

*Treball de Fi de Grau Experimental*

**Composició de les comunitats  
bentòniques sèssils del infralitoral  
superior de les esculleres artificials de  
Vilanova i la Geltrú i Sitges: un estudi  
de les Costes del Garraf**

Carlota Valenzuela Mestre

**Grau en Biologia**

Tutor/a: Serena Sgarzi i Anna Badosa

Ubicació Vic, juny de 2023

# **AGRAÏMENTS**

Desitjo expressar el meu més sincer agraïment a la meva família i amics. Han estat la meva major font de suport i m'han animat en cada pas del camí. Les seves paraules d'ànim i la seva disposició per a escoltar-me han estat un gran suport en aquest viatge acadèmic.

També vull agrair a les meves tutores de TFG per la seva dedicació i orientació al llarg de tot el procés. La seva experiència i coneixements han estat invaluables per al desenvolupament de la meva recerca. Agraïco la seva disposició per a respondre a les meves preguntes, la seva retroalimentació constructiva i el seu guia en la selecció de metodologies i anàlisis de dades.

# **RESUM**

**Títol:** *Composició de les comunitats bentòniques del infralitoral superior de les esculleres artificials de Vilanova i la Geltrú i Sitges: un estudi de les Costes del Garraf*

**Autora:** Carlota Valenzuela

**Co-Tutores:** Dra. Anna Badosa Salvador i Dra. Serena Sgarzi

**Data:** Juny de 2023

**Paraules clau:** *biodiversitat, distribució d'espècies, conservació, esculleres artificials*

Es va realitzar un estudi a les esculleres de Sitges i Vilanova i la Geltrú per analitzar la influència de l'exposició a l'onatge, la pressió antròpica i la orientació en la distribució de les espècies sèssils del infralitoral. Es van realitzar mostrejos sistemàtics en nou zones, cada una amb dos punts de mostreig segons l'exposició a l'onatge. Es va utilitzar una metodologia de mostreig basada en quadrícules de 20 cm x 20 cm i es va estimar el percentatge de recobriment d'espècies sèssils (tant animals com vegetals) del infralitoral. Es van realitzar 10 repeticions per punt de mostreig, generant un total de 20 sub repliques per punt.

Els resultats mostraren una variabilitat en la composició d'espècies entre els punts de mostreig, indicant la presència de diferent ambients específics a les esculleres. Es van observar diferències significatives en el percentatge de recobriment d'espècies segons el nivell de pressió antròpica i la orientació de les esculleres. En el primer cas, a mesura que augmentava el nivell de pressió antròpica, disminuïa el recobriment, mentre en el segon cas, es pot observar un major de recobriment d'espècies en les esculleres amb una orientació paral·lela.

Per altra banda, no es va trobar una associació significativa entre el percentatge de recobriment d'espècies i l'exposició a l'onatge o la concentració de nutrients.

En conclusió, aquest estudi proporciona informació rellevant sobre la biodiversitat i l'abundància d'espècies sèssils a les esculleres de Sitges i Vilanova i la Geltrú i destaca la importància de considerar variables com la pressió antròpica i la orientació d'aquestes infraestructures en la distribució de les espècies a l'hora de planificar la construcció de noves infraestructures d'aquesta tipologia. Aquests resultats poden contribuir a la gestió i conservació d'aquests ecosistemes costaners, fomentant pràctiques que preservin l'heterogeneïtat estructural i promoguin la diversitat biològica a les esculleres.

# **SUMMARY**

**Title: Composition of benthic communities in the upper sublittoral of artificial breakwaters in Vilanova i la Geltrú and Sitges: a study of the Garraf Coast**

**Author:** Carlota Valenzuela

**Co-Supervisors:** Dr. Ana Badosa Salvador and Dr. Serena Sgarzi

**Date:** June 2023

**Keywords:** species distribution, conservation, management, artificial breakwaters

An study was conducted on the breakwaters of Sitges and Vilanova i la Geltrú to analyze the influence of wave exposure, anthropogenic pressure, and orientation on the distribution of sessile species in the infralittoral zone. Systematic samplings were performed in nine zones, each with two sampling points based on wave exposure. A sampling methodology based on 20 cm x 20 cm quadrats was used to estimate the percentage of coverage of sessile species (both animal and plant) in the infralittoral zone. Ten replicates were performed per sampling point, generating a total of 20 sub-replicates per point.

The results showed variability in species composition among the sampling points, indicating the presence of different specific habitats on the breakwaters. Significant differences were observed in the percentage of species coverage based on the level of anthropogenic pressure and the orientation of the breakwaters. In the former case, as the level of anthropogenic pressure increased, the coverage decreased, while in the latter case, higher species coverage was observed in parallel-oriented breakwaters.

On the other hand, no significant association was found between the percentage of species coverage and wave exposure or nutrient concentration.

In conclusion, this study provides relevant information on the biodiversity and abundance of sessile species on the breakwaters of Sitges and Vilanova i la Geltrú, highlighting the importance of considering variables such as anthropogenic pressure and orientation in the distribution of species when planning the construction of new infrastructure of this type. These results can contribute to the management and conservation of these coastal ecosystems by promoting practices that preserve structural heterogeneity and promote biodiversity on the breakwaters.

# ÍNDEX DE CONTINGUTS

<b>1. INTRODUCCIÓ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJECTIUS</b> .....	<b>4</b>
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>5</b>
3.1. ÀREA D'ESTUDI .....	5
3.2. DISSENY D'ESTUDI .....	8
<b>4. RESULTATS</b> .....	<b>13</b>
4.1. CLASSIFICACIÓ DELS PUNTS DE MOSTREIG EN GRUPS.....	13
4.2. PERCENTATGE RELATIU DEL RECOBRIMENT D'ESPÈCIES RESPECTE; ELS PUNTS DE MOSTREIG, , L'ORIENTACIÓ, L'EXPOSICIÓ A L'ONATGE I LA PRESSIÓ ANTRÒPICA .....	14
4.3. DIVERSITAT D'ESPÈCIES RESPECTE A L'EXPOSICIÓ A L'ONATGE .....	18
4.4. RELACIÓ ENTRE LA CONCENTRACIÓ DE NUTRIENTS INORGÀNICS I EL RECOBRIMENT D'ESPÈCIES ...	19
4.5. ASSOCIACIONS ENTRE EL RECOBRIMENT D'ESPÈCIES I; L'ORIENTACIÓ, L'EXPOSICIÓ A L'ONATGE I LA PRESSIÓ ANTRÒPICA .....	20
<b>5. DISCUSSIÓ</b> .....	<b>21</b>
<b>6. CONCLUSIÓ</b> .....	<b>28</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>29</b>
<b>8. ANNEXOS</b> .....	<b>38</b>

# LLISTAT DE FIGURES

Figura 1. Mapa topogràfic de Catalunya amb les províncies representades en línies grises amb les diferents comarques que formen part de l'espai estudiat en diferents colors i la ciutat de Barcelona situada. Font: Adaptat del mapa topogràfic de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC). Aquest mapa va ser produït amb el programari QGIS-LTR 3.22 (Versió 3.22.11-Białowieża).....	6
Figura 2. Mapa topogràfic de Catalunya amb les províncies de Barcelona i Tarragona representades en línies grises, els límits les diferents comarques que formen part de l'espai estudiat i els municipis que engloben la zona en diferents colors, també s'observa l'espai de XarxaNatura2000 de les Costes del Garraf. Font: Adaptat del mapa topogràfic de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC) i l'Hipermapa de la Generalitat de Catalunya. Aquest mapa va ser produït amb el programari QGIS-LTR 3.22 (Versió 3.22.11-Białowieża). .....	6
Figura 3. Mapa topogràfic de l'àrea d'estudi on es poden observar els diferents punts de mostreig. Quan trobem la sigla N estem parlant d'un punt amb una exposició a l'onatge indirecte, si trobem una D, aquesta serà directe. Font: Adaptat del sistema Google Earth amb dades geogràfiques preses durant el mostreig. Aquest mapa va ser produït amb el programari en línia Google Earth (Versió 9.189.0.0 - WebAssembly amb fils) ( <a href="https://earth.google.com/web">https://earth.google.com/web</a> ).....	8
Figura 4. Anàlisi de Components Principals (CA): Distribució dels punts de mostreig en funció del percentatge de recobriment de les espècies. Aquest gràfic s'ha elaborat amb el programari Paleontological Statistics software package for education and data analysis (PAST4) versió 4.11. ....	13
Figura 5. Gràfic de barres apilat que mostra el recobriment d'espècies relatiu en diferents punts de mostreig de la costa. Els punts de mostreig estan ordenats en l'eix de les x de més pressió antròpica a menys. Font: Dades obtingudes amb el mostreig de camp. Aquest gràfic s'ha dut a terme amb el programari Microsoft Excel per Mac versió 16.73 (23051401). ....	14
Figura 6. Gràfic de barres apilat que mostra el percentatge recobriment d'espècies en les diferents morfologies d'esculleres. Font: Dades obtingudes amb el mostreig de camp. Aquest gràfic s'ha dut a terme amb el programari Microsoft Excel per Mac versió 16.73 (23051401). .....	15
Figura 7. Gràfic de barres apilat que mostra el percentatge de recobriment d'espècies en les dues categories d'exposició a l'onatge. Font: Dades obtingudes amb el mostreig de camp. Aquest gràfic s'ha dut a terme amb el programari Microsoft Excel per Mac versió 16.73 (23051401).....	16

Figura 8. Gràfic de barres apilat que mostra el percentatge de recobriment d'espècies en les tres categories de pressió antropica. Els nivells van de 0 a 3, sent 3 la màxima pressó. Font: Dades obtingudes amb el mostreig de camp. Aquest gràfic s'ha dut a terme amb el programari Microsoft Excel per Mac versió 16.73 (23051401)..... 17

# **LLISTAT DE TAULES**

Taula 1. Observacions i dades In situ del mostreig. ....	38
Taula 2. Taula de correspondència dels codis utilitzats durant el mostreig. N vol dir exposició indirecte a l'onatge i D vol dir exposició directe. Els números corresponen a les diferents repliques dutes a terme en cada punt. ....	39
Taula 3. Taula de correspondència entre les espècies trobades i el diminutiu utilitzat durant l'anàlisi de resultats. ....	41
Taula 4. Percentatge de recobriment per les diferents espècies en els diferents punts de mostreig, separant-los segons l'exposició a l'onatge. ....	42
Taula 5. Percentatge de recobriment per les diferents espècies en les diferents orientacions en relació a la línia de costa de les esculleres. ....	43
Taula 6. Percentatge de recobriment per les diferents espècies en les diferents exposicions a l'onatge. ....	43
Taula 7. Percentatge de recobriment per les diferents espècies en les diferents pressions antròpiques. ....	43
Taula 8. Índex de Simpson per cada punt de mostreig, i la mitjana final depenent de l'exposició a l'onatge. ....	43
Taula 9. Matrix de correlació dels coeficients de Pearson. ....	43
Taula 10. Taula dels p-valors per la matrix de correlació dels coeficients de Pearson. ....	43
Taula 11. Mitjana de la concentració d'Amoni 15 i Fosfat als diferents punts de mostreig, independentment de l'exposició a l'onatge. ....	45



# 1.INTRODUCCIÓ

En les últimes dècades s'ha pogut reconèixer en profunditat com els humans estem alterant els sistemes naturals de la Terra a totes les escales, des de locals i regionals fins a globals, a un ritme cada cop més creixent (Myers et al., 2013). Es calcula que, en les properes dues dècades, el 95% d'aquest creixement poblacional crearà exigències a una escala sense precedents pel que fa a l'energia, els aliments, el sòl, l'eliminació de residus i sobretot l'aigua (Pahl-Wostl et al., 2008).

La importància de l'aigua com a medi de transport i com recurs econòmic ha suposat que des dels principis del desenvolupament de la societat, les comunitats tendeixin a establir-se en els voltants de les aigües, al llarg dels rius i mars (Keiner & Schmid, 2006; Boretti & Rosa, 2019). Gairebé la meitat de la població mundial actualment viu a menys de 200 km de la costa, i les estadístiques projectades indiquen que el creixement demogràfic podria arribar al 70% el 2025 (Bagheri et al., 2021). De fet, això es pot observar clarament en la situació geogràfica de moltes de les metròpolis més importants del món les quals es troben a prop de grans masses d'aigua com és el cas Barcelona i Atenes situades a la costa del Mediterrani (Akbari et al., 2009).

Els oceans i mars, que recobreixen el 70% de la superfície terrestre, són reconeguts des de fa temps com un dels recursos naturals més importants per la civilització humana (Costanza, 1999). Durant les últimes dècades, la urbanització de metròpolis modernes i l'avanç de la societat humana han portat a una demanda cada vegada major dels recursos (Gohari et al., 2013) i l'espai de manera que els éssers humans han procedit amb la colonització dels oceans per l'aprofitament d'energia, alimentació, aigua i la creació de l'espai (Skemp, 2013). D'ençà principis del segle XXI, els impactes de les activitats humanes que es van acumulant amenacen la sostenibilitat a llarg termini dels oceans i les costes, així com la continuïtat en l'explotació dels seus recursos inestimables (Robertson, 2015).

Alguns exemples d'aquestes activitats humanes són la construcció de ports pesquers, esportius i comercials, drassanes i estructures flotants al llarg de la línia de costa (Murali & Mani, 1997). La construcció d'esculleres es consideren essencials per protegir aquestes construccions de l'acció de les onades. Alhora, també s'utilitzen per reduir l'erosió costanera i protegir les àrees litorals d'interès (Isaacson et al., 2000). Aquesta protecció del litoral per part dels espigons és especialment rellevant per a platges d'alt

valor comercial i recreatiu, ja que les estructures de defensa poden ajudar a salvaguardar vides, recursos i propietats, així com activitats comercials a les zones costaneres (Teh, 2013). Les esculleres també s'utilitzen per a la restauració de les platges erosionades mitjançant la "realineació" del perfil i la forma de la platja (Burt & Bartholomew, 2019). Les esculleres poden estar construïdes a partir de materials que no es desenvolupen de manera natural a la zona com roques, acer, fusta o caixons de formigó massís recolzats sobre una base de túmul (Takahashi & Takahashi, 2002) .

No obstant, la construcció d'esculleres pot tenir un impacte significatiu en el medi ambient i en la biodiversitat de la zona ja que dificulten la capacitat d'adaptació a les diferents condicions (Betzold & Mohamed, 2017). Cal mencionar que les esculleres alhora interrompen el paisatge significativament alterant els règims hidrodinàmics i el transport de sediments (Amalan et al., 2018), la qual cosa afectarà posteriorment a les estructures de les diferents comunitats de la zona (Martins et al., 2009). Un altre de les principals conseqüències de l'edificació d'aquestes estructures artificials es que faciliten la colonització i propagació d'espècies no autòctones (Glasby et al., 2007).

