1988).	$1 - \lambda = 1 - \sum \frac{[N_i (N_i - 1)]}{[N (N - 1)]}$
Margalef	Ludwig,J;Reynolds, J (1988).	$d = \frac{(S-1)}{\ln N}$
Riquesa de Pielou	(Heip & Engels, 1974)	$J' = \frac{H'}{\log_2 S}$
Fisher	Fisher (1943)	α
Hill	Ludwig,J;Reynolds, J (1988).	$N1 = e^{H'}$
Índex de rarefacció	(Colwell, s.d.)	ES(1000)

p_i és la proporció d'individus que pertanyen a l'espècie i en la mostra.

N és el nombre d'individus en una mostra i N_i és el nombre d'individus de l'espècie i .

S és el numero d'espècies a la mostra, també es pot anomenar riquesa d'espècies.

α és la biodiversitat.

H' és l'índex de biodiversitat de Shannon-Wiever.

L'índex de Margalef relaciona la riquesa d'espècies d'una mostra amb el nombre d'individus d'aquesta.

L'índex de Brillouin s'usa preferiblement que l'índex de Shannon-Wiener quan les mostres no són del tot aleatòries.

L'índex de Simpson mesura la probabilitat de trobar dos individus d'espècies diferents en la mateixa mostra.

L'índex de Shannon-Wiener es pot considerar com una mesura de la incertesa a l'hora de predir l'espècie al qual pertanyerà un individu seleccionat a l'atzar d'una mostra amb S espècies i N individus. Un valor de $H'=0$ representaria una situació on la mostra té només una espècie i per tant el nivell d'incertesa és mínim; per contra, quan el valor de H' és màxim la comunitat té una distribució de les abundàncies molt homogènia.

Els números de diversitat de Hill són tres – N_0 , N_1 , N_2 –, tenen unitats de nombre d'espècies i mesuren el nombre efectiu d'espècies presents en una mostra. Aquest nombre efectiu d'espècies és el grau en què les abundàncies proporcionals es troben distribuïdes entre les diferents espècies. En aquest estudi s'usa N_1 , que mesura el nombre d'espècies abundants en la mostra.

L'índex de Fisher relaciona el nombre d'espècies amb el número d'individus de cada una d'aquestes.

L'índex de Pielou relaciona la diversitat de Shannon (H') d'una mostra amb el valor màxim de H' que s'obté quan totes les espècies es troben homogèniament distribuïdes amb un individu per espècie.

Els índex de rarefacció s'utilitzen per a predir el número d'espècies d'una mostra quan sabem l'àrea d'aquesta. En aquest treball es van fer 1000 iteracions per a tal de conèixer el número d'espècies.

Del total d'individus i espècies observats en cada estació de l'any i en cada una de les zones estudiades, Cabo Raso1 i Cabo Raso 2, es va calcular els diferents índex de biodiversitat esmentats anteriorment, juntament amb la riquesa d'espècies i el nombre d'individus, utilitzant el programa informàtic PRIMER 6.

Es va calcular l'abundància relativa de les espècies de macroinvertebrats i d'algues per a cada una de les dues zones i per a cada estació de l'any.

4. RESULTATS

Els valors dels índex de biodiversitat de Cabo Raso 1 i Cabo Raso 2 calculats per a cada estació de l'any 2016 es registren en la taula 2 i 3 respectivament, juntament amb els valors de la riquesa d'espècies (S) i el nombre d'individus (N). Les figures A-J mostren la tendència dels valors de cada índex al llarg de l'any per a les dues zones.

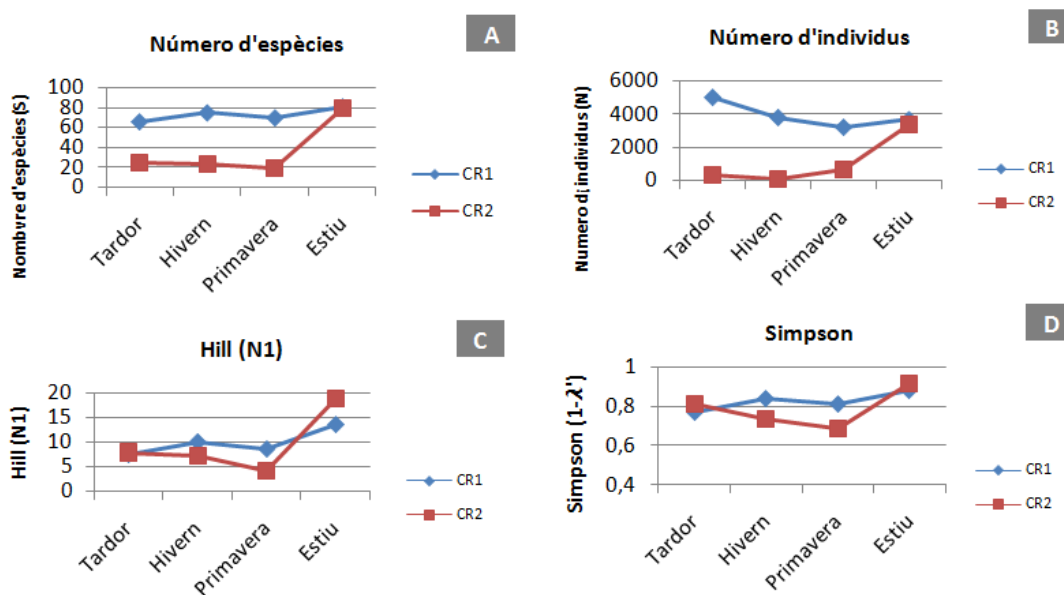
Taula 2: Índex de diversitat de Cabo Raso 1.