Les comunitats bentòniques del infralitoral, que habiten en el llit marí de les zones costaneres, esdevenen un ecosistema clau amb funcionalitats vitals per a l'equilibri i el funcionament dels ecosistemes marins (Hiscock et al., 2004). Actuant com a hàbitat, refugi i font d'alimentació, aquestes comunitats contribueixen activament en la ciclació dels nutrients (Kemp et al., 2011). A més, alguns, són excel·lents bioindicadors (Orlando-Bonaca & Lipej, 2009) per a avaluar els canvis ambientals i les pertorbacions antròpiques que afecten el medi marí.

Les costes del Garraf, situades a la província de Barcelona, Espanya, són una regió costanera de gran interès científic i ambiental a causa de la seva diversitat i fragilitat ecològica (Tintoré Pujol-Soliano, 2016). Aquestes àrees costaneres alberguen una gran varietat d'hàbitats marins, incloent-hi esculls naturals (Rams Ríos, 2021) i esculleres artificials construïdes amb el propòsit de protegir la línia costanera de l'erosió i altres impactes relacionats amb les activitats humanes.

En el marc específic de les esculleres artificials a les localitats de Vilanova i la Geltrú i Sitges, les comunitats bentòniques del infralitoral s'exposen a condicions ambientals singulars a causa de l'existència d'aquestes estructures. Les esculleres, mitjançant la modificació de la hidrodinàmica i la disponibilitat de substrat, tenen la capacitat d'influir en la distribució i la composició d'espècies presents (Aguilera et al., 2014). A més, la construcció d'aquestes esculleres amb materials no autòctons i la seva afectació en el

flux de sediments poden tenir repercussions en el procés de colonització d'espècies i la connectivitat entre hàbitats (Cantasano et al., 2022).

La comprensió dels efectes de les esculleres en l'entorn marí és crucial per a promoure una gestió i conservació adequada d'aquestes àrees costaneres. Mitjançant l'estudi de les comunitats bentòniques sèssils presents en les esculleres de Vilanova i la Geltrú i Sitges, es busca obtenir informació detallada sobre la composició d'espècies, la distribució espacial i els patrons de diversitat, proporcionant una base científica per al desenvolupament d'estratègies de gestió i conservació.

## 2.OBJECTIUS

L'estudi les comunitats bentòniques sèssils que s'estableixen en les esculleres artificials és important perquè normalment estan mal dissenyats i construïts i, per tant, tendeixen a augmentar l'erosió (Betzold & Mohamed, 2017), amb la consegüent pèrdua d'habitats i de biodiversitat. No obstant, diversos estudis recalquen que algunes d'aquestes estructures, si adequadament plantejades, poden proporcionar certs refugis i, com a conseqüència, es pot observar un augment de la biodiversitat en punts on aquesta havia disminuït dràsticament a causa del impacte humà. Dit d'una altra manera, encara que la biodiversitat pugui perdre's, si no s'interfereix més en l'ambient i es creen refugis, existeix la possibilitat d'una recuperació parcial (Amalan et al., 2018; Martins et al., 2009).

Per tant, l'objectiu principal d'aquest TFG és conèixer la composició de la comunitat bentònica sèssil de la zona infralitoral superior de les esculleres artificials de la costa del Garraf. Les esculleres escollides per aquest estudi difereixen pel que fa a la seva orientació (perpendiculars a la línia de la costa, illots, paral·lels a la línia de la costa) i la presència de modificacions antròpiques. Els objectius secundaris d'aquest treball són:

- Analitzar l'efecte de l'orientació de l'escullera, l'exposició a l'onatge, i la pressió antròpica, sobre la composició de la comunitat i la seva abundància (percentatge de recobriment)
- Analitzar la relació entre els nutrients presents a les aigües i el recobriment de les espècies en les esculleres, per tal de comprendre com les diferents concentracions de nutrients influeixen en la seva abundància.

# 3. METODOLOGIA

## 3.1. ÀREA D'ESTUDI

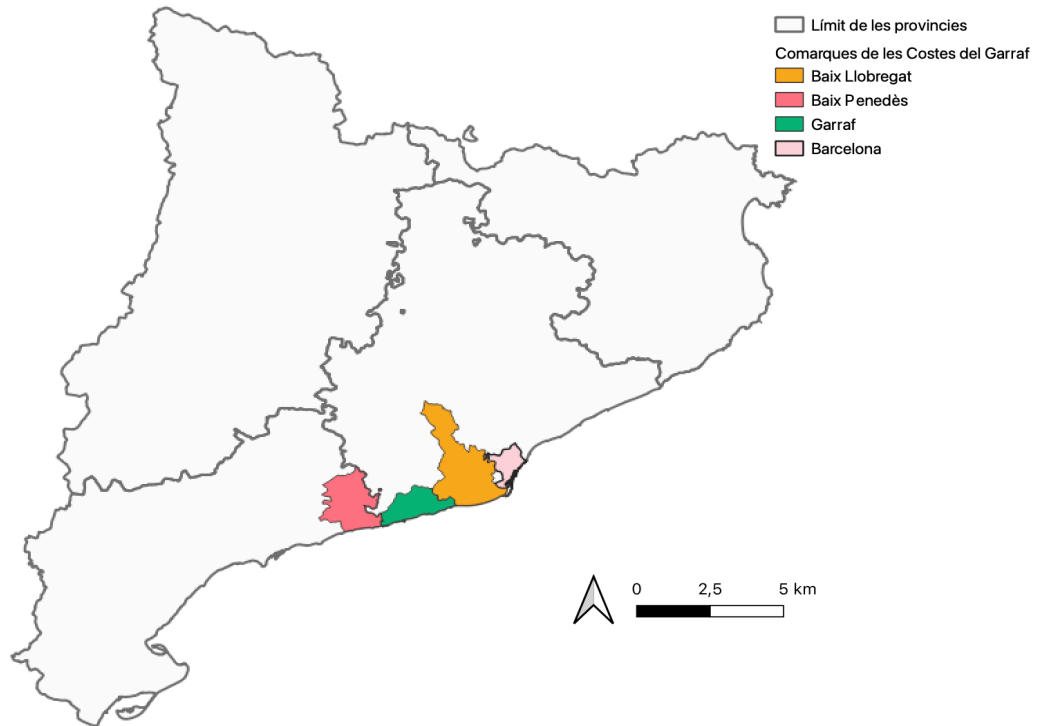
Les Costes del Garraf és una zona costanera situada al sud de la ciutat de Barcelona, en la comunitat autònoma de Catalunya. Aquesta s'estén al llarg de 25 quilòmetres abastant les províncies de Barcelona i Tarragona entre les comarques del Baix Llobregat, el Baix Penedès i el Garraf (Vegeu Figura 1), les quals compten amb una gran varietat de platges, cales i penya-segats. (*Situació i Dades Bàsiques. Medi Ambient i Sostenibilitat*, n.d.).

Entre els municipis més destacats de les costes del Garraf es troben Sitges, Vilanova i la Geltrú, Castelldefels i Gavà, tot i que hi ha d'altres com Cubelles, Cunit i Sant Pere de Ribes (Vegeu Figura 2). L'àrea de mostreig on es va realitzar aquest estudi es localitza concretament en els municipis de Sitges i Vilanova i la Geltrú.

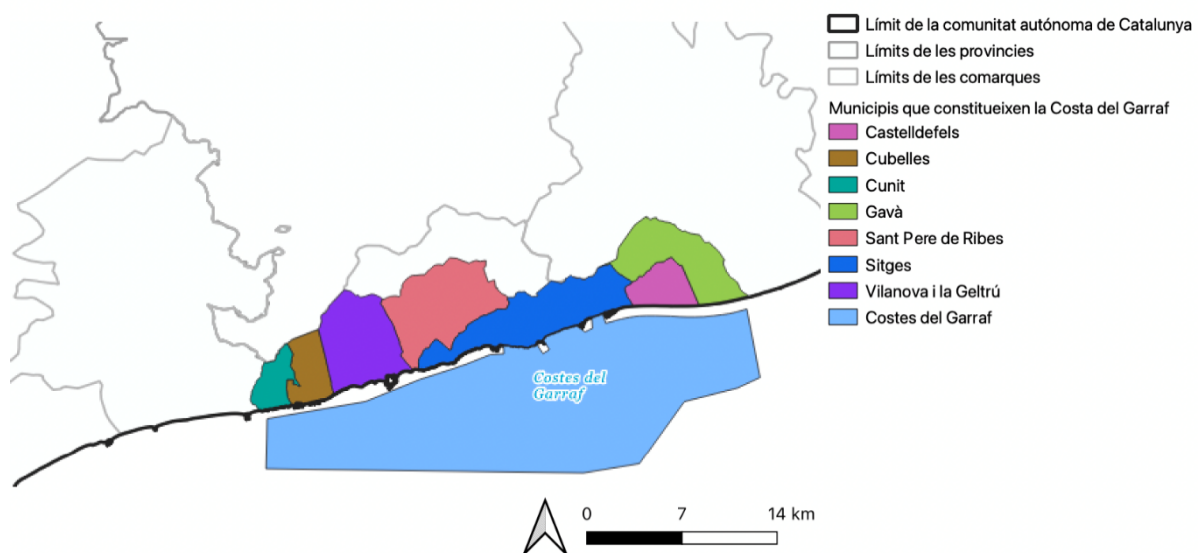
La Costa del Garraf és una zona de gran rellevància ecològica i forma part de la Xarxa Natura 2000, aquest espai protegit compta tant amb medi marí com terrestre, i es caracteritza per una àmplia varietat de paisatges i ecosistemes de gran importància i protegits tant en l'àmbit regional com europeu (X. Tubau i Carbonell, 2015). Un exemple són els canyons que se submergeixen en el mar Mediterrani on cal destacar el canyó del Foix, la Berenguera, Valldepins i Morràs (Canals et al., 2013). Un altre dels hàbitats importants d'aquest espai són les praderes submarines, les quals són riques en biodiversitat i podem trobar fanerògames com la posidònia oceànica i diverses espècies d'algues.

Cal afegir que a més de ser part de la figura de protecció Xarxa Natura 2000 també és una àrea catalogada com Lloc d'Interès Comunitari (LIC) i com a Zona d'Especial Protecció per a les aus (ZEPA), aquesta última dona protecció a 22 espècies d'aus (Tuneu Brugarolas, 2011).

La protecció de les Costes del Garraf va iniciar en 1997 tot i que fins a 2006 no va ser aprovada oficialment, quan es va reconèixer el seu valor ecològic i la seva contribució en la conservació de la biodiversitat, i d'aleshores ençà s'ha implementat mesures de conservació i gestió per preservar i restaurar els hàbitats naturals, així com minimitzar les amenaces i la pressió antropogènica sobre aquest entorn únic (Direcció General de Polítiques Ambientals, 2014).



**Figura 1.** Mapa topogràfic de Catalunya amb les províncies representades en línies grises amb les diferents comarques que formen part de l'espai estudiat en diferents colors i la ciutat de Barcelona situada. Font: Adaptat del mapa topogràfic de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC). Aquest mapa va ser produït amb el programari QGIS-LTR 3.22 (Versió 3.22.11-Białowieża).



**Figura 2.** Mapa topogràfic de Catalunya amb les províncies de Barcelona i Tarragona representades en línies grises, els límits les diferents comarques que formen part de l'espai estudiat i els municipis que engloben la zona en diferents colors, també s'observa l'espai de Xarxa Natura 2000 de les Costes del Garraf. Font: Adaptat del mapa topogràfic de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC) i l'Hipermapa de la Generalitat de Catalunya. Aquest mapa va ser produït amb el programari QGIS-LTR 3.22 (Versió 3.22.11-Białowieża).

## **CLIMA**

La zona d'estudi presenta un clima mediterrani litoral, que es caracteritza per temperatures suaus i precipitacions anuals amb variacions significatives d'un any a l'altre, això és pel fet que el clima de la zona pot presentar èpoques de gran humitat i contràriament èpoques amb sequeres importants (Olcina, 2020).

Els hiverns són suaus i els estius càlids i secs, això es pot veure reflectit a la temperatura mitjana anual la qual és al voltant de 17 °C, amb temperatures màximes de fins a 30 °C en estiu i mínimes del voltant de 7 °C a l'hivern, tot i que en els últims anys es pot observar una variació d'aquestes tendències que s'explicaria pel canvi climàtic (García de Pedraza, n.d.).

## **GEOLOGIA**

Les costes del Garraf es caracteritzen per una geologia variada, amb formacions rocoses i platges de sorra. Les roques que es troben en les costes del Garraf són principalment d'origen sedimentari i volcànic, i es destaquen les formacions sedimentàries on es troba presència de conglomerats, gresos i argila (González Reverté, 2010).

En la zona costanera també es poden observar formacions de coral que es desenvolupen en aigües poc profundes. A més d'aquestes formacions geològiques, les costes del Garraf es troben influenciades per altres processos geològics com l'erosió costanera i la sedimentació (Sagarra, 2006).

En general, la geologia marina de la zona és un factor clau en la formació del paisatge costaner i en la biodiversitat marina de la zona (*Medi Físic. Medi Ambient i Sostenibilitat*, n.d.).

## 3.2. DISSENY D'ESTUDI

Amb l'objectiu de conèixer les comunitats bentòniques sèssils del infralitoral de les esculleres a les costes del Garraf i la seva abundància, s'ha dissenyat un estudi que combina la realització de mostreigs biològics i la recopilació d'informació sobre diverses condicions ambientals; exposició a l'onatge, pressió antròpica, orientació respecte a la línia de costa i concentració de nutrients.

### PUNTS DE MOSTREIG

Les esculleres on es realitza el mostreig es van seleccionar en funció de la seva orientació respecte de la línia de costa i exposició a l'onatge. Es van seleccionar un total de 9 localitzacions de mostreig distribuïdes entre els dos municipis; Vilanova i la Geltrú i Sitges, en cada un de les quals es van dur a terme recolliments de mostres en dos punts diferents els quals es diferenciaven per la seva exposició a l'onatge (Vegeu Figura 3).

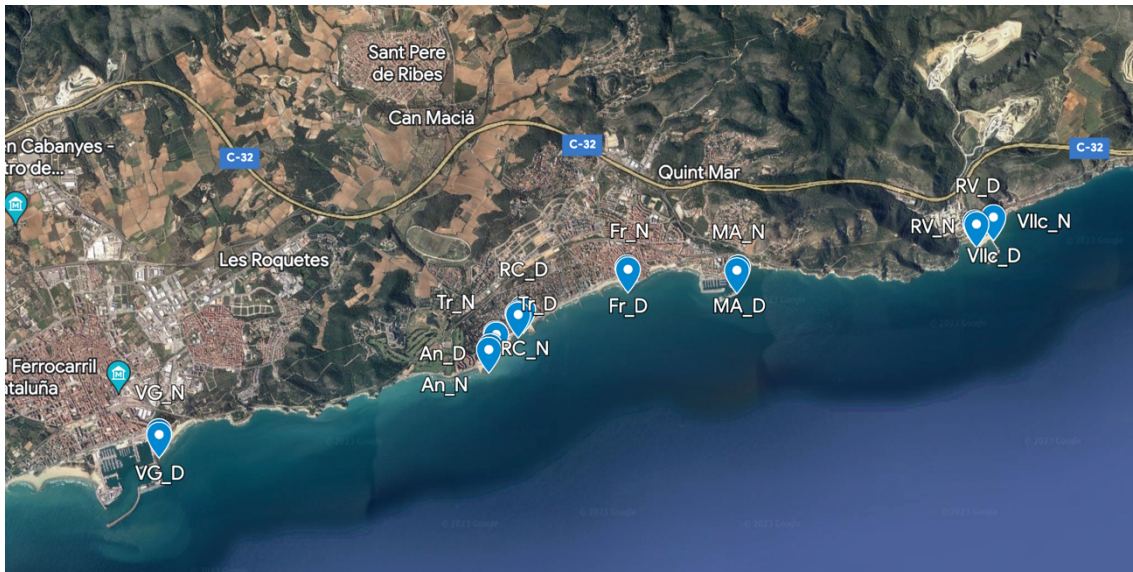


Figura 3. Mapa topogràfic de l'àrea d'estudi on es poden observar els diferents punts de mostreig. Quan trobem la sigla N estem parlant d'un punt amb una exposició a l'onatge indirecte, si trobem una D, aquesta serà directe. Font: Adaptat del sistema Google Earth amb dades geogràfiques preses durant el mostreig. Aquest mapa va ser produït amb el programari en línia Google Earth (Versió 9.189.0.0 - WebAssembly amb fils) (<https://earth.google.com/web>).

L'orientació de les esculleres, que inclou les categories de paral·lela, perpendicular i illots, es va seleccionar com una variable per poder comprendre com l'estructura i forma de les esculleres podia influenciar en les comunitats biològiques estudiades.



El nivell de pressió antropogènica de les esculleres es va avaluar en una escala de 0 a 3. Aquesta variable es va tenir en compte per comprendre el grau d'intervenció humana i la presència d'infraestructures en cada punt de mostreig. Els nivells es van definir de la següent manera: el nivell 3 indicava una clara presència d'intervenció humana, ja que aquestes infraestructures estaven recobertes completament de formigó, creant pantalles llises, el nivell 2 assenyalava l'existència d'infraestructures com hotels o ports, i el nivell 1 representava una pressió antropogènica "estàndard" en la zona costanera. Aquest nivell s'espera trobar en àrees turístiques, on es produeix una interacció freqüent entre els visitants i l'entorn marí, com ara el trànsit de persones, activitats recreatives com la natació i el vòlei a la platja. De les 9 àrees de mostreig escollides, 2 estan en un nivell 3 de pressió antròpica, 4 en el nivell 2 i 3 en el nivell 1 (Vegeu Annexos; Taula 1). És important destacar que en aquest estudi no es van trobar esculleres en nivell 0 de pressió antròpica, ja que l'enfocament principal va ser analitzar la biodiversitat en les esculleres, que són estructures construïdes per l'ésser humà. Per tant, la inclusió d'ambients naturals sense intervenció humana directa no era l'objectiu d'aquest estudi.

A tota la zona d'estudi es van identificar un total de 3 esculleres amb orientació paral·lela a la costa. Aquestes estructures es caracteritzen per estendre's en línia paral·lela a la línia de costa, actuant com a barreres protectores contra l'acció de l'onatge. Així mateix, es van seleccionar 3 esculleres amb orientació perpendicular, les quals modifiquen l'acció de l'aigua desviant el corrent principal i allunyant el "*thalweg*" de la riba. El terme "*thalweg*" fa referència a la línia o trajecte de menor elevació en una corrent. És essencialment el punt més profund al llarg del curs del corrent, que representa la via natural de flux de l'aigua (Oyebande & Adeaga, 2011).

És a dir, són elements actius capaços de protegir un marge i alhora influir en la dinàmica aquàtica (Portella Angelo, 2019). Finalment, es van identificar 3 esculleres ubicades en forma d'illots, essent aquestes estructures independents separades de la línia de costa.

## **MOSTREIG DE CAMP**

La metodologia sistemàtica de mostreig utilitzada per recopilar informació sobre la biodiversitat present en les esculleres de Sitges i Vilanova i la Geltrú era basada en l'ús de quadrícules metal·litzades, àmpliament utilitzades per l'estudi de comunitats bentòniques marines (Gili & Ros, 1985; J., 1981), i consistia en la realització de 10 mostreigs aleatoris de recobriment per cada punt identificat, sempre 30 cm per sota la línia on es veia la roca molla i començaven a créixer algues. Això es va dur a terme per

garantir una metodologia consistent, per mesurar sempre la mateixa faixa de zonació vertical en les esculleres seleccionades, i obtenir dades comparables (Mustapha et al., 2002).

Per aquest estudi es va utilitzar una quadrícula de mostreig de mesura invariable 20cm x 20cm. Aquesta quadrícula es va col·locar en la zona d'interès i es va procedir a observar el recobriment de les diferents espècies presents dintre de la quadrícula. Es van registrar les dades obtingudes en taules, indicant les espècies presents i el percentatge de recobriment que cada una representava dintre de l'àrea del quadrant. Aquest procés es va repetir 10 cops en cada punt aleatòriament, el que va resultar en un total de 20 sub repliques per ubicació.

És important destacar que els quadrants es van col·locar al atzar en diferents àrees de la roca, amb el fi de poder dur a terme una recol·lecció de dades que permeti obtenir una base de dades robusta i representativa.

En cadascú dels 9 punts de mostreig, es van recollir dues mostres d'aigua en diferents llocs tenint en compte tant l'exposició a l'onatge indirecta com directa. Aquestes mostres d'aigua es van guardar en ampolles de vidre i es van congelar per preservar-ne correctament els nutrients i evitar-ne la degradació, per una posterior anàlisi al laboratori.

Durant el treball de camp s'ha implementat un sistema de codis per a la identificació i seguiment de les mostres. Aquest sistema de codis ha permès etiquetar cada mostra de manera única i mantenir-ne un registre detallat en tot moment. Això ha estat essencial per garantir la traçabilitat de les mostres i assegurar una correcta correlació entre les dades recollides in situ i els resultats obtinguts en l'anàlisi posterior al laboratori (Vegeu Annexos; Taula 2).

## ***ANÀLISIS DE LABORATORI***

De les mostres d'aigua recollides a les 9 àrees de mostreig, s'ha analitzat els nutrients inorgànics dissolts, concretament; nitrit, nitrat, amoni i fosfat.

L'anàlisi de nutrients és important perquè aquests poden ser un factor determinant en el creixement de les espècies presents en les roques de les esculleres (Fitch & Crowe, 2012). A més, els nutrients poden ser indicadors de la qualitat de l'aigua i de la presència de possibles fonts de contaminació en la zona d'estudi.

La concentració de nutrients es va analitzar al laboratori mitjançant un kit d'aqüicultura comercial multi paramètric, vàlid també per totes les aigües marines.

El Kit d'aqüicultura comercial multi paramètric és una eina dissenyada específicament pel monitoreig i control de diversos paràmetres en l'aqüicultura comercial. Aquest kit proporciona la capacitat de mesurar múltiples variables importants pel correcte funcionament i seguiment dels sistemes aquícoles (Klinger-Bowen et al., 2011).

El funcionament del kit és relativament senzill. Aquest kit inclou una sèrie de compostos que s'han d'afegir a les mostres d'aigua seguint les instruccions. Posteriorment, les concentracions dels compostos es poden mesurar utilitzant un dispositiu específic similar a un espectrofotòmetre o colorímetre. Aquest dispositiu llegeix la intensitat de coloració de la mostra, que s'ha generat mitjançant les reaccions o interaccions dels compostos amb els reactius afegits (Zhou et al., 2018).

## ***ANÀLISIS ESTADÍSTICS***

S'ha utilitzat diversos mètodes d'anàlisi estadístic per obtenir informació detallada sobre les esculleres entre els que destaquen els exposats a continuació.

S'ha dut a terme una anàlisi de components principals (CA) amb el programari 'Palentological Statistics software package for education and data análisis' (PAST4) versió 4.11. Per tal d'explorar l'estructura i les relacions entre les variables. L'anàlisi de components principals ens ha ajudat a reduir la dimensionalitat de les dades i a representar-les de manera més compacta. Això ens ha permès visualitzar la distribució de les mostres en relació amb els components principals extrets i obtenir informació sobre la variabilitat de les dades i les relacions entre les variables estudiades.

Gràfics de barres creats a partir de diverses taules amb el programari Excel per tal de visualitzar i comparar el recobriment de les diferents espècies amb relació a diverses variables, com l'orientació de l'escullera, l'exposició a l'onatge, i la pressió antròpica (Vegeu Annexos; Taules de de la 4 a la 10).

L'índex de diversitat de Simpson, realitzat amb el programari 'R Studio' Versió 2023.03.1+446, és una mesura utilitzada per avaluar la diversitat d'espècies en un ecosistema. Aquest índex té en compte tant la riquesa d'espècies com la seva abundància relativa. En el nostre estudi, vam utilitzar l'adaptació de la fórmula de l'índex de diversitat de Simpson proposada en diversos estudis de les comunitats bentòniques

marines. Aquesta fórmula pren en consideració els percentatges de recobriment de les diferents espècies presents a les esculleres (T. Tomascik & F.Sander, 1987).

Posteriorment, s'ha realitzat un test de t-Student, amb el programari 'R Studio' Versió 2023.03.1+446, per analitzar la similitud entre la zona d'exposició indirecta i directa a l'onatge. Aquest test és utilitzat per comparar les mitjanes de dos grups i determinar si hi ha diferències significatives entre ells (Alberto & Turcios, 2015). En el nostre estudi, s'ha aplicat als índex de Simpson de les dues zones per determinar si existeixen diferències significatives en la diversitat i l'abundància d'espècies entre elles.

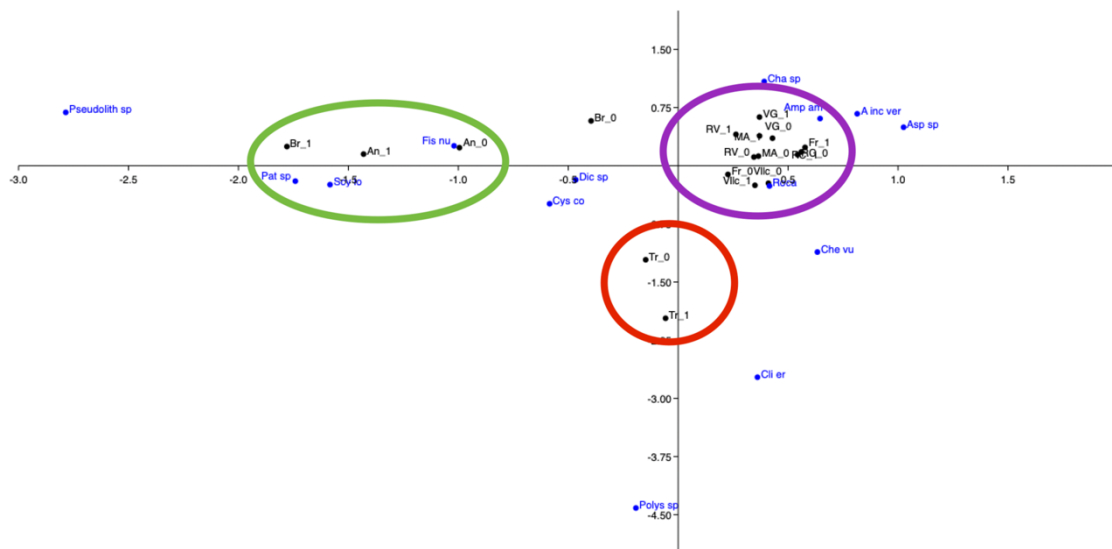
Alhora s'ha realitzat dos tests estadístics amb el programari 'R Studio' Versió 2023.03.1+446. Una prova de xi-quadrat per analitzar les relacions entre el percentatge de recobriment de les espècies i diverses variables que s'han tingut en compte durant l'estudi, com ara la pressió antròpica, l'orientació de les esculleres amb relació a la línia de costa o l'exposició a l'onatge. Aquesta prova ens ha permès avaluar si hi ha una relació significativa entre aquestes variables i el recobriment de les espècies (Lewis & Burke, 1949). Per altra banda, per analitzar les relacions entre els nutrients presents i la quantitat de superfície no recoberta per espècies, s'ha utilitzat una anàlisi de correlació utilitzant el coeficient de correlació de Pearson. Aquest coeficient ens ha permès avaluar la força i la direcció de les relacions lineals entre aquestes variables (Good, 2009).

Aquestes anàlisis estadístiques han proporcionat una comprensió més profunda de la diversitat, la distribució d'espècies i les relacions entre les variables estudiades en les esculleres. En resum, mentre el CA i els gràfics de barres proporcionen uns resultats de forma visual i qualitativa, els altres tests estadístics proporcionen informació de forma quantitativa.

## 4.RESULTATS

Cal mencionar que, per facilitat de lectura, en tots els resultats presentats s'utilitzen abreviacions per a les espècies i els punts de mostreig. S'adjunten en els annexos les correspondències dels codis utilitzats, on es detalla la relació entre les abreviacions i els noms complets de les espècies, així com els codis dels punts de mostreig i les seves ubicacions corresponents (Vegeu Annexos; Taula 3).

### 4.1. Classificació dels punts de mostreig en grups



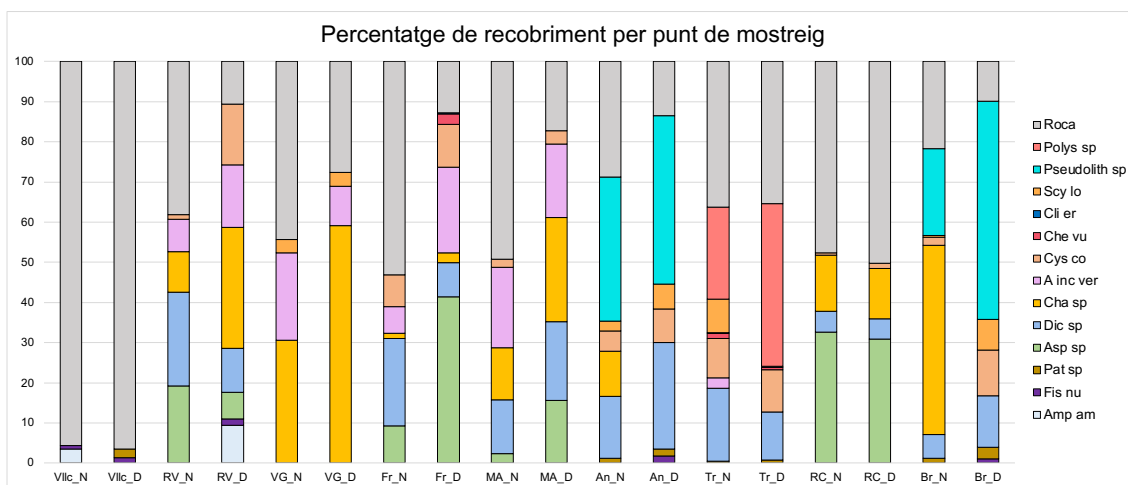
**Figura 4. Anàlisi de Components Principals (CA): Distribució dels punts de mostreig en funció del percentatge de recobriment de les espècies. Aquest gràfic s'ha elaborat amb el programari [Palentological Statistics software package for education and data análisis \(PAST4\) versió 4.11](#).**

En l'anàlisi de components principals (CA) realitzat, s'ha obtingut un gràfic que mostra clarament l'existència de tres grups diferents.