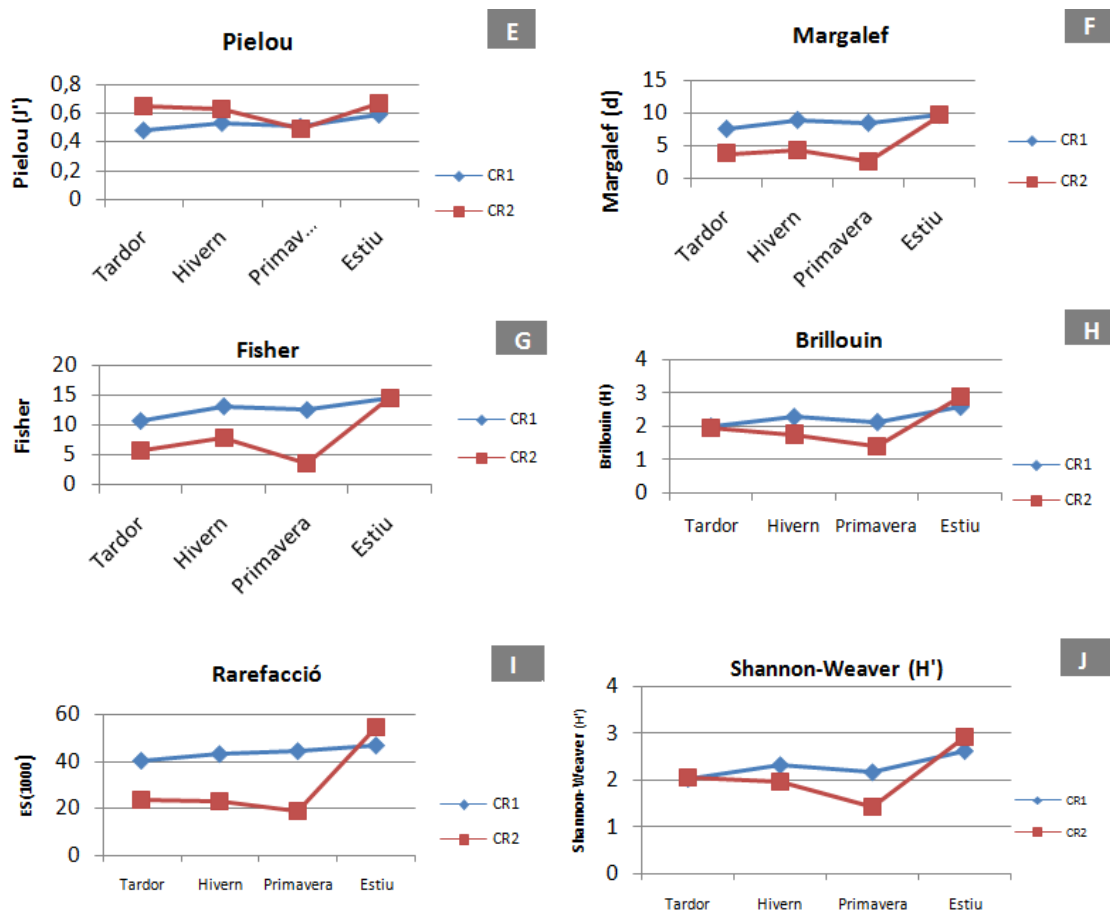
CR1	S	N	Margalef	Pielou	Brillouin	Fisher	Rarefacció	S-W	Simpson	Hill
Tardor	66	5035	7,625	0,4838	2,003	10,73	40,23	2,027	0,7696	7,591
Hivern	75	3825	8,97	0,5376	2,289	13,23	43,08	2,321	0,8431	10,19
Primavera	70	3236	8,537	0,5103	2,133	12,61	44,3	2,168	0,8138	8,741
Estiu	81	3696	9,738	0,5966	2,585	14,63	46,73	2,622	0,8817	13,76

Taula 3: índex de diversitat de Cabo Raso 2.

CR2	S	N	d	J'	Brillouin	Fisher	ES(1000)	H'(loge)	1-λ'	N1
Outono	24	349	3,928	0,6544	1,975	5,845	24	2,08	0,8164	8,001
Inverno	23	135	4,485	0,6318	1,772	7,965	23	1,981	0,7385	7,25
Primavera	19	714	2,739	0,4932	1,412	3,586	19	1,452	0,6875	4,272
Verão	80	3411	9,711	0,6712	2,898	14,67	54,74	2,941	0,9149	18,94

Figures A-J; Variació al llarg de l'any 2016 dels valors dels índex de biodiversitat a Cabo Raso1 i Cabo Raso 2. A: Nombre d'espècies; B: Nombre d'individus; C: Hill; D: Simpson; E: Pielou; F: Margalef; G: Fisher; H: Brillouin; I: Rarefacció; J: Shannon-Wiener.





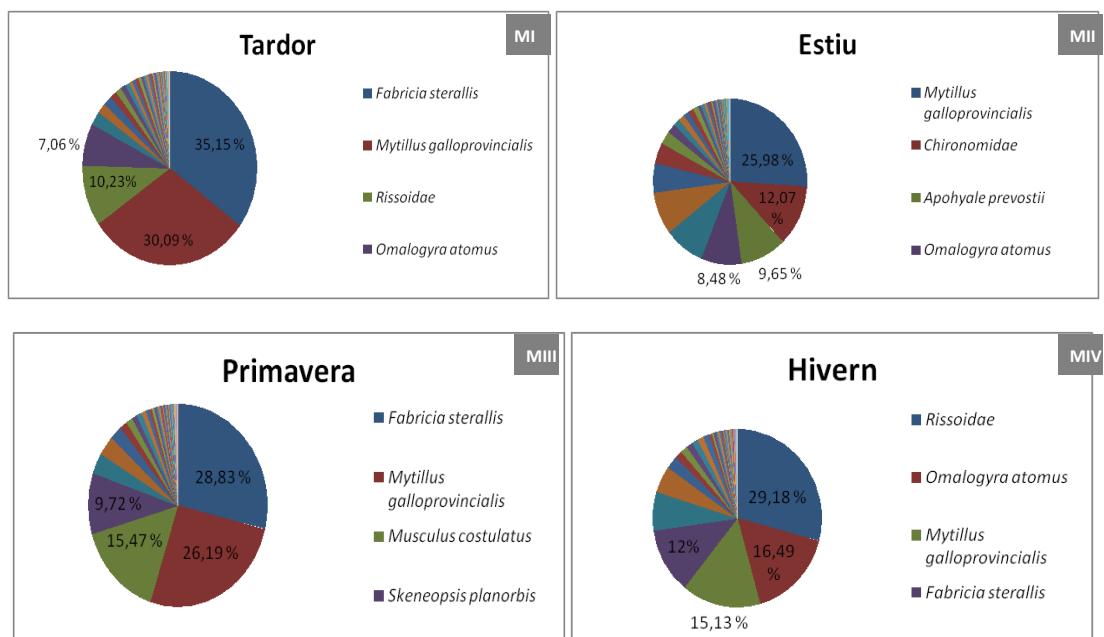
Cabo Raso 1

Es va recomptar un total de 128 espècies diferents al llarg de l'any 2016 a Cabo Raso 1, noranta vuit de les quals eren espècies de macroinvertebrats i trenta eren espècies d'algues. S'obté un valor màxim del número d'espècies a l'estiu i mínim a la tardor, igual que per als índex de Margalef, Pielou, Brillouin, Fisher, Rarefacció, Shannon-Wiener, Simpson i Hill. Pel que fa al nombre d'individus, aquest és màxim a la tardor i mínim a la primavera, amb 5035 i 3236 individus respectivament (taula 2).

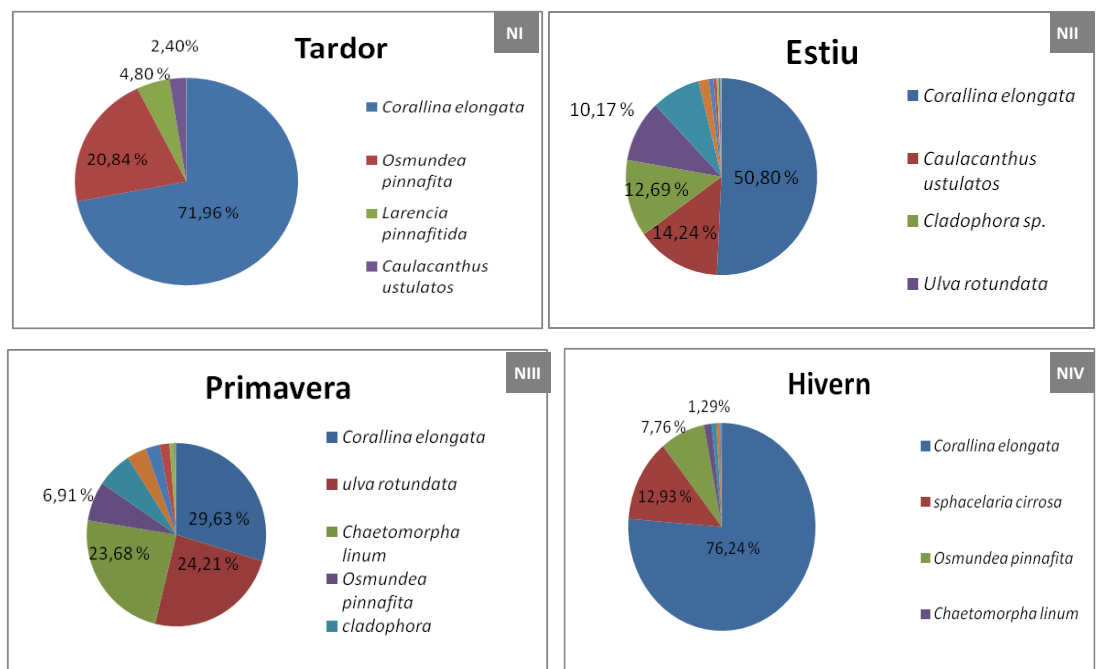
Durant l'any 2016 s'observa un pic en els valors obtinguts a l'hivern i a l'estiu -sent aquest últim valor d'estiu comparativament més superior que els de la resta d'estacions- per als índex de Margalef (figura F), Pielou (figura E), Brillouin (figura H), Fisher (figura G), Shannon-Wiener (figura J), Simpson (figura D), Hill (figura C) i per al nombre d'espècies (figura A). Per al nombre d'individus (figura B) s'obté un pic durant l'hivern i durant la tardor.

Pel que fa a la distribució de les abundàncies relatives dels organismes presents a les mostres de Cabo Raso 1, es mostren els resultats per a macroinvertebrats (figures M_I-M_{IV}) i per a les algues (figures N_I-N_{IV}).

Figures M_I-M_{IV} : Abundàncies relatives dels macroinvertebrats més presents a les mostres de tardor (M_I), estiu (M_{II}), primavera (M_{III}) i hivern (M_{IV}) de Cabo Raso 1.



Figures N_I-N_{IV}: Abundàncies relatives de les algues més presents a les mostres de tardor (N_I), estiu (N_{II}), primavera (N_{III}) i hivern (N_{IV}) de Cabo Raso 1.



L'espècie de mol·lusc bivalve *Mytilus galloprovincialis* mostra una major abundància al llarg de tot l'any. Durant la tardor (M_I) i l'hivern (M_{IV}) les espècies de macroinvertebrats amb major abundància relativa són el poliquet *Fabricia sterallis*, *M. galloprovincialis*, el gasteròpode de la família *Rissoidae* sp. juntament amb un altre espècie de gasteròpode, *Omalogyra atomus*. A la primavera (M_{III}) domina *M. galloprovincialis*, *F. sterallis*, el bivalve *Musculus costulatus* i el

gasteròpode *Skeneopsis planorbis*. En quant a l'estiu (M_{II}), les espècies més abundants són *M. galloprovincialis*, *O. atomus*, la larva *Chironomidae* sp. i l'ampfípod *Aphoyale prevostii*.

L'alga vermella *Corallina elongata* es troba present amb una major abundància al llarg de tot l'any, juntament amb *Osmundea pinnafita* a la tardor (N_I), *Sphacelaria cirrosa* a l'hivern (N_{IV}) les algues ulvals *Ulva rotundata* i *Chaetomorpha linum* a la primavera (N_{III}) i *Caulacanthus ustulatus* durant l'estiu (N_{II}).