En observar el gràfic, es poden identificar tres agrupacions clarament definides que representen diferents ubicacions de mostreig. El primer grup, encerclat en verd a la part esquerra del gràfic, està format pels punts de mostreig de La Barra (Br) i Aniques (An). El segon grup, situat a la part inferior del gràfic, consisteix en un únic punt corresponent a Terramar. El tercer grup, encerclat en lila, inclou tots els altres punts de mostreig, incloent-hi els sis punts que falten.

És important destacar que, cadascuna de les tres agrupacions, inclou per cada punt de mostreig tant la zona exposada directament a l'onatge (indicada amb el numero \_1), com la zona exposada indirectament a l'onatge (indicada amb el numero \_0). Això indica que les diferències entre els grups es deu a la presència de certes espècies, tal com podem veure, però son independents de l'exposició a l'onatge.

#### 4.2. Percentatge relatiu del recobriment d'espècies respecte; els punts de mostreig, l'orientació, l'exposició a l'onatge i la pressió antròpica



**Figura 5.** Gràfic de barres apilades que mostra el recobriment d'espècies relatiu en diferents punts de mostreig de la costa. Els punts de mostreig estan ordenats en l'eix de les x de més pressió antròpica a menys. Font: Dades obtingudes amb el mostreig de camp. Aquest gràfic s'ha dut a terme amb el programari Microsoft Excel per Mac versió 16.73 (23051401).

A la Figura 5, es pot apreciar amb detall la distribució del recobriment de diferents espècies en cada punt de mostreig. A la Cala de Vallcarca (Vilc), s'observa que l'espècie *Amphibalanus amphitrite* (Amp amp) presenta el percentatge de recobriment més elevat en la zona amb exposició indirecta (N), amb un valor de 3,5%. En canvi, en la zona d'exposició directa a l'onatge (D), la seva presència és pràcticament nul·la, amb només un 0% de recobriment.

Centrant-nos ara en el port de Vilanova i la Geltrú (VG), es destaquen dues espècies dominants amb un alt grau de recobriment. *Chaetomorpha* sp (Cha sp) amb un recobriment del 59,2% en la zona d'exposició directa a l'onatge (D), i algues vermelles incrustants (*A. inc ver*) són abundants en aquest entorn portuari, amb un recobriment del 21,8% en la zona sense exposició indirecte a l'onatge (N). Cal destacar que *Chaetomorpha* sp es troba present en diferents abundàncies tant en zones amb poca

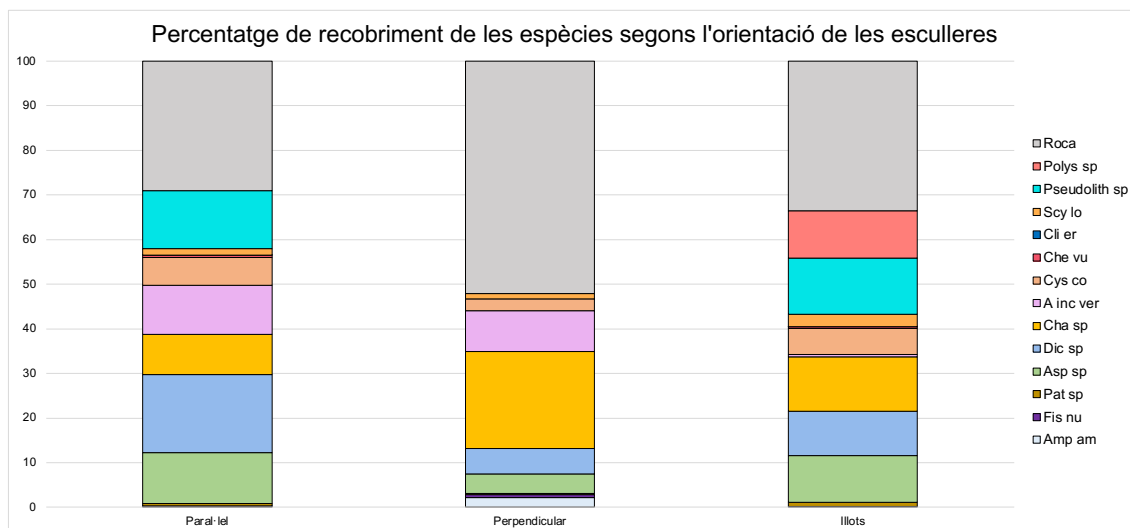
pressió com en zones amb molta pressió, i aquesta espècie es manté al llarg de tot el gradient d'estudi.

A la platja de la Fragata (Fr) es pot observar una major presència de les espècies *Asparagopsis* sp (Asp sp) i *Dictyota* sp (Dic sp).

L'espècie *Asparagopsis* sp és abundant tant a la platja de la Fragata com a la zona de Riera Chica (RC). A la platja de la Fragata, té un recobriment del 41,4% en la zona d'exposició directa a l'onatge (D) i a Riera Chica del 30,9%.

Cal assenyalar que s'han detectat altres espècies rellevants en punts concrets d'estudi. Per exemple, l'espècie *Pseudolithoderma* sp (*Pseudolith* sp) mostra una presència significativa en dos punts en particular, Aniques (An) i la Barra (Br). A Aniques, té un recobriment elevat a la zona d'exposició indirecte i directe a l'onatge, del 35,8% i el 41,8% respectivament. Mentre que a la Barra presenta un recobriment del 21,6% i el 54,3%.

Un altre exemple és el de l'espècie *Polysiphonia* sp (*Polys* sp), que es troba a la zona de Terramar (Tr). Es destaca una major presència d'aquesta espècie en la zona d'exposició directa a l'onatge, amb un recobriment del 40,4%.

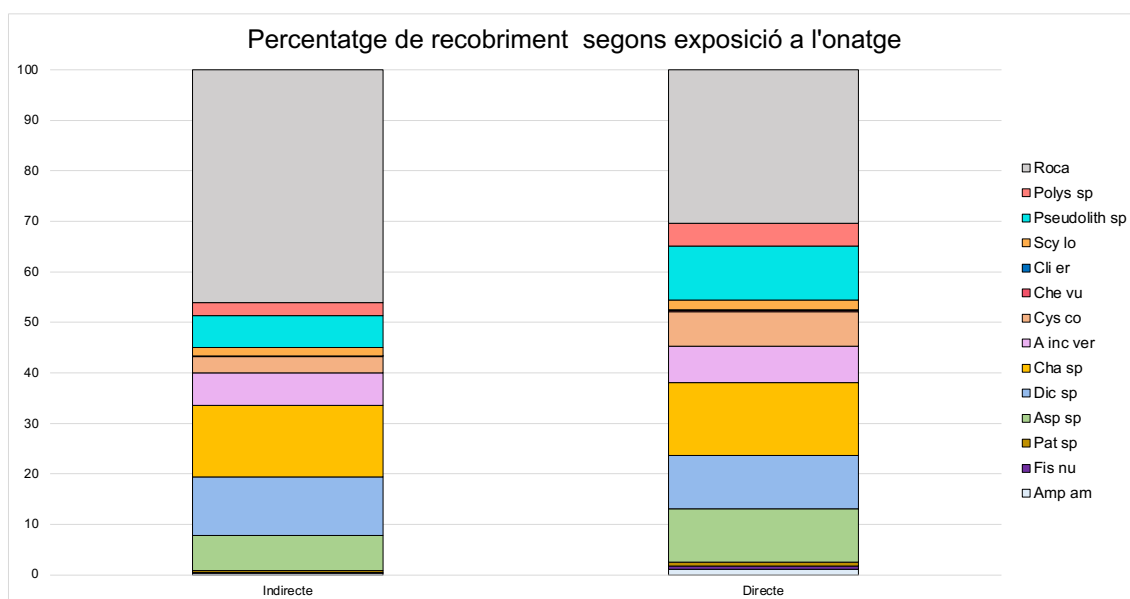


**Figura 6.** Gràfic de barres apilades que mostra el percentatge de recobriment d'espècies en les diferents morfologies d'esculleres. Font: Dades obtingudes amb el mostreig de camp. Aquest gràfic s'ha dut a terme amb el programari Microsoft Excel per Mac versió 16.73 (23051401).

A la Figura 6 es pot observar la distribució del recobriment de diferents espècies en les diferents orientacions respecte a la línia de costa mostrejades: paral·lel, perpendicular i illots.

L'espècie *Amphibalanus amphitrite* (Amp amp) presenta un recobriment més elevat en l'orientació perpendicular (2,15%), seguida de l'orientació paral·lela (0,32%) i illots (0%). En el cas de l'espècie *Chaetomorpha* sp (Cha sp), també es veu un recobriment significativament més alt en l'orientació perpendicular (21,68%), seguit de l'orientació paral·lel (9,03%) i illots (12,25%). D'altra banda, l'espècie *Dictyota* sp (Dic sp) mostra un major recobriment en l'orientació paral·lel (17,52%), seguida de l'orientació illots (9,88%) i perpendicular (5,70%).

Cal destacar que l'orientació d'illots és l'única on es detecta un recobriment de l'espècie *Polysiphonia* sp (Polys sp) amb un percentatge del 10,57%. D'altra banda, les espècies *Clibanarius* sp (Cli er) i *Patella* sp (Pat sp) mostren una presència similar en les tres morfologies, amb valors de recobriment pràcticament nuls.



**Figura 7.** Gràfic de barres apilades que mostra el percentatge de recobriment d'espècies en les dues categories d'exposició a l'onatge. Font: Dades obtingudes amb el mostreig de camp. Aquest gràfic s'ha dut a terme amb el programari Microsoft Excel per Mac versió 16.73 (23051401).

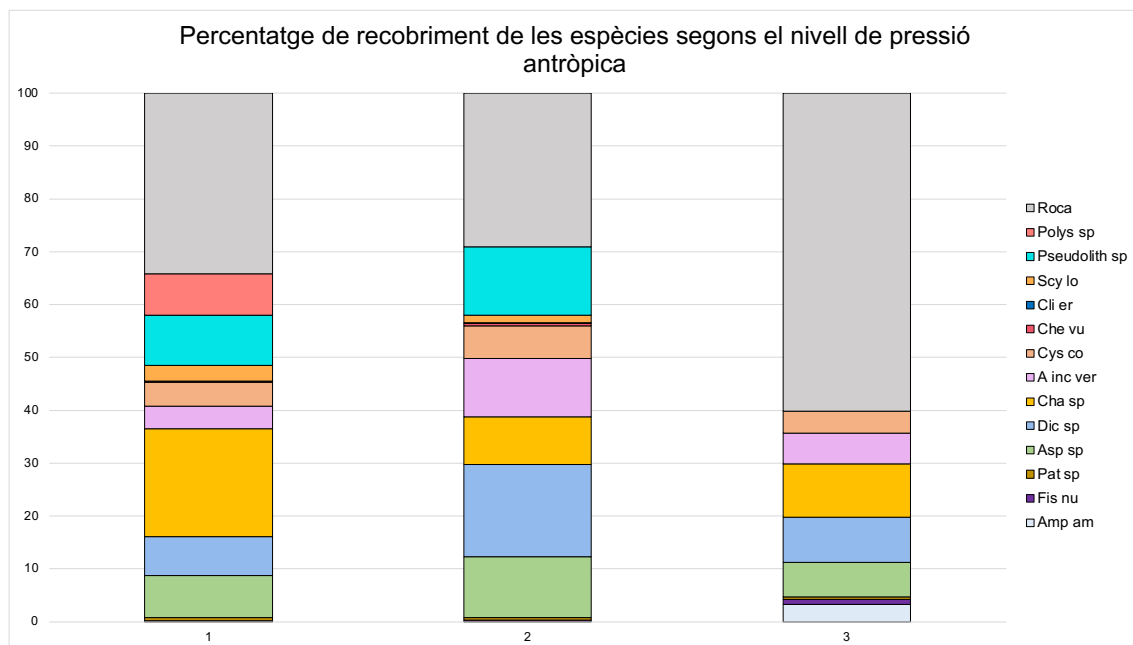
A la Figura 7, es realitza una comparació del recobriment de diferents espècies en relació amb l'exposició a l'onatge. Es pot observar que hi ha dos grups distintius: el grup d'exposició indirecta i el grup d'exposició directa.

El grup d'exposició indirecta, es caracteritza per presentar, aparentment, en general un recobriment molt similar amb el grup d'exposició directa. Per exemple, les espècies com



*Amphibalanus amphitrite* (Amp am) (0,39%), *Fissurella nubècula* (Fis nu) (0,11%), *Patella* sp (Pat sp) (0,32%) i *Dictyota* sp (Dic sp) (11,47%), entre altres, tenen un percentatge de recobriment molt similar respecte al recobriment de les mateixes al indirecte, sent en aquest de 1,04%, 0,64%, 0,84% i 10,60% respectivament.

Les espècies més esclatants serien; *Asparagopsis* sp (Asp sp) mostra un recobriment del 7,04% a la zona d'exposició indirecta, mentre que en la zona d'exposició directa aquest valor augmenta fins al 10,51%. De manera similar, *Cystoseira compressa* (Cys co) presenta un recobriment del 3,19% a la zona d'exposició indirecta, mentre que en la zona d'exposició directa aquest valor és de 6,73%. Per últim, *Pseudolithoderma* sp (Pseudolith sp) es caracteritza per un recobriment del 6,38% a la zona d'exposició indirecta i del 10,69% a la zona d'exposició directa.



**Figura 8.** Gràfic de barres apilades que mostra el percentatge de recobriment d'espècies en les tres categories de pressió antròpica. Els nivells van de 0 a 3, sent 3 la màxima pressió. Font: Dades obtingudes amb el mostreig de camp. Aquest gràfic s'ha dut a terme amb el programari Microsoft Excel per Mac versió 16.73 (23051401).