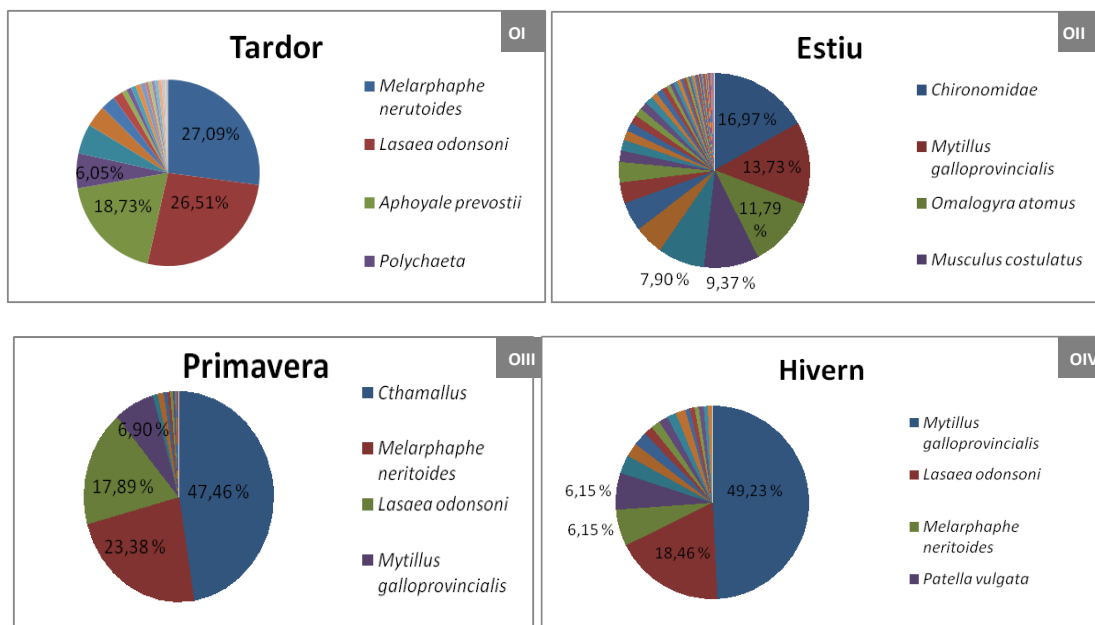
Cabo Raso 2

Es va recomptar un total de 99 espècies diferents al llarg de l'any 2016 a Cabo Raso 2, setanta vuit de les quals eren espècies de macroinvertebrats i vint-i-u espècies d'algues. S'obtenen valors mínims i màxims en tots els índex de biodiversitat i en el número d'espècies durant la primavera i estiu respectivament. El nombre d'individus és mínim a l'hivern, amb 135 individus, i màxim durant l'estiu amb 3411 (taula 3).

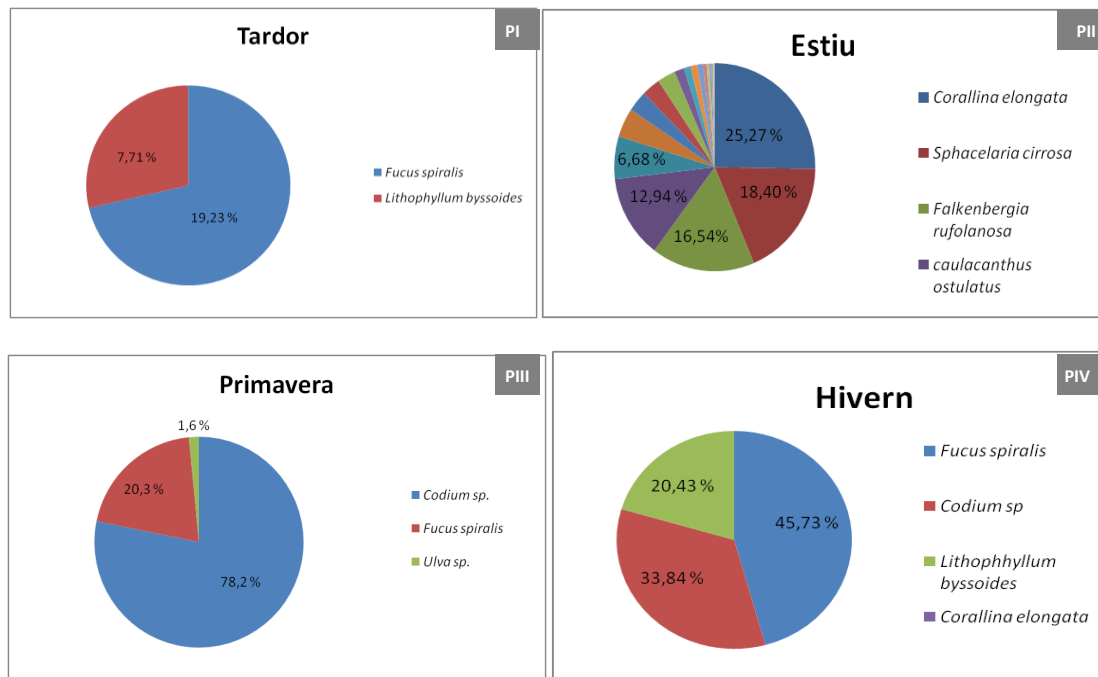
En quant al comportament dels índex al llarg de l'any, Margalef (figura F) i Fisher (figura G) tenen un pic en els valors d'hivern i estiu; Pielou (figura E), Brillouin (figura H), rarefacció (figura I), Shannon-Wiener (figura J), Simpson (figura D), Hill (figura C) i el número d'espècies (figura A) tenen un pic en els valors de tardor i estiu.

Pel que fa a la distribució de les abundàncies relatives dels organismes presents a les mostres de Cabo Raso 2, es mostren els resultats per a macroinvertebrats (figures O_I-O_{IV}) i per a les algues. (Figures P_I-P_{IV})

Figures O_I-O_{IV}. Abundàncies relatives dels macroinvertebrats més presents a les mostres de tardor (O_I), estiu (O_{II}), primavera (O_{III}) i hivern (O_{IV}) de Cabo Raso 2.



Figures P_I-P_{IV}: Abundàncies relatives de les algues més presents a les mostres de tardor (P_I), estiu (P_{II}), primavera (P_{III}) i hivern (P_{IV}) de Cabo Raso 2.

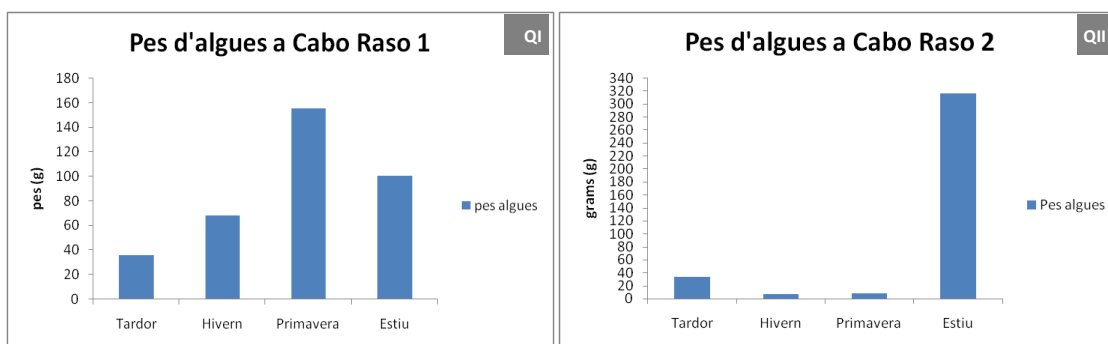


Els macroinvertebrats més abundants a les mostres de tardor són *Melarphaphe neritoides* i *Lasaea odonsoni* (figura O_I). Durant l'època d'hivern (figura O_{IV}) hi ha una major abundància de *Mytilus Galloprovincialis*, juntament amb *M. neritoides* i *L. odonsoni*. Aquests dos últims també es troben en abundància juntament amb l'espècie majoritària *Cthamallus sp.* durant la primavera (figura O_{III}) En quant a l'estiu (figura O_{II}) a larva *Chironomidae*, *M. galloprovincialis* i *Omalgyra atomus* són les espècies més abundants.

Codium sp. i l'alga fucal *Fucus spiralis* dominen en els transectes d'hivern i primavera (figures P_{IV} i P_{III} respectivament), mentre que a l'estiu abunda majoritàriament *Corallina elongata*, juntament amb *Falkenbergia rufalanosa* i *Caulacanthus ustulatus*. (figura P_{II}) Durant la tardor, *Fucus spiralis* és l'espècie més present, seguida de *Lithophyllum byssoides*. (figura P_I)

Les figures Q_I i Q_{II} mostren el pes total d'algues que es va trobar a les mostres i la seva repartició durant les diferents estacions de l'any.

Figures Q_i i Q_{ii}: Pes total d'algues a Cabo Raso 1 (Q_i) i a Cabo Raso 2 (Q_{ii})



A la zona de Cabo Raso 1 s'observa una major quantitat d'algues a la primavera i uns valors mínims a la tardor (figura Q_i). A la zona de Cabo Raso 2 (figura Q_{ii}) la major quantitat d'algues es torba a l'estiu i una mínima presència d'algues a l'hivern. En general a Cabo Raso 1 hi ha presència d'algues durant tot l'any, mentre que a la platja de Cabo Raso 2 només s'observa una major presència d'algues a l'estiu, sent els mesos restants pobres en cobertura vegetal (figura Q_{ii}).

5. DISCUSSIÓ

L'anàlisi dels patrons de distribució estacionals en les dues zones de la platja de Cabo Raso mostren clarament una major biodiversitat durant l'estiu. Els factors físics com la llum i la disponibilitat de nutrients juguen un paper en la distribució de la biodiversitat, ja que aquests tenen una influència directa en la composició i l'abundància de macroalgues i fitoplàncton, com també determinen indirectament la productivitat de l'ecosistema, el que influenciarà la quantitat d'aliment disponible als nivells tròfics superiors (Menge i Branch G, 2000). L'efecte combinat d'una major radiació a l'estiu i un major aflorament de nutrients comportarà una major complexitat en les cadenes tròfiques, el que es tradueix a una major diversitat, tal com s'observa a Cabo Raso 1 i Cabo Raso 2.

Hi ha un elevat nombre d'espècies de macroalgues a Cabo Raso 1 i 2 durant l'estiu, sent *Corallina elongata* la més abundant a les dues zones i la possible causa d'aquest increment de biodiversitat. Moltes de les algues vermelles del gènere *Corallina* serveixen de suport a les comunitats d'invertebrats degut a les seves característiques junteres, contribuint amb això a un augment de la diversitat; exemples característics d'individus que formen aquestes comunitats amb *Corallina* sp. són amfípodes, isòpodes, decàpodes, moluscs i altres fílums (Crisp & Mwiseje, 1989). L'amfípode *Aphoyale prevostii*, trobat a Cabo Raso 1, i *Mytilus galloprovincialis*, trobat a Cabo Raso 1 i 2, són exemples d'espècies trobades en els transectes d'estiu d'aquest estudi i les abundàncies de les quals podrien estar típicament relacionades amb la presència de *C. elongata*.