A la Figura 8, s'observa el percentatge de recobriment d'espècies en relació amb el nivell de pressió antròpica. Es pot apreciar que aparentment la composició d'espècies en general sembla mostrar poca variació en resposta a la pressió antròpica. No obstant això, es destaca la presència d'espècies com *Cerithium vulgatum* (Che Vu), *Amphibalanus amphitrite* (Amp am) i *Polysiphonia* sp (Poly sp) entre d'altres, que mostren una preferència per zones amb baixa o alta pressió antròpica. Això indica que

aquestes espècies poden ser indicadors sensibles als canvis en el nivell de pertorbació humana i poden respondre de manera diferent en funció d'aquest factor.

En el nivell 1, les espècies que presenten un major recobriment són les algues incrustades amb un 20,41%, seguides de *Dictyota* sp amb un 7,94% i *Scytosiphon lomentaria* amb un 9,49%. D'altra banda, les espècies amb una menor presència en aquest nivell són *Cerithium vulgatum* amb un 0,23%, *Clibanarius* sp amb un 0,06% i *Pseudolithoderma* sp amb un 2,91%.

En el nivell 2, les espècies amb un major recobriment són *Dictyota* sp amb un 17,52%, *Chaetomorpha* sp amb un 10,98% i *Scytosiphon lomentaria* amb un 12,95%. En canvi, *Cerithium vulgatum* amb un 0,45% i *Clibanarius* sp amb un 0,05% mostren una menor representació en aquest nivell.

En el nivell 3, les espècies més predominants en termes de recobriment són *Amphibalanus amphitrite* amb un 3,23%, *Fissurella nubecula* amb un 0,95% i *Dictyota* sp amb un 6,48%. D'altra banda, *Cerithium vulgatum*, *Clibanarius* sp, *Scytosiphon lomentaria*, *Pseudolithoderma* sp i *Polysiphonia* sp, mostren un recobriment de 0,00%, indicant una presència molt limitada en aquest nivell.

Per resumir, el nivell 1 presenta un recobriment total de les espècies del 65,88% amb un total de 12 espècies identificades en aquesta categoria. Pel que fa al nivell 2, el recobriment total és de 70,92%, amb un total de 11 espècies identificades. En el nivell 3, el recobriment total és del 39,8% amb un total de 8 espècies.

### **4.3. Diversitat d'espècies respecte a l'exposició a l'onatge**

Els resultats obtinguts en el càlcul dels índex de Simpson dels diferents punts de mostreig i que s'exposen a continuació revelen diversa informació (Vegeu Annexos; Taula 8).

En els punts de mostreig amb una exposició indirecte a l'onatge, s'observa una diversitat moderada d'espècies segons els índexs de diversitat. No obstant això, hi ha diversos índexs d'aquest grup els quals indiquen una baixa diversitat en relació a aquestes variables.

Tanmateix, en el punt de mostreig D, que està exposat directament a l'onatge, s'observa igualment una diversitat moderada d'espècies en la majoria dels índexs. Els valors dels índexs indiquen una diversitat d'espècies aparentment similar a la zona amb una exposició indirecte a l'onatge. No obstant això, l'índex de diversitat de Vilanova i la Geltrú (VG\_D) mostra una alta diversitat en comparació als altres punts.

Seguidament, s'ha realitzat un test t-Student per a les dades obtingudes en els índex de Simpson per saber la similitud entre zones d'exposició. El valor de p obtingut és 0,9085, això significa que no s'han trobat diferències significatives entre els grups d'exposició indirecte (N) i directe (D).

L'interval de confiança del 95% per a la diferència de mitjanes és de -0,1383365 a 0,1239365. Això implica que, amb un nivell de confiança del 95%, s'espera que la diferència real entre les mitjanes dels grups N i D estigui continguda en aquest interval.

D'altra banda, les estimacions de les mitjanes mostren que la mitjana de x (grup N) és de 0,3692556 i la mitjana de y (grup D) és de 0,3764556. Aquests resultats indiquen que les mitjanes dels dos grups són molt similars.

#### ***4.4. Relació entre la concentració de nutrients inorgànics i el recobriment d'espècies***

Els resultats de les correlacions entre les concentracions de nutrients i el substrat de roca no revelen associacions significatives. S'ha utilitzat el coeficient de correlació de Pearson i els p-valors per a l'anàlisi (Vegeu Annexos; Taula 9).

Els resultats de les correlacions de Pearson realitzades entre les concentracions de nutrients (nitrit, nitrat, amoni i fosfat) i el substrat de roca mostren que no hi ha una correlació significativa entre aquestes variables (Vegeu Annexos; Taula 10).

#### **4.5. *Associacions entre el recobriment d'espècies i; l'orientació, l'exposició a l'onatge i la pressió antròpica***

Els resultats de l'anàlisi del test de xi-quadrat indiquen l'existència de relacions significatives entre el recobriment d'espècies i diverses variables analitzades.

En primer lloc, el test de xi-quadrat mostra una associació significativa entre l'orientació de les esculleres respecte a la línia de costa i el recobriment d'espècies. El valor de xi-quadrat obtingut és de 74.721 amb 26 graus de llibertat, i el p-valor és de 1.331e-06. Això indica que hi ha una relació estadísticament significativa entre aquestes variables.

D'altra banda, no s'ha trobat una associació significativa entre el recobriment d'espècies i l'exposició a les ones. El resultat del test de xi-quadrat revela un valor de chi-quadrat de 7.9334 amb 13 graus de llibertat, i un p-valor de 0.8479. Això indica que no hi ha suficient evidència per rebutjar la hipòtesi nul·la i concloure que no hi ha diferències significatives en el recobriment d'espècies entre les zones exposades i no exposades al onatge.

Finalment, el test de xi-quadrat aplicat al recobriment d'espècies respecte la pressió antròpica mostra una associació significativa. El valor de xi-quadrat és de 69.143 amb 26 graus de llibertat, i el p-valor és de 8.837e-06. Aquest resultat indica que hi ha una relació estadísticament significativament negativa entre el recobriment d'espècies i la pressió antròpica a l'àrea d'estudi, és a dir, quan més augmenta la pressió antròpica menys recobriment d'espècies trobem.

En resum, els resultats del test de xi-quadrat revelen que la pressió antròpica i l'orientació són factors importants que afecten el percentatge de recobriment de les espècies a les esculleres de Sitges i Vilanova i la Geltrú, mentre que l'exposició a l'onatge no sembla tenir un efecte significatiu.

## 5.DISCUSSIÓ

En el marc d'aquest treball de recerca s'ha elaborat una anàlisi de la biodiversitat en les esculleres artificials de Sitges i Vilanova i la Geltrú, amb l'objectiu d'observar la influència de diverses variables en la distribució d'espècies. Els resultats obtinguts proporcionen una visió general d'aquests ecosistemes costaners i presenten un recurs important per a la presa de decisions en els plans de gestió i conservació de la seva diversitat biològica.

Durant l'estudi, es va veure una certa variabilitat en la composició d'espècies entre els diferents punts de mostreig, la qual cosa suggereix una diversitat d'hàbitats disponibles possiblement influenciats per factors com l'orientació respecte a la línia de costa i la pressió antropogènica (Boyd et al., 2016; Hespanhol et al., 2011). Es van identificar 3 grups de zones de mostreig que es distribueixen segons el recobriment d'unes certes espècies: un grup amb 2 punts de mostreig que es caracteritzava per la presència de *Pseudolithoderma* sp., un altre grup amb només 1 punt caracteritzat per la presència de *Polysiphonia* sp. i un tercer que agrupa tots els altres punts junts i que no es caracteritzava per la presència d'alguna espècie en concret, sinó que de vàries.

*Pseudolithoderma* sp és una espècie bentònica que es caracteritza per la seva capacitat d'adherir-se i créixer sobre substrats durs, com a roques o estructures marines (Williamson & Creese, 2010). Aquesta espècie forma colònies compactes i presenta una morfologia ramificada amb múltiples branques i apèndixs (Korpinen et al., 2008). Els punts de mostreig la Barra i Aniques poden presentar un major recobriment de *Pseudolithoderma* sp a causa de diverses raons. En primer lloc, aquests punts poden tenir característiques geomorfològiques que ofereixen substrats adequats per a l'assentament i creixement d'aquesta espècie.

Un altre factor a considerar és la disponibilitat de recursos d'aliment. *Pseudolithoderma* sp. s'alimenta de partícules orgàniques suspeses en l'aigua, com a detritus i microorganismes, que poden estar més presents en els punts a causa de factors com la influència dels corrents o l'acumulació de matèria orgànica en aquestes àrees (Boström & Bonsdorff, 1997). De fet, cal destacar que en tots dos punts es van trobar peixos morts (Vegeu Annex; Taula 1), els quals poden contribuir a l'acumulació de matèria orgànica i, per tant, augmentar la disponibilitat de recursos alimentaris.

*Polysiphonia* sp. és un gènere d'alga vermella filamentosa que pertany a la família Rhodomelaceae (Kim et al., 2004). Les espècies de *Polysiphonia* es caracteritzen per

tenir talussos multicel·lulars amb estructures filamentoses i ramificades (Krohn et al., 2005). El lloc de mostreig Terramar està relacionat amb la presència de *Polysiphonia* sp. Aquesta espècie té la capacitat de colonitzar substrats rocosos i estructures submergides, la qual cosa podria explicar la seva presència en el punt Terramar, que presenta un substrat adequat per al seu creixement i desenvolupament. La textura del substrat, el qual era més porós, podria proporcionar els ancoratges necessaris perquè aquestes algues s'adhereixin i creixi. A més, la coloració de les roques pot ser una característica deguda a la composició química específica que pot afavorir aquesta espècie.

En relació amb l'orientació de les esculleres respecte a la línia de costa, s'han observat diferències significatives en la composició d'espècies i en el percentatge de recobriment entre les esculleres amb orientacions paral·leles, perpendiculars i en forma d'illots. Això ho podem veure amb els resultats del test xi-quadrat, els quals mostren aquestes diferències significatives.

Les esculleres amb una orientació paral·lela mostren un recobriment d'espècies més elevat en comparació a les esculleres perpendiculars i en forma d'illots. Aquest fet podria explicar-se a partir del fet que les esculleres paral·leles proporcionen condicions més favorables en l'exposició a la llum solar. Això podria facilitar el desenvolupament d'aquests organismes bentònics sèssils (Mendoza-González et al., 2013).

A més, s'ha observat que l'orientació de les esculleres paral·leles mostra els recobriments més alts d'unes certes espècies, com *Dictyota* sp, *Chaetomorpha* sp i *Pseudolithoderma* sp, en comparació amb les esculleres perpendiculars i en forma d'illots. D'altra banda, les esculleres perpendiculars presenten una major presència d'espècies com *Amphibalanus amphitrite*, *Fissurella nubecula* i *Chaetomorpha* sp, mentre que les esculleres en forma d'illots mostren una combinació de diferents espècies, incloent *Patella* sp, *Asparagopsis* sp *Polysiphonia* sp. Aquests resultats recolzen la influència de la orientació en la distribució i abundància d'espècies en les comunitats bentòniques, creant hàbitats específics que afavoreixen la presència d'unes espècies determinades.

Hi ha diversos factors que podrien explicar per què el recobriment d'espècies és inferior en les esculleres amb una orientació perpendicular respecte a la línia de costa. Un dels motius pot ser la limitada disponibilitat de nutrients i sediments en aquestes zones (Muñoz Pérez & Gutiérrez Más, 1999). Aquesta situació pot ser causada per diversos factors. Per exemple, les corrents marines poden transportar els nutrients i sediments

en direcció paral·lela a la costa, reduint la seva aportació a les esculleres amb orientació perpendicular (Roselló i Verger, 1986).

A més, en aquest estudi es va observar que les esculleres amb orientació perpendicular també presentaven una major pressió antròpica. Cal destacar que aquestes esculleres es trobaven a llocs com la Cala de Vallcarca i la Riera de Vallcarca, classificades com a nivell 3 de pressió antròpica, i el port de Vilanova i la Geltrú, que tot i ser de nivell 2, té una gran activitat com a port comercial. Això implica que aquestes zones estan sotmeses a una major intervenció humana, la qual cosa pot afectar negativament el recobriment d'espècies.

La similitud en la composició d'espècie entre zona exposada directament i indirectament a l'onatge d'un mateix lloc de mostreig es veu també recolzada per la manca d'associació significativa entre el percentatge de recobriment d'espècies i l'exposició a l'onatge. És possible que les condicions de les onades en la zona estudiada no siguin de gran intensitat, el que podria explicar la falta de diferències significatives en el recobriment entre les diferents zones d'exposició a l'onatge. Cal afegir que la presència generalitzada d'esculleres pot actuar com a protecció contra les onades, reduint la seva intensitat i els seus efectes sobre el recobriment de les espècies.

Pel que fa a la pressió antròpica sobre l'entorn marí, es va trobar una associació significativament negativa entre la intensitat i el percentatge de recobriment d'espècies. Aquesta relació pot ser atribuïda al fet que les estructures antropogèniques generen modificacions que poden afavorir o limitar la presència de determinades espècies (Elahi et al., 2015). Per exemple, la construcció de molls i ports, encara que s'hagi vist que en algunes ocasions pot proporcionar substrats artificials i refugi per a algunes espècies, també pot resultar en una pèrdua de biodiversitat (Harley et al., 2006).

Els gràfics de barres ens permeten observar que aparentment podria haver-hi una major densitat d'espècies en les zones amb una pressió antropogènica 2 que no pas al nivell 1, fet que es podria explicar amb la teoria de la pressió mitjana.

La teoria de la pressió mitjana argumenta que quan la pressió antropogènica és molt baixa, les espècies més sensibles o especialitzades poden ser les úniques capaces de sobreviure, mentre que en situacions de pressió extrema, només les espècies més tolerants poden sobreviure (Carreras & Garcia, 1986; Merino et al., 1983). No obstant això, en una zona amb una pressió moderada, es crea un equilibri on hi ha una varietat d'espècies que tenen la capacitat d'adaptar-se i sobreviure en condicions més estables (Nottt & Brady, 1994).

A més, aquestes estructures poden alterar la hidrodinàmica local, creant microhàbitats amb condicions més favorables per a l'assentament i desenvolupament d'alguns grups, i més desfavorables per altres (Aguilera et al., 2014).

És important destacar que la disminució de la diversitat d'espècies pot comportar conseqüències negatives per al funcionament dels ecosistemes costaners (Mccauley et al., 2015). Les espècies juguen un paper fonamental en les xarxes tròfiques i en els processos ecològics, com ara la ciclació de nutrients i l'estabilitat dels ambients (Arrigo, 2005). Aleshores, la pèrdua d'aquesta ocasionada per la pressió antròpica pot pertorbar certs processos i comprometre la resiliència (McLeod et al., 2008) de l'ecosistema davant de perturbacions naturals o antropogèniques.