L'efecte de les onades és un altre factor físic a tenir en compte en la distribució temporal de la biodiversitat: la força de les onades pot emportar-te individus i afectar les seves interaccions

en la comunitat (Menge i Branch G, 2000). Aquest efecte, combinat amb les tempestes durant les èpoques d'hivern-tardor i amb les condicions en què es van recollir les mostres dels transectes d'hivern, tardor i primavera –en totes les sortides de camp va ploure- poden haver tingut un efecte en els resultats dels índex de diversitat obtinguts en les dues zones estudiades de Cabo Raso durant aquestes èpoques:

A Cabo Raso 1 s'observen valors mínims de tots els índex de biodiversitat a la tardor, el que contrasta amb un número màxim d'individus durant la mateixa època de l'any. La presència abundant de poques espècies competitives capaces de resistir condicions adverses pot comportar uns valors baixos en els índex de biodiversitat; els resultats de les abundàncies relatives mostren una clara dominància de *M. galloprovincialis* durant la tardor. *M. galloprovincialis* és capaç d'adaptar-se a elevades perturbacions i abunda en àrees molt exposades (Santos, 2008), el que podria explicar la seva elevada abundància relativa durant la tardor. A més a més, l'abundància dels gasteròpodes pasturants *Rissoidea* sp.(10.23%) i *Omalogyra atomus* (7.06%) en aquest transecte de tardor podria tenir un efecte directe en la baixa densitat d'algues, ja que aquests es podrien estar alimentant d'aquestes. Això porta a discutir un possible efecte combinat d'herbivorisme i competició -aquesta última per part de *M. galloprovincialis*- com una de les causes principals de la reducció de la diversitat en Cabo Raso 1 durant la tardor.

En el cas de Cabo Raso 2, per contra, s'observen uns valors mínims en el nombre d'individus durant l'hivern, el que podria ser també una conseqüència de l'efecte de les condicions adverses d'aquesta època de l'any. No obstant, els índex de diversitat mostren uns nivells mínims durant la primavera a Cabo Raso 2. Aquest fet pot estar explicat per una riquesa molt baixa d'algues -només 4 espècies- i una elevada abundància relativa d'espècies competitives, com *M. galloprovincialis* (6.90 %) , *Melarphaphe neritoides* (23.38%) i *Cthamallus* sp (47.46%), que poden estar desplaçant competitivament a altres espècies, el que en última instància es traduiria a uns valors baixos de diversitat durant la primavera a Cabo Raso 2.

L'efecte que els factors físics tenen en els patrons de distribució de les comunitats depenen de la seva duració, magnitud, duració i freqüència. Els organismes poden presentar adaptacions quan la freqüència d'aquests factors és previsible (Menge i Branch G, 2000). Així doncs l'efecte de les mareas, al ser un procés continu i regular en les costes intermareals rocoses, condueix a una adaptació dels organismes intermareals a aquestes; això resulta en una distribució zonal dels individus segons les seves característiques fisiològiques, que indirectament es troben determinades pel règim de les mareas, tal com citat anteriorment per Araújo et al. (2005). Per aquest motiu l'efecte de les mareas es podria desestimar com una de les causes en la variació estacional de la biodiversitat en aquest estudi.

Les relacions observades entre els individus dins les comunitats -competició, herbivorisme, etc- obren el debat a la importància dels factors biòtics en quant a la estacionalitat de la biodiversitat. Un altre exemple de factor biòtics en les comunitats intermareals de la platja de Cabo Raso seria el cas de les interaccions de les espècies *Sabellaria alveolata* amb l'ambient. Espècies enginyeres com *S. alveolata* (Coolen et al., 2015) poden remodelar el substrat on viuen per al seu propi benefici i per al d'altres espècies indirectament, ja que aquestes poden trobar refugi en les estructures resultants (Santos, 2008). Això podria explicar la diferència

entre els valors de diversitat obtinguts a la zona de Cabo Raso 1 i els valors obtinguts a Cabo Raso 2: es troba una major presència del poliquet *Sabellaria* sp. i un major registre de la seva activitat (construccions en forma de tub fetes de sediments arenosos) en Cabo Raso 1, mentre que a Cabo Raso 2 no es va registrar cap construcció de *Sabellaria* sp. i només una abundància relativa de 0.35% en el transecte d'estiu.

En quant al registre d'algues de Cabo Raso 1, aquest té una riquesa de trenta espècies amb una dominància de *Corallina elongata* durant tot l'any, factor que proporciona un hàbitat favorable en la comunitat d'invertebrats i per tant una diversitat més elevada, com comentat anteriorment. En el cas de Cabo Raso 2 la riquesa d'espècies d'algues és menor que a Cabo Raso 1, amb un nombre de vint-i-un espècies diferents, i es troba principalment dominat per l'alga fucal *Fucus* sp. Segons Wikström, S. i Kautsky, L. (2007) en un estudi dut a terme al Mar Bàltic, la riquesa d'espècies d'animals no difereix entre zones amb presència i amb absència de *Fucus* sp., el que portaria a pensar que l'espècie *Fucus* sp. no contribueix directament a un augment de la diversitat en les comunitats on es troba, el que concordaria amb els resultats obtinguts. Contràriament, però, Bellgrove et al., (2017) cita que les cobertures fetes per les algues fucals proporcionen més microhàbitats, disminuint així l'estrès físic associat a les onades, la temperatura i la dessecació. Aquest fet contrastaria amb els resultats obtinguts. Tot i així, *Fucus* sp. pot formar denses cobertures que redueixen la quantitat de llum que arriba a les capes més inferiors i que pot arribar a tenir un efecte negatiu indirecte en les altres espècies de la comunitat (Bellgrove et al., 2017). La presència de *Corallina elongata* durant al llarg de tot l'any a la platja de Cabo Raso 1, juntament amb una major riquesa de macroalgues en els transectes mostrejats, una major densitat i un repartiment més homogeni d'aquesta abundància d'algues en totes quatre estacions de l'any, dona consistència al valors alts dels índex de biodiversitat de Cabo Raso 1, que contrasten amb els valors més baixos a Cabo Raso 2.

Es va enregistrar una major quantitat de mol·luscs en les comunitats bentòniques de les dues zones de Cabo Raso al llarg de tot l'any, però no per això s'ha de subestimar la presència d'espècies de poliquets com *Fabricia sterralis*, molt abundants en Cabo Raso 1 durant la tardor (35.15%), l'hivern (12%) i la primavera (28.36%). La presència de poliquets podria estar lligada a la densa cobertura d'algues durant aquestes èpoques de l'any en Cabo Raso 1. No obstant i malgrat la seva importància, encara es desconeix força d'aquests organismes, ja que molts dels estudis de comunitats bentòniques portats a terme es centren més en la seva macrofauna (Martín & Worsfold, 2015).

Un altre detall en aquest estudi és la presència abundant de larves de la família *Chironomidae* durant l'estiu a Cabo Raso 1 i Cabo Raso 2, la qual també podria estar relacionada amb la abundant cobertura d'algues en aquesta època de l'any. La família *Chironomidae* inclou espècies d'insectes intermareals (Garbary, Jamieson, & Taylor, 2009). Apart d'una lleugera presència de pupes *Chironomidae* durant l'estiu (0.19% a Cabo Raso 1; 1.41% a Cabo Raso 2), no es va trobar una abundància relativa de la forma larval adulta en les altres estacions, ja que en aquest cas la forma larval pròpiament adulta és capaç de dispersar-se fàcilment a altres llocs, amb la qual cosa els nous individus vagament romanen en la comunitat. Aquesta emigració de nous individus podria explicar, en part, la disminució dels valors de diversitat

d'estiu a tardor en les dues zones estudiades de la platja de Cabo Raso.

5.1. Aspectes ètics i sostenibles

Durant la recollida de mostres es va eliminar part de la flora y fauna de la zona, ja que per a poder aconseguir els objectius proposats en aquest estudi era necessari una recol·lecció d'aquests per al seu posterior comptatge i identificació al laboratori. Malgrat aquest aspecte negatiu que provoca un impacte en l'ecosistema, el projecte dut a terme permet fer una millor divulgació i gestió dels ecosistemes intermareals, el que es tradueix a una millor qualitat d'aquest. No obstant, un mostratge menys agressiu es podria dur a terme en posteriors estudis de la zona, on la recollida de mostres es reduís a dos transectes (T1 i T2) en comptes de tres.

6. CONCLUSIONS

Els vuit índex aplicats en el present estudi, en paral·lel amb el càlcul del nombre d'individus i la riquesa d'espècies, ha permès la identificació de la biodiversitat estacional durant l'any 2016 de les zones de Cabo Raso 1 i de Cabo Raso 2 amb uns resultats fiables, ja que l'ús de diferents índex permet tenir un anàlisi robust de les dades. Per als transectes estudiats, els valors obtinguts en cada un dels índex ens mostren una variació de la diversitat durant les diferents estacions de l'any, donant-nos a conèixer una major diversitat a la zona de Cabo Raso 1.

Les diferents abundàncies relatives de macroinvertebrats i d'algues ens han permet veure que els factors físics com la llum, la temperatura i l'efecte de les onades entre altres, no són els únics factors a tenir en comte alhora de caracteritzar els patrons d'estacionalitat de les costes temperades, sinó que les relacions entre els diferents individus de la comunitat també tenen un paper rellevant en la distribució d'aquesta biodiversitat, ja que la competició, l'ocupació de l'espai, l'herviborisme i el reclutament són exemples d'interaccions que poden modelar aquesta biodiversitat. Així doncs, els factors físics, els factors biòtics i la combinació d'aquests dos, té un efecte clar en la distribució de la biodiversitat al llarg de l'any en la platja de Cabo Raso. Aquests resultats són propis d'una zona rocosa intermareal, com és la platja de Cabo Raso, i es poden extrapolar a altres platges amb característiques similars.

Un factor no comentat en aquest estudi, però que no per això restaria importància alhora de caracteritzar la biodiversitat en els ecosistemes rocosos, és el factor humà. La recol·lecció d'organismes sèssils, una mala gestió i us de la zona entre altres, també podrien estar condicionant la biodiversitat d'aquests ecosistemes. Futurs estudis on es tinguessin aquests factors antropogènics en comte serien de gran interès, ja que permetrien tenir un coneixement més ampli i possibilitarien millores en la gestió i desenvolupament dels ecosistemes temperats rocosos. Per aquest motiu, índex de qualitat biològics es podrien aplicar per a tal de conèixer l'estat ecològic actual de la zona i fer-ne una correcta avaluació i gestió. La Directiva Marc de l'aigua europea –Water Framework Directive (WFD, 2000)- i la Directiva Marc d'estratègies Marines –Marine Strategy Framework Directive (MSFD, 2008)- usen separatament índex de macroalgues i de macroinvertebrats bentònics com a elements de qualitat biològica (Biological Quality Elements, BQEs) en l'assessorament de la qualitat de les costes rocoses (P. A. Vinagre et al., 2016) que podrien ser útils per a posteriors estudis de la zona.

7. BIBLIOGRAFIA

- Araújo, R., Bárbara, I., Sousa-Pinto, I., & Quintino, V. (2005). Spatial variability of intermareal rocky shore assemblages in the northwest coast of Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 64(4), 658-670.
- Ballesteros, E., 1995. Comunidades algales en el Mediterraneo. Aulas del Mar, Universidad de Murcia, 9 pp.
- Bellgrove, A., McKenzie, P. F., Cameron, H., & Pocklington, J. B. (2017). Restoring rocky intermareal communities: Lessons from a benthic macroalgal ecosystem engineer. *Marine Pollution Bull*(Menge i Branch G, 2000).*etin*, 117(1-2), 17-27.
- Benedetti-Cecchi, L. (2001). Variability in abundance of algae and invertebrates at different spatial scales on rocky sea shores. *Marine Ecology Progress Series*.
- Bertocci, I., Araújo, R., Incera, M., Arenas, F., Pereira, R., Abreu, H., ... Sousa-Pinto, I. (2012). Benthic assemblages of rock pools in northern Portugal: seasonal and between-pool variability. *Scientia Marina*, 76(4), 781-789.
- Bertocci, I., Arenas, F., Matias, M., Vaselli, S., Araújo, R., Abreu, H., ... Sousa-Pinto, I. (2010). Canopy-forming species mediate the effects of disturbance on macroalgal assemblages on Portuguese rocky shores. *Marine Ecology Progress Series*, 414, 107-116.
- Caprellidae, T. A. (s.d.). Amphipoda.
- Coe, W. R. 1956. Fluctuations in populations of littoral marine invertebrates. *J. Mar. Res.* 15:212-232.
- Cnidaria Ascidiacea Porifera Polychaeta Mollusca. (s.d.).
- Coolen, J. W. P., Bos, O. G., Glorius, S., Lengkeek, W., Cuperus, J., van der Weide, B., & Ag??era, A. (2015). Reefs, sand and reef-like sand: A comparison of the benthic biodiversity of habitats in the Dutch Borkum Reef Grounds. *Journal of Sea Research*, 103, 84-92.
- Colwell, R. K. (s.d.). Biodiversity: Concepts, Patterns, and Measurement.
- Crisp, D. J., & Mwiseje, B. (1989). Diversity in intermareal communities with special reference to the *Corallina officinalis* community. *Topics in Marine Biology*.
- Dias J.M.A., Gonzalez R., Garcia C., Diaz-del Rio V. 2002. Sediment distribution patterns on the Galicia-Minho continental shelf. *Prog. Oceanogr.* 52: 215-231
- Estes J. A., Peterson C. H. (2000). Marine ecological research in seashore and seafloor systems: accomplishments and future directions. *Marine ecology Progress Series* 195: 281-289.
- Fisher, R. A., Corbet, A. S., Williams, C. B., 1943 "The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population." *J. Anim. Ecol.*, 12, 42-58.
- Galparsoro, I., Borja, Á., Uyarra, M.C., 2014. Mapping ecosystem services provided by benthic habitats in the European North Atlantic ocean. *Front. Mar. Sci.* 1 (23).