En poques paraules, els resultats recalquen la necessitat d'implementar mesures de conservació i gestió adequades per a mitigar els impactes negatius de l'artificialització i promoure la biodiversitat i el funcionament saludable d'aquests ecosistemes.

L'amoni i els fosfats són nutrients essencials per als organismes marins i tenen un paper important en els processos biològics i químics del medi marí. L'amoni és utilitzat pels organismes per a la síntesi de proteïnes i com a nutrients per a les plantes marines (Liddicoat et al., 1975), mentre que els fosfats són essencials per al creixement de les plantes i limiten la producció primària en algunes regions oceàniques (Johnson & Petty, 1982). Mantenir un equilibri i disponibilitat adequats d'aquests nutrients és crucial per a la salut dels ecosistemes marins.

Si observem la concentració d'aquests dos nutrients als diferents punts de mostreig (Vegeu Annexos; Taula 11) podem veure que les concentracions d'amoni oscil·len entre 2,2925 i 4,4. Això vol dir que es troben en un rang moderat, amb valors lleugerament superiors a 4, que podrien arribar a considerar-se moderadament elevats.

En el cas del fosfat veiem que les concentracions oscil·len entre <0,2 i 0,95, és a dir, es troben en un rang relativament baix, amb valors inferiors a 1.

En general, les concentracions d'amoni i fosfat mostren una variabilitat en el rang de moderadament elevades per a l'amoni i baixes per al fosfat. Cal destacar que els nivells òptims de nutrients varien segons els ecosistemes marins i les espècies presents.

Cal esmentar el concepte dels bioindicadors i la seva importància en l'estudi de les esculleres i la biodiversitat marina. Els bioindicadors són espècies o grups d'organismes que, a causa de la seva sensibilitat als canvis ambientals, proporcionen informació valuosa sobre la qualitat de l'ecosistema i la salut ambiental. La seva presència,



abundància i resposta a diferents factors ambientals poden indicar l'estat de l'entorn i els possibles impactes sobre la biodiversitat.

En aquest context, es destaca la rellevància de *Cherithium vulgatum* com un bioindicador en l'estudi de les esculleres. Aquesta espècie de caragol marí el qual pot exercir un paper fonamental en l'avaluació de l'estat d'aquests ecosistemes costaners.

*Cherithium vulgatum* es troba associat a substrats durs, com les roques i estructures marines presents en les esculleres (Zdun & Ignat'ev, 1980). La seva presència en aquestes àrees pot indicar un hàbitat saludable, amb una bona qualitat de l'aigua i nivells adequats de nutrients (Nicolaidou & Nott, 1999). A més, la seva distribució i abundància poden reflectir la disponibilitat d'aliment i la diversitat d'espècies presents en l'entorn.

Aquest caragol ermità vermell, és considerat un bioindicador de pressió antropogènica, degut que és sensible a canvis en les condicions ambientals causats per activitats humanes, com ara la contaminació, l'alteració de l'hàbitat i la degradació dels ecosistemes costaners (López Soriano, 2002). Això explicaria la nul·la presència d'aquesta espècie en els punts amb un nivell de pressió antròpica 3.

Cal destacar alhora la presència de *Amphibalanus amphitrite*, una espècie invasora, coneguda com percebe australià o percebe colonial, és una espècie que ha aconseguit colonitzar diferents àrees marines a tot el món, incloses les esculleres (Li et al., 2016).

Aquesta espècie invasora ha demostrat una notable capacitat d'adaptació i supervivència en ambients altament modificats i pertorbats, com aquells amb un alt nivell de artificialització (Zhang et al., 2022). La falta de competidors i depredadors naturals en aquests entorns pot afavorir el seu establiment i proliferació. Aquest fet podria explicar la presència d'aquesta espècie en esculleres amb un nivell 3 de pressió antròpica però no en els nivells 1 o 2.

A més, cal tindre en compte que la presència d'aquestes en les esculleres també pot tenir implicacions per a la funcionalitat i el rendiment d'aquestes infraestructures. El creixement i l'acumulació de percebes colonials poden alterar la hidrodinàmica local i afectar l'eficàcia de l'escullera com una barrera de protecció costanera (Castiñeira Buceta Campelo, 2013).

La gestió i conservació d'aquests ecosistemes marins, basada en els resultats obtinguts, requereix la implementació d'un conjunt de mesures. En primer lloc, és necessari establir àrees marines protegides que conservin els hàbitats i espècies clau identificades en

l'estudi (Delauney et al., 2010). Aquestes àrees és on s'han d'implementar regulacions específiques que limitin l'activitat humana i promoguin practiques sostenibles.

El control de la contaminació marina és un altre aspecte important per la gestió i conservació (Kröger et al., 2002). S'han de prendre mesures per reduir les descàrregues contaminants al mar i promoure pràctiques sostenibles en sectors com la indústria, l'agricultura i el turisme (Siung-Chang, 1997).

A més, cal continuar amb la recerca i el seguiment dels ecosistemes marins per a obtenir una comprensió més profunda dels processos que afecten la distribució d'espècies i la resposta dels ecosistemes a l'artificialització. Això permetrà millorar les estratègies de gestió i conservació a llarg termini.

En conclusió, la gestió i conservació dels ecosistemes marins, basada en els resultats de l'estudi, requereix la implementació d'un conjunt de mesures que inclouen la protecció dels hàbitats, la reducció de la contaminació, la restauració d'àrees degradades, la promoció de la recerca i la cooperació internacional. Aquestes mesures són essencials per preservar la biodiversitat marina i assegurar la sostenibilitat a llarg termini d'aquests valuosos ecosistemes.

Cal tindre en compte algunes limitacions en aquest estudi com el fet que el mostreig es va realitzar de manera puntual en un determinat període de l'any, la qual cosa pot limitar la representativitat de les dades i no reflectiu les fluctuacions estacionals o altres condicions que poden variar al llarg de l'any. A més, el nombre de punts de mostreig duts a terme durant l'estudi va ser limitat.

Per tant, cal interpretar els resultats reconeixent les limitacions a la metodologia i l'abast de la investigació.

A més, és important ressaltar que la conservació de la biodiversitat en les esculleres no sols beneficia a les espècies autòctones, sinó que també pot tenir un impacte positiu en el benestar humà (Fleming et al., 2006). Els ecosistemes costaners saludables proporcionen serveis ecosistèmics essencials, com la protecció costanera contra tempestes i la generació de recursos pesquers, que són crucials per a les comunitats locals (Díaz-Carrasco et al., 2021).

Aquests resultats posen de manifest la importància d'incloure diverses variables ambientals en l'anàlisi de la distribució i abundància de les espècies i la seva relació amb l'entorn. Destaquen la necessitat de continuar investigant i explorant noves perspectives per a aconseguir una millor comprensió dels processos ecològics en

aquests ecosistemes costaners. Només a través d'una recerca contínua i enfocaments multidisciplinaris podrem obtenir un coneixement més complet i precís d'aquests sistemes i, en conseqüència, desenvolupar estratègies de conservació més efectives.

La cooperació internacional, la recerca contínua i l'enfocament holístic són clau per aconseguir una gestió sostenible i efectiva d'aquests valuosos ecosistemes.

## 6. CONCLUSIÓ

L'estudi realitzat ha proporcionat diverses conclusions rellevants sobre la composició i distribució de les espècies en els ecosistemes marins. S'ha demostrat que la orientació del substrat respecte a la línia de costa i el nivell de pressió antropogènica tenen un impacte significatiu en aquestes comunitats.

En relació a la pressió antropogènica, s'ha observat que aquest factor influeix en la presència i abundància d'espècies sensibles i tolerants. Això indica que les activitats humanes i les estructures artificials tenen un efecte directe sobre la biodiversitat marina.

D'altra banda, s'ha constatat que la orientació del substrat també és un determinant clau en la distribució de les espècies. Les àrees amb substrats rocosos han mostrat una major presència d'espècies, mentre que les zones amb substrats arenosos han presentat una disminució en la diversitat i abundància.

Pel que fa als factors ambientals, s'ha trobat una correlació significativa entre els nivells de nutrients i la presència d'algunes espècies. Això destaca la importància dels recursos i condicions ambientals en la configuració de les comunitats marines.

Malgrat això, no s'ha detectat una relació significativa entre el percentatge de recobriment d'espècies i l'exposició a les ones o la concentració de nutrients inorgànics en aquest estudi. Això indica que altres factors no considerats en aquest treball poden exercir una influència més rellevant.

En resum, aquest estudi proporciona una visió clara de la importància de la orientació del substrat i la pressió antropogènica en la distribució i diversitat de les espècies marines. Aquests resultats tenen implicacions importants per a la gestió i conservació dels ecosistemes marins, i posen de manifest la necessitat de promoure mesures de protecció i restauració, així com un control adequat de la contaminació. A més, es destaca la importància de continuar investigant i monitorant aquests ecosistemes per a millorar la nostra comprensió i implementar accions de conservació efectives.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- Aguilera, M. A., Broitman, B. R., & Thiel, M. (2014). *Spatial variability in community composition on a granite breakwater versus natural rocky shores: Lack of microhabitats suppresses intertidal biodiversity*. <http://www.bedim.cl/publications/aguileraetalIMARPOLLBULL2014.pdf>
- Akbari, H., Menon, S., & Rosenfeld, A. (2009). Global cooling: increasing world-wide urban albedos to offset CO<sub>2</sub>. *Climatic Change*, 94, 275–286. <https://doi.org/10.1007/s10584-008-9515-9>
- Alberto, R., & Turcios, S. (2015). t-Student: Usos y abusos. *Revista Mexicana de Cardiología*, 26(1), 59–61. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-21982015000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-21982015000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Amalan, K., Ratnayake, A. S., Ratnayake, N. P., Weththasinghe, S. M., Dushyantha, N., Lakmali, N., & Premasiri, R. (2018). Influence of nearshore sediment dynamics on the distribution of heavy mineral placer deposits in Sri Lanka. *Environmental Earth Sciences*, 77(21). <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85056401833&origin=inward&txGid=8ed392ccb3dd6c8a18d800ec4dad7ba9>
- Arrigo, K. R. (2005). *Marine microorganisms and global nutrient cycles*. <https://doi.org/10.1038/nature04158>
- Bagheri, M., Ibrahim, Z. Z., Akhir, M. F., Talaat, W. I. A. W., Oryani, B., Rezanian, S., Wolf, I. D., & Pour, A. B. (2021). Developing a Climate Change Vulnerability Index for Coastal City Sustainability, Mitigation, and Adaptation: A Case Study of Kuala Terengganu, Malaysia. *Land* 2021, Vol. 10, Page 1271, 10(11), 1271. <https://doi.org/10.3390/LAND10111271>
- Betzold, C., & Mohamed, I. (2017). Seawalls as a response to coastal erosion and flooding: a case study from Grande Comore, Comoros (West Indian Ocean). *Regional Environmental Change*, 17(4), 1077–1087. <https://doi.org/10.1007/S10113-016-1044-X/FIGURES/2>
- Boretti, A., & Rosa, L. (2019). Reassessing the projections of the World Water Development Report. *Npj Clean Water* 2019 2:1, 2(1), 1–6. <https://doi.org/10.1038/s41545-019-0039-9>

- Boström, C., & Bonsdorff, E. (1997). Community structure and spatial variation of benthic invertebrates associated with *Zostera marina* (L.) beds in the northern Baltic Sea. *J Sea Res*, 37(1–2), 153–166. [https://doi.org/10.1016/s1385-1101\(96\)00007-x](https://doi.org/10.1016/s1385-1101(96)00007-x)
- Boyd, P. W., Cornwall, C. E., Davison, A., Doney, S. C., Fourquez, M., Hurd, C. L., Lima, I. D., & McMinn, A. (2016). Biological responses to environmental heterogeneity under future ocean conditions. *Global Change Biology*, 22(8), 2633–2650. <https://doi.org/10.1111/GCB.13287>
- Burt, J. A., & Bartholomew, A. (2019). *Towards more sustainable coastal development in the Arabian Gulf: Opportunities for ecological engineering in an urbanized seascape*. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.024>
- Canals, M., Company, J. B., Martin, D., & Ramírez-Llodrà, E. (2013). *Integrated study of Mediterranean deep canyons: Novel results and future challenges*.
- Cantasano, N., Boccalaro, F., & Ietto, F. (2022). Assessing of detached breakwaters and beach nourishment environmental impacts in Italy: a review. *Environmental Monitoring and Assessment* 2022 195:1, 195(1), 1–18. <https://doi.org/10.1007/S10661-022-10666-9>
- Carreras, B. A., & Garcia, A. (1986). *Theory of resistive pressure-gradient-driven turbulence*. <https://www.osti.gov/servlets/purl/7043961>
- Castiñeira Buceta Campelo, J. (2013). La Acuicultura social de bivalvos: un nuevo concepto. *Revista AquaTIC*, 39. <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=p&c=276>
- Costanza, R. (1999). The ecological, economic, and social importance of the oceans. *Ecological Economics*, 31, 199–213. [www.elsevier.com/locate/ecocon](http://www.elsevier.com/locate/ecocon)\*
- Delauney, L., Compère, C., & Lehaitre, M. (2010). Biofouling protection for marine environmental sensors. *Ocean Sci*, 6, 503–511. <https://doi.org/10.5194/os-6-503-2010>
- Díaz-Carrasco, P., Eldrup, M. R., & Lykke Andersen, T. (2021). Advance in wave reflection estimation for rubble mound breakwaters: The importance of the relative water depth. *Coastal Engineering*, 168, 103921. <https://doi.org/10.1016/J.COASTALENG.2021.103921>

- Direcció General de Polítiques Ambientals, D. de T. i S. de la G. de C. (2014). *Fitxes de les Zones Especials de Conservació de la regió mediterrània derivades de l'Instrument de gestió aprovat en l'Acord de Govern 150/2014, de 4 de novembre Novembre 2014 COSTES DEL GARRAF ES5110020.*
- Elahi, R., O'Connor, M. I., Byrnes, J. E. K., Dunic, J., Eriksson, B. K., Hensel, M. J. S., & Kearns, P. J. (2015). Recent Trends in Local-Scale Marine Biodiversity Reflect Community Structure and Human Impacts. *Current Biology*, 25(14), 1938–1943. <https://doi.org/10.1016/J.CUB.2015.05.030>
- Fitch, J. E., & Crowe, T. P. (2012). Combined effects of inorganic nutrients and organic enrichment on intertidal benthic macrofauna: An experimental approach. *Marine Ecology Progress Series*, 461, 59–70. <https://doi.org/10.3354/meps09819>
- Fleming, L. E., Broad, K., Clement, A., Dewailly, E., Elmir, S., Knap, A., Pomponi, S. A., Smith, S., Solo Gabriele, H., & Walsh, P. (2006). Oceans and human health: Emerging public health risks in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 53(10–12), 545. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2006.08.012>
- García de Pedraza, L. (n.d.). *El clima de nuestras costas.*
- Gili, J. M., & Ros, J. (1985). Study and Cartography of the Benthic Communities of Medes Islands (NE Spain). *Marine Ecology*, 6(3), 219–238. <https://doi.org/10.1111/J.1439-0485.1985.TB00323.X>
- Glasby, T. M., Connell, S. D., Holloway, M. G., & Hewitt, C. L. (2007). Nonindigenous biota on artificial structures: Could habitat creation facilitate biological invasions? *Marine Biology*, 151(3), 887–895. <https://doi.org/10.1007/S00227-006-0552-5/FIGURES/5>
- Gohari, A., Eslamian, S., Mirchi, A., Abedi-Koupaei, J., Massah Bavani, A., & Madani, K. (2013). Water transfer as a solution to water shortage: A fix that can Backfire. *Journal of Hydrology*, 491(1), 23–39. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2013.03.021>
- González Reverté, F. (2010). *El modelo de reestructuración turística de la Costa Daurada.*
- Good, P. (2009). *Robustness of Pearson correlation.*