Garbary, D. J., Jamieson, M. M., & Taylor, B. R. (2009). Population ecology of the marine insect *Halocladius variabilis* (Diptera: Chironomidae) in the rocky intertidal zone of Nova Scotia, Canada. *Marine Ecology Progress Series*, 376(2001), 193-202.

Heip, C., & Engels, P. (1974). Comparing species diversity and evenness indices. *Journal of the Marine Biological Association of the U.K.*, 559-563.

Loosanoff, V.I. 1964. Variations in time and intensity of setting of starfish *Asterias forbesi* in Long Island Sound during a twenty-five year period. *Biol. Bull.* 126:423-439.

Loosanoff, V.I. 1966. Time and intensity of setting of oyster, *Crassostrea virginica*, in Long Island Sound. *Biol. Bull.* 130:211-227.

Ludwig, J; Reynolds, J (1988). Diversity Indices: Diversity Indices. En John Wiley (ed.), *Statistical Ecology. A primer on methods and computing*, United States, WIE Wiley, 1988, 86-95.

Lubchenco, J. 1978. Plant species diversity in a marine intermareal community: Importance of herbivore food preference and algal competitive abilities. *Amer. Nat.* 112: 23-39.

Martín, G. S., & Worsfold, T. M. (2015). Guide and keys for the identification of Syllidae (Annelida, Phyllodocida) from the British Isles (reported and expected species). *ZooKeys*, 29(488), 1-29.

Menge, B; Branch G. (2000) Rocky Intermareal Communities: Community dynamics in rocky intermareal communities. En Bertness, M; Gaines, S; Hay, M (ed). *Marine community ecology*, Chicago, Sinauer, (2000), 221-247.

Mendonça, V. S. A. (2012). Padrões de distribuição espacial e de variabilidade morfológica de quitones em zonas entre-marés rochosas e arenosas.

MORENO, T. R., & ROCHA, R. M. da. (2012). Ecologia de costões rochosos. *Estudos de Biologia*, 34(421), 191.

MSFD–Marine Strategy Framework Directive, 2008. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy. Off. J. Eur. Union 164, 19–40.

Metaxas A., Scheibling R.E. 1993. Community structure and organization of tidepools. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 98: 187-198

Naeem, S., & Li, S. (1997). Africa appears to have been dominated by tetanurans , including Biodiversity enhances ecosystem reliability. *Nature*, 390(December), 507-510.

Nybakken J.W. (1988). *Marine biology. An ecological approach*. Harper & Row, Publishers, New York, 6th Edition.

Polychaeta. (s.d.).

Reichert K., Buchholz F. (2008). Community composition of the rocky intermareal at Helgoland (German Bight, North Sea). *Helgol Mar Res* 62: 357-366.

Santos, J. M. B. B. da S. (2008). Estudo dos povoamentos litorais no Sítio Natura 2000 Litoral Norte.

- Sánchez I., Fernández C., Arrontes J. 2005. Long-term changes in the structure of intermareal assemblages after invasion by *Sargassum muticum* (Phaeophyta). *J. Phycol.* 41: 942-949.
- Seitz, R.D., Wennhage, H., Bergström, U., Lipcius, R.N., Ysebaert, T., 2013. Ecological value of coastal habitats for commercially and ecologically important species. *ICES J. Mar. Sci.* 71 (3), 648–665
- Thompson, R.C., Crowe, T.P., Hawkins, S.J., 2002. Rocky intermareal communities: past environmental changes, present status and predictions for the next 25 years. *Environmental Conservation* 29, 168e191.
- Thompson, R.C., Wilson, B.J., Tobin, M.L., Hill, A.S., Hawkins, S.J., 1996. Biologically generated habitat provision and diversity of rocky shore organisms at a hierarchy of spatial scales. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 202, 73e84.
- Underwood, A.J., 1978. A refutation of critical tidal levels as determinants of the structure of intermareal communities on British shores. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 33, 261e276
- Underwood, A. J.; Keough M. J; (2000) Supply-Side Ecology: The Nature and Consequences of Variations in Recruitment of Intertidal Organisms. En Bertness, M; Gaines, S; Hay, M (ed). *Marine community ecology*, Chicago, Sinauer, (2000),183-197.
- Viejo R.M. 1997. The effects of colonization by *Sargassum muticum* on tidepool macroalgal assemblages. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 77: 325-40.
- Vinagre, P. A., Pais-Costa, A. J., Hawkins, S. J., Borja, Á., Marques, J. C., & Neto, J. M. (2016). Ability of invertebrate indices to assess ecological condition on intermareal rocky shores.
- WFD–Water Framework Directive, 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for community action in the field of water policy. PE-CONS 3639/1/00 REV 1 EN, 62 pp.
- Wright, J.P., Jones, C.G. & Flecker, A.S. *Oecologia* (2002) 132: 96. doi:10.1007/s00442-002-0929-1.