- Harley, C. D. G., Hughes, A. R., Hultgren, K. M., Miner, B. G., Sorte, C. J. B., Thornber, C. S., Rodriguez, L. F., Tomanek, L., & Williams, S. L. (2006). The impacts of climate change in coastal marine systems. In *Ecology Letters* (Vol. 9, Issue 2, pp. 228–241). <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00871.x>
- Hespanhol, H., Séneca, A., Figueira, R., & Sérgio, C. (2011). Microhabitat effects on bryophyte species richness and community distribution on exposed rock outcrops in Portugal. <Http://Dx.Doi.Org/10.1080/17550874.2011.616546>, 4(2–3), 251–264. <https://doi.org/10.1080/17550874.2011.616546>
- Hiscock, K., Southward, A., Tittley, I., & Hawkins, S. (2004). Effects of changing temperature on benthic marine life in Britain and Ireland. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 14(4), 333–362. <https://doi.org/10.1002/AQC.628>
- Isaacson, M., Baldwin, J., Allyn, N., & Cowdell, S. (2000). Wave Interactions with Perforated Breakwater. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 126(5), 229–235. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-950X\(2000\)126:5\(229\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-950X(2000)126:5(229))
- J., S. (1981). Manual of methods in aquatic environment research. Pt. 8 - Ecological assessment of pollution effects. *FAO Fisheries Technical Papers (FAO). No. 209*. <https://doi.org/10.3/JQUERY-UI.JS>
- Johnson, K. S., & Petty, R. L. (1982). Determination of Phosphate in Seawater by Flow Injection Analysis with Injection of Reagent. *Analytical Chemistry*, 54(7), 1185–1187. [https://doi.org/10.1021/AC00244A039/ASSET/AC00244A039.FP.PNG\\_V03](https://doi.org/10.1021/AC00244A039/ASSET/AC00244A039.FP.PNG_V03)
- Kemp, W. M., Faganeli, J., Puskaric, S., Smith, E. M., & Boynton, W. R. (2011). *Pelagic-Benthic Coupling and Nutrient Cycling*. 295–339. <https://doi.org/10.1029/CE055P0295>
- Kim, M.-S., Yang, E. C., Mansilla, A., & Boo, S. M. (2004). Recent introduction of *Polysiphonia morrowii* (Ceramiales, Rhodophyta) to Punta Arenas, Chile. *Botanica Marina*, 47, 389–394. <https://doi.org/10.1515/BOT.2004.053>
- Klinger-Bowen, R. C., Tamaru, C. S., Fox, B. K., MCGovern-Hopkins, K., & Howerton, R. (2011). *Testing your Aquaponic System Water: A Comparison of Commercial Water Chemistry Methods*.



- Korpinen, S., Jormalainen, V., & Ikonen, J. (2008). Selective consumption and facilitation by mesograzers in adult and colonizing macroalgal assemblages. *Marine Biology*, 154(5), 787–794. <https://doi.org/10.1007/S00227-008-0971-6/FIGURES/3>
- Kröger, S., Piletsky, S., & Turner, A. P. F. (2002). Biosensors for marine pollution research, monitoring and control. *Marine Pollution Bulletin*, 45(1–12), 24–34. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(01\)00309-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(01)00309-5)
- Krohn, K., Dai, J., Flörke, U., Rgen Aust, H.-J., Drä, S., & Schulz, B. (2005). *Botryane Metabolites from the Fungus Geniculosporium sp. Isolated from the Marine Red Alga Polysiphonia*. <https://doi.org/10.1021/np0498206>
- Lewis, D., & Burke, C. J. (1949). The use and misuse of the chi-square test. *Psychological Bulletin*, 46(6), 433–489. <https://psycnet.apa.org/record/1950-03506-001>
- Li, H. X., Getzinger, G. J., Ferguson, P. L., Orihuela, B., Zhu, M., & Rittschof, D. (2016). Effects of Toxic Leachate from Commercial Plastics on Larval Survival and Settlement of the Barnacle Amphibalanus amphitrite. *Environmental Science and Technology*, 50(2), 924–931. [https://doi.org/10.1021/ACS.EST.5B02781/SUPPL\\_FILE/ES5B02781\\_SI\\_001.PDF](https://doi.org/10.1021/ACS.EST.5B02781/SUPPL_FILE/ES5B02781_SI_001.PDF)
- Liddicoat, M. I., Tibhitts, S., & Butler, E. I. (1975). The determination of ammonia in seawater. *Limnology and Oceanography*, 20(1), 131–132. <https://doi.org/10.4319/LO.1975.20.1.0131>
- López Soriano, J. (2002). Estudio comparativo de dos poblaciones de Cerithium vulgatum de las costas catalanas . *Spira*, 1, 15–20.
- Martins, G. M., Amaral, A. F., Wallenstein, F. M., & Neto, A. I. (2009). Influence of a breakwater on nearby rocky intertidal community structure. *Marine Environmental Research*, 67(4–5), 237–245. <https://doi.org/10.1016/J.MARENRES.2009.03.002>
- Mccauley, D. J., Pinsky, M. L., Palumbi, S. R., Estes, J. A., Joyce, F. H., & Warner, R. R. (2015). *Marine defaunation: Animal loss in the global ocean*. <https://doi.org/10.1126/science.1255641>
- McLeod, E., Salm, R., Green, A., & Almany, J. (2008). *Designing marine protected area networks to address the impacts of climate change* . 7(7). [https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1890/070211?casa\\_tok](https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1890/070211?casa_tok)

en=w9fgfY7BfZgAAAAA:tJi6PgWI-dFHO9ebTbok4fMM3fbUOlRZ-  
ymCnzktKt3MC\_IgwC5Y5s-7BC9tw8q7HvFdthH1XoyZvg

*Medi físic. Medi Ambient i Sostenibilitat*. (n.d.). Retrieved April 10, 2023, from [https://mediambient.gencat.cat/ca/05\\_ambits\\_dactuacio/patrimoni\\_natural/senp\\_catalunya/espais\\_sistema/barcelona/cga/medifici/](https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/senp_catalunya/espais_sistema/barcelona/cga/medifici/)

Mendoza-González, G., Martínez, M. L., Rojas-Soto, O. R., Vázquez, G., & Gallego-Fernández, J. B. (2013). Ecological niche modeling of coastal dune plants and future potential distribution in response to climate change and sea level rise. *Global Change Biology*, 19(8), 2524–2535. <https://doi.org/10.1111/GCB.12236>

Merino, E., Ortoleva, P., & Strickholm, P. (1983). Contributions to Mineralogy and Petrology Generation of Evenly-Spaced Pressure-Solution Seams During (Late) Diagenesis: A Kinetic Theory t. *Contrib Mineral Petrol*, 82, 360–370.

Muñoz Pérez, J. J., & Gutiérrez Más, J. M. (1999). *Tipología i eficacia de los espigones de escollera construidos para la mejora de la estabilidad de las playas del litoral Atlántico de la provincia de Cádiz*. <https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/15022/espigones%20escollera%20BoI.Geol.Min.99.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Murali, K., & Mani, J. S. (1997). Performance of Cage Floating Breakwater. *Journal of Waterway Port Coastal and Ocean Engineering-Asce*, 123(4), 172–179. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-950X\(1997\)123:4\(172\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-950X(1997)123:4(172))

Mustapha, B., Abed, E., Komatsu, T., Souissi, A., Sammari, Vh., Zarrouk. S., & Hattour, A. (2002). *Tunisian mega benthos from Infra (Posidonia meadows) and circalittoral (Coralligenous) sites Item Type Journal Contribution*. <http://hdl.handle.net/1834/222>

Myers, S. S., Gaffikin, L., Golden, C. D., Ostfeld, R. S., Redford, K. H., Ricketts, T. H., Turner, W. R., & Osofsky, S. A. (2013). Human health impacts of ecosystem alteration. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(47), 18753–18760. <https://doi.org/10.1073/PNAS.1218656110/ASSET/757DD96C-992A-48EB-A894-94F05F82E2A8/ASSETS/GRAPHIC/PNAS.1218656110FIG02.JPEG>

Nicolaidou, A., & Nott, J. A. (1999). The Role of the Marine Gastropod *Cerithium Vulgatum* in the Biogeochemical Cycling of Metals. *Biogeochemical Cycling and Sediment Ecology*, 137–146. [https://doi.org/10.1007/978-94-011-4649-4\\_7](https://doi.org/10.1007/978-94-011-4649-4_7)

- Nottt, P. R., & Brady, J. F. (1994). Pressure-driven flow of suspensions : simulation and theory. *J. Fluid Mech*, 157–199.
- Olcina, J. (2020). Climate, climate change and climate risks in the mediterranean litoral: Opportunities for geography. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 66(1), 159–182. <https://doi.org/10.5565/rev/dag.629>
- Orlando-Bonaca, M., & Lipej, L. (2009). *Benthic macroalgae as bioindicators of the ecological status in the Gulf of Trieste*. 22, 63–72. <https://www.researchgate.net/publication/242219853>
- Oyebande, L., & Adeaga, O. (2011). *Flow simulation in an ungauged basin using digital elevation model*. . <https://www.researchgate.net/publication/237456561>
- Pahl-Wostl, C., Mostert, E., & Tàbara, D. (2008). *The Growing Importance of Social Learning in Water Resources Management and Sustainability Science*. <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art24/>
- Portella Angelo, E. (2019). *Diseño de espigón mediante hexápodo de concreto como defensa ribereña en el Distrito de San Antonio de Cumbaza*.
- Rams Ríos, M. (2021). *Dofí ratllat, mular i cap d'olla gris : estudi de la seva distribució a les costes del Garraf*. [https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2021/259007/TFG\\_DEFINITIU.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2021/259007/TFG_DEFINITIU.pdf)
- Robertson, T. (2015). *Malthusian moment : global population growth and the birth of American environmentalism* (Vol. 42).
- Roselló i Verger, V. (1986). *L'Artificialització del litoral valencià*. 38, 1–28. <https://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/30819/1-28.pdf?sequence=1>
- Sagarra, E. B. i. (2006). Els ecosistemes marins a Catalunya: valoració, impactes i actuacions per a la seva preservació. *Atzavara, L'*, 14, 99–110. <https://raco.cat/index.php/Atzavara/article/view/69900>
- Situació i dades bàsiques. Medi Ambient i Sostenibilitat*. (n.d.). Retrieved April 10, 2023, from [https://mediambient.gencat.cat/ca/05\\_ambits\\_dactuacio/patrimoni\\_natural/senp\\_catalunya/espais\\_sistema/barcelona/cga/situacio/](https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/senp_catalunya/espais_sistema/barcelona/cga/situacio/)

- Siung-Chang, A. (1997). A review of marine pollution issues in the Caribbean. *Environmental Geochemistry and Health*, 19, 45–55.
- Skemp, S. (2013). *DE-EE0000319 Final Technical Report [National Open-ocean Energy Laboratory]*. <https://doi.org/10.2172/1111548>
- T. Tomascik, & F. Sander. (1987). *Effects of eutrophication on reef-building corals*. 94, 53–75.
- Takahashi, S., & Takahashi, S. (2002). *DESIGN OF VERTICAL BREAKWATERS Version 2.1) Revised Version of DESIGN OF VERTICAL BREAKWATERS\**.
- Teh, H. M. (2013). Hydraulic Performance of Free Surface Breakwaters: A Review (Prestasi Hidraulik Pemecah Ombak Permukaan Bebas: Suatu Tinjauan). *Sains Malaysiana*, 42(9), 1301–1310.
- Tintoré Pujol-Soliano, B. (2016). *Abundancia y distribución de microplásticos y posibles impactos sobre el rorqual común (Balaenoptera physalus) en las costas del Garraf*. <http://dspace.uvic.cat/xmlui/handle/10854/4700>
- Tuneu Brugarolas, A. (2011). *Revisió ambiental inicial. Implantació d'un SGA en un port esportiu*.
- Williamson, J. E., & Creese, R. G. (2010). *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research Small invertebrates inhabiting the crustose alga Pseudolithoderma sp. (Ralfsiaceae) in northern New Zealand*. <https://doi.org/10.1080/00288330.1996.9516710>
- X. Tubau i Carbonell. (2015). Anàlisi de sistemes de canyons submarins en marges continentals amb característiques contrastades, i el seu paper en el transport i acumulació de deixalles marines. *Universitat de Barcelona - GRC Geociències Marines*.
- Zdun, V. I., & Ignat'ev, S. M. (1980). [Black Sea mollusc, *Cerithium vulgatum* (Gastropoda, Cerithiidae), a new intermediate trematode host]. *Parazitologija*, 14(4), 345–348. <https://europepmc.org/article/med/6447266>
- Zhang, W., Xu, X., Zhang, J., Ye, T., Zhou, Q., Xu, Y., Li, W., Hu, Z., & Shang, C. (2022). Discovery and Characterization of a New Crustin Antimicrobial Peptide from *Amphibalanus amphitrite*. *Pharmaceutics*, 14(2), 413. <https://doi.org/10.3390/PHARMACEUTICS14020413/S1>

Zhou, P., Song, X., Yuan, Y., Cao, X., Wang, W., Chi, L., & Yu, Z. (2018). Water mass analysis of the east China sea and interannual variation of Kuroshio subsurface water intrusion through an optimum multiparameter method. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 123(5), 3723–3738. <https://doi.org/10.1029/2018JC013882>

# 8.ANNEXOS

Taula 1. Observacions i dades In situ del mostreig.

Platja de mostreig	Morfologia de l'esculler	Coordenada x	Coordenada y	Exposició a les onades	Presència antròpica	Presència antròpica Escala numèrica	Exposició al sol	Observacions in situ
Cala de valcarca	Perpendicular	41.239.104	1.866.632	Nul·la	Antigament molt elevada, a factualitat varia segons les èpoques de l'any. Alta presència els mesos de calor.	3	Elevada	Es troba plena de ciment degut una acció contra els desprendiments. Es troba a prop d'una cementera.
		41.239.129	1.866.631	Directe			Elevada	
Riera de Valcarca	Perpendicular	41.238.506	1.863.752	Nul·la	Presència d'una alta quantitat de gossos durant tot l'any.	3	Intermedia	En l'antiguitat formava part d'un port d'embarcacions comercials. Es troba a prop d'una cementera.
		41.238.312	1.864.006	Directe			Elevada	
Marina d'Aiguadolç	Paral·lel	41.232.958	1.826.884	Nul·la	Molta presència antròpica, es troba situat al costat del port esportiu de Sitges i és una platja que es fa servir amb usos recreatius tot l'any.	2	Intermedia	Es troba en un punt a prop d'un hotel de luxe amb moviment. El port esportiu es concorregut, de manera que arriben embarcacions privades a la platja. Es una platja on es practica surf.
		41.233.306	1.827.080	Directe			Elevada	
La Fragata	Paral·lel	41.233.070	1.810.027	Nul·la	Platja amb molta presència antròpica, es troba al centre de Sitges al costat d'una escola d'esports aquàtics. Cal mencionar que es una platja coneguda pels partits de volei a la platja així com diversos restaurants situats a les costes.	2	Baixa	Troben un port esportiu, on es practiquen esports aquàtics com windsurf, surf, kayak... Es troba en el centre del poble de manera que la presència antròpica augmenta exponencialment durant la temporada alta. També es una zona on es practiquen esports de sorra com voleibol i activitats dirigides com ioga.
		41.233.296	1.809.885	Directe			Elevada	
Riera Chica	Illots	41.228.348	1.793.796	Nul·la	Es una zona coneguda per ser zona de passeig per gossos.	1	Baixa	
		41.228.582	1.793.661	Directe			Elevada	
La Barra	Illots	41.227.959	1.792.872	Nul·la	Platja amb una alta presència antròpica, trobem un hotel situat al davant. També es una zona coneguda per ser zona de passeig per gossos.	1	Baixa	Es van observar peixos morts.
		41.227.809	1.793.000	Directe			Elevada	
Terramar	Illots	41.225.654	1.789.533	Nul·la	Platja amb una alta presència antròpica, trobem un hotel situat al davant. També es una zona coneguda per ser zona de passeig per gossos.	2	Baixa	Es van observar 2 peixos morts. Coloració més vermellosa de les roques i major porositat. Hi havia una alta presència de gossos tant a la costa com a l'aigua. S'observa gent practicant esports aquàtics com natació, paddel surf... també hi han petits pescadors Hi ha un hotel a la zona.
		41.225.487	1.789.617	Directe			Elevada	
Les Aniques	Paral·lel	41.224.121	1.788.706	Nul·la	Troben un punt de pas per la gent interessada en arribar a les cales i un hotel situat al davant.	1	Baixa	Hi ha un hotel, la platja es una cala privada creada principalment per l'oci dels clients. El dia de mostreig es van observar 4 peixos morts.
		41.223.732	1.788.468	Directe			Elevada	
Port de Vilanova i la Geltrú	Perpendicular	41.214.223	1.737.399	Nul·la	Es una platja poc concorreguda durant el dia, si més no cal mencionar la presència del port així com una deixalleria, també cal mencionar activitat a l'esculler en determinades nits de la setmana. De manera que podem determinar una presència antròpica elevada a nivell comercial.	2	Intermedia	Hi ha situada una deixalleria dintre del port. El dia de mostreig hi havia onades. Es una zona coneguda per festes locals i per passar el dia, es veu un clar rastre de basura.
		41.213.826	1.737.420	Directe			Intermedia	

**Taula 2.** Taula de correspondència dels codis utilitzats durant el mostreig. N vol dir exposició indirecte a l'onatge i D vol dir exposició directe. Els números corresponen a les diferents repliques dutes a terme en cada punt.

Códís dels punts de mostreig	Platja de mostreig	Exposició	Códís dels punts de mostreig	Platja de mostreig	Exposició
Vllc_N01	Cala de vallcarca	Indirecte	Vllc_D01	Cala de vallcarca	Directe
Vllc_N02			Vllc_D02		
Vllc_N03			Vllc_D03		
Vllc_N04			Vllc_D04		
Vllc_N05			Vllc_D05		
Vllc_N06			Vllc_D06		
Vllc_N07			Vllc_D07		
Vllc_N08			Vllc_D08		
Vllc_N09			Vllc_D09		
Vllc_N10			Vllc_D10		
RV_N01	Riera de Vallcarca	Indirecte	RV_D01	Riera de Vallcarca	Directe
RV_N02			RV_D02		
RV_N03			RV_D03		
RV_N04			RV_D04		
RV_N05			RV_D05		
RV_N06			RV_D06		
RV_N07			RV_D07		
RV_N08			RV_D08		
RV_N09			RV_D09		
RV_N10			RV_D10		
MA_N01	Marina d'Aiguadolç	Indirecte	MA_D01	Marina d'Aiguadolç	Directe
MA_N02			MA_D02		
MA_N03			MA_D03		
MA_N04			MA_D04		
MA_N05			MA_D05		
MA_N06			MA_D06		
MA_N07			MA_D07		
MA_N08			MA_D08		
MA_N09			MA_D09		
MA_N10			MA_D10		
Fr_N01	La Fragata	Indirecte	Fr_D01	La Fragata	Directe
Fr_N02			Fr_D02		
Fr_N03			Fr_D03		
Fr_N04			Fr_D04		
Fr_N05			Fr_D05		
Fr_N06			Fr_D06		
Fr_N07			Fr_D07		
Fr_N08			Fr_D08		
Fr_N09			Fr_D09		
Fr_N10			Fr_D10		

RC_N01	Riera Chica	Indirecte	RC_D01	Riera Chica	Directe
RC_N02			RC_D02		
RC_N03			RC_D03		
RC_N04			RC_D04		
RC_N05			RC_D05		
RC_N06			RC_D06		
RC_N07			RC_D07		
RC_N08			RC_D08		
RC_N09			RC_D09		
RC_N10			RC_D10		
Br_N01	La Barra	Indirecte	Br_D01	La Barra	Directe
Br_N02			Br_D02		
Br_N03			Br_D03		
Br_N04			Br_D04		
Br_N05			Br_D05		
Br_N06			Br_D06		
Br_N07			Br_D07		
Br_N08			Br_D08		
Br_N09			Br_D09		
Br_N10			Br_D10		
An_N01	Les Aniques	Indirecte	An_D01	Les Aniques	Directe
An_N02			An_D02		
An_N03			An_D03		
An_N04			An_D04		
An_N05			An_D05		
An_N06			An_D06		
An_N07			An_D07		
An_N08			An_D08		
An_N09			An_D09		
An_N10			An_D10		
Tr_N01	Terramar	Indirecte	Tr_D01	Terramar	Directe
Tr_N02			Tr_D02		
Tr_N03			Tr_D03		
Tr_N04			Tr_D04		
Tr_N05			Tr_D05		
Tr_N06			Tr_D06		
Tr_N07			Tr_D07		
Tr_N08			Tr_D08		
Tr_N09			Tr_D09		
Tr_N10			Tr_D10		
VG_N01	Port de Vilanova i la Geltrú	Indirecte	VG_D01	Port de Vilanova i la Geltrú	Directe
VG_N02			VG_D02		
VG_N03			VG_D03		
VG_N04			VG_D04		
VG_N05			VG_D05		
VG_N06			VG_D06		
VG_N07			VG_D07		
VG_N08			VG_D08		
VG_N09			VG_D09		
VG_N10			VG_D10		



**Taula 3.** Taula de correspondència entre les espècies trobades i el diminutiu utilitzat durant l'anàlisi de resultats.

Amp am	<i>Amphibalanus amphitrite</i>
Fis nu	<i>Fissurella nubecula</i>
Pat sp	<i>Patella sp</i>
Asp sp	<i>Asparagopsis sp</i>
Dic sp	<i>Dictyota sp</i>
Cha sp	<i>Chaetomorpha sp</i>
A inc ver	<i>Alga incrustant vermella</i>
Cys co	<i>Cystoseira compressa</i>
Che vu	<i>Cerithium vulgatum</i>
Cli er	<i>Clibanarius erythropus</i>
Scy lo	<i>Scytosiphon lomentaria</i>
Pseudolith sp	<i>Pseudolithoderma sp.</i>
Polys sp	<i>Polysiphonia sp.</i>
Roca	<i>Roca</i>

**Taula 4.** Percentatge de recobriment per les diferents espècies en els diferents punts de mostreig, separant-los segons l'exposició a l'onatge.

	Amp am	Fis nu	Pat sp	Asp sp	Dic sp	Cha sp	A inc ver	Cys co	Che vu	Cli er	Scy lo	Pseudolith sp	Polys sp	Roca
Vilc_N	3,5	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95,6
Vilc_D	0	1,3	2,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96,5
RV_N	0	0	0	19,2	23,3	10,2	8	1,2	0	0	0	0	0	38,1
RV_D	9,4	1,6	0	6,7	10,9	30,1	15,6	15,1	0	0	0	0	0	10,6
VG_N	0	0	0	0	0	30,6	21,8	0	0	0	3,3	0	0	44,3
VG_D	0	0	0	0	0	59,2	9,7	0	0	0	3,5	0	0	27,6
Fr_N	0	0	0	9,3	21,7	1,4	6,5	8	0	0	0	0	0	53,1
Fr_D	0	0	0	41,4	8,5	2,5	21,3	10,6	2,7	0,3	0	0	0	12,7
MA_N	0	0,1	0	2,3	13,4	13	19,9	2,1	0	0	0	0	0	49,2
MA_D	0	0	0	15,6	19,6	26	18,2	3,4	0	0	0	0	0	17,2
An_N	0	0	1,2	0	15,4	11,3	0	5	0	0	2,5	35,8	0	28,8
An_D	0	1,8	1,8	0	26,5	0	0	8,3	0	0	6,2	41,9	0	13,5
Tr_N	0	0	0,5	0	18,2	0	2,5	9,9	1,3	0,1	8,3	0	23	36,2
Tr_D	0	0	0,8	0	11,9	0	0	10,6	0,5	0,4	0	0	40,4	35,4
RC_N	0	0	0	32,6	5,2	14	0	0,5	0	0	0	0	0	47,7
RC_D	0	0	0	30,9	5,1	12,5	0	1,3	0	0	0	0	0	50,2
Br_N	0	0	1,2	0	6	47	0	2	0	0	0,5	21,6	0	21,7
Br_D	0	1,1	2,8	0	12,9	0	0	11,3	0	0	7,7	54,3	0	9,9

**Taula 5.** Percentatge de recobriment per les diferents espècies en les diferents orientacions en relació a la línia de costa de les esculleres.

	Amp am	Fis nu	Pat sp	Asp sp	Dic sp	Cha sp	A inc ver	Cys co	Che vu	Cl er	Scy lo	Pseudolith sp	Polys sp	Roca
Paral·lel	0,00	0,32	0,50	11,43	17,52	9,03	10,98	6,23	0,45	0,05	1,45	12,95	0,00	29,08
Perpendicular	2,15	0,63	0,37	4,32	5,70	21,68	9,18	2,72	0,00	0,00	1,13	0,00	0,00	52,12
Illots	0,00	0,18	0,88	10,58	9,88	12,25	0,42	5,93	0,30	0,08	2,75	12,65	10,57	33,52

**Taula 6.** Percentatge de recobriment per les diferents espècies en les diferents exposicions a l'onatge.

	Amp am	Fis nu	Pat sp	Asp sp	Dic sp	Cha sp	A inc ver	Cys co	Che vu	Cl er	Scy lo	Pseudolith sp	Polys sp	Roca
Indirecte	0,39	0,11	0,32	7,04	11,47	14,17	6,52	3,19	0,14	0,01	1,62	6,38	2,56	46,08
Directe	1,04	0,64	0,84	10,51	10,60	14,48	7,20	6,73	0,36	0,08	1,93	10,69	4,49	30,40

**Taula 7.** Percentatge de recobriment per les diferents espècies en les diferents pressions antròpiques.

	Amp am	Fis nu	Pat sp	Asp sp	Dic sp	Cha sp	A inc ver	Cys co	Che vu	Cl er	Scy lo	Pseudolith sp	Polys sp	Roca
1	0,00	0,14	0,66	7,94	7,41	20,41	4,25	4,45	0,23	0,06	2,91	9,49	7,93	34,13
2	0,00	0,32	0,50	11,43	17,52	9,03	10,98	6,23	0,45	0,05	1,45	12,95	0,00	29,08
3	3,23	0,95	0,55	6,48	8,55	10,08	5,90	4,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	60,20

**Taula 8.** Índex de Simpson per cada punt de mostreig, i la mitjana final depenent de l'exposició a l'onatge.

Vllc_N	RV_N	VG_N	Fr_N	MA_N	An_N	Tr_N	RC_N	Br_N	Mitjana
0,5789	0,2703	0,4486	0,2781	0,2425	0,2874	0,4598	0,4360	0,3217	0,3693
Vllc_D	RV_D	VG_D	Fr_D	MA_D	An_D	Tr_D	RC_D	Br_D	Mitjana
0,3463	0,1952	0,6845	0,2308	0,4436	0,3024	0,4481	0,4012	0,3360	0,3765

**Taula 9.** Matrix de correlació dels coeficients de Pearson.

	Nitrit	Nitrat	Amoni	Fosfat	Roca
Nitrit	1,0000000	0,1365265	-0,2598467	-0,1441501	-0,3061233
Nitrat	0,1365265	1,0000000	0,1764707	0,0596336	0,2536947
Amoni	-0,2598467	0,1764707	1,0000000	0,4786200	0,0471171
Fosfat	-0,1441501	0,0586336	0,4786200	1,0000000	0,1131235
Roca	-0,3061234	0,2536947	0,0471176	0,1131235	1,0000000

**Taula 10.** Taula dels p-valors per la matrix de correlació dels coeficients de Pearson.

	1	2	3	4	5
1	0,0000000	0,58906630	0,29772902	0,56822634	0,21666000
2	0,58906630	0,00000000	0,48362789	0,81723662	0,30972090
3	0,29772900	0,48362790	0,00000000	0,04449991	0,85271750
4	0,56822630	0,81723660	0,04449991	0,00000000	0,65492830
5	0,21666000	0,30972090	0,85271749	0,65492833	0,00000000



**Taula 11.** Mitjana de la concentració d'Amoni 15 i Fosfat als diferents punts de mostreig, independentment de l'exposició a l'onatge.

	Amoni 15	Fosfat
Vllc	4,025	0,65
RV	4,05	0,85
MA	4,4	0,8
Fr	4,075	0,95
RC	3,625	<0,2
Br	2,925	<0,2
An	3,9	0,525
Tr	3,7	0,525
VG	3,35	0,8

