

**Títol del treball:** Avaluació de la qualitat ambiental del litoral de Platja d'Aro, Girona mitjançant el mostreig de les comunitats d'algues mediolitorals (Metodologia CARLIT)

---

Estudiant: Miguel Maya Chuan

Grau en Ciències Ambientals

Correu electrònic: [u1916655@campus.udg.edu](mailto:u1916655@campus.udg.edu)

Tutor: Concepció Rodríguez Prieto

Cotutor\*: Xavier Salvador Costa

Empresa / institució: Fundació Privada Mar

Vistiplau tutor (i cotutor\*):

Nom del tutor: Concepció Rodríguez Prieto

Nom del cotutor\*: Xavier Salvador Costa

Empresa / institució: Fundació Privada Mar

Correu(s) electrònic(s): [xavi@fundacionmar.org](mailto:xavi@fundacionmar.org)

[conxi.rodriguez@udg.edu](mailto:conxi.rodriguez@udg.edu)

\*si hi ha un cotutor assignat

Data de dipòsit de la memòria a secretaria de coordinació: 19 de juliol de 2016

## RESUM

---

**L**a qualitat de l'aigua és molt important per a la salut dels ecosistemes i de les pròpies persones, per això és important conèixer-la i dirigir els esforços en preservar-la. En aquest sentit, l'avaluació de l'estat ecològic a partir ús de bioindicadors és una eina molt útil i senzilla.

L'objectiu del nostre estudi ha sigut l'anàlisi de l'estat ecològic de l'aigua de mar mitjançant l'ús de les comunitats mediolitorals de substrat rocós com a bioindicador. S'ha aplicat la metodologia CARLIT (Ballesteros et al., 2007) que es basa en la cartografia de les comunitats presents al llarg del litoral mitjançant la utilització de sistemes d'informació geogràfica (SIG). Concretament, la cartografia de les comunitats consisteix en la visualització i la identificació de les comunitats a partir de l'espècie dominant observada per a cada tram de costa d'uns 50 metres aproximadament. A partir d'aquí, s'indica un valor de sensibilitat ambiental per a cada comunitat, que depèn de la seva tolerància a la contaminació, i es determina l'estat ecològic de la zona mitjançant l'aplicació d'un índex de qualitat ambiental.

La metodologia ha sigut aplicada en els anys 2015 i 2016 dins d'una àrea d'estudi que inclou tot el marge litoral del municipi de Platja d'Aro. Una vegada elaborat el mostreig, els resultats ens han indicat que la comunitat més abundant en l'àrea d'estudi ha sigut *Cystoseira mediterranea* per davant d'altres com *Corallina elongata* o *Cystoseira compressa*, sobretot en zones allunyades dels principals nuclis de població, amb un elevat hidrodinamisme i ben il·luminades. D'altra banda s'ha observat que les comunitats de *Corallina elongata* i d'algues verdes es situaven principalment restringides en àrees molt properes als nuclis urbans o bé en àrees de costa artificialitzada.

En resum, s'ha diagnosticat que l'estat ecològic de la zona mostrejada és excel·lent i és proper a l'observat en indrets inalterats per acció antròpica.



## SUMMARY

---

**T**he water quality is very important for the health of ecosystems and to people own, therefore it is important to know it and to direct efforts to preserve it. In this sense, the evaluation of the ecological state through using bioindicators is very useful and simple.

The objective of our study was the analysis of the ecological status of seawater using mid-littoral communities from rock substrate as a bioindicator. It has applied the CARLIT methodology (Ballesteros *et al.*, 2007) which is based on mapping of communities living along the coast through the use of geographic information systems (GIS). Specifically, the mapping of communities consists on displaying and identifying communities through the dominant species observed for each coastal stretch of about 50 meters. From here, it indicates a value of environmental sensitivity for each community it depends on its tolerance to pollution, and it is determined the ecological status of the area by applying a rate of Environmental Quality .

The methodology has been applied in 2015 and 2016 in a area of study that includes all the coastal border of Platja d'Aro. Once developed sampling, the results have indicated us that the most abundant community in the study area has been *Cystoseira mediterranea* ahead of other as *Corallina elongata* or *Cystoseira compressa*, especially in far areas from the major population centers, with high hydrodynamics and well lit. Moreover it has been observed that communities of *Corallina elongata* and green algae are mainly located in restricted areas very near to urban centers or areas of artificialised coast.

In summary, it has been diagnosed that the ecological status of the sampled area is excellent and is close to that observed in unaltered places by human action.

---



## RESUMEN

---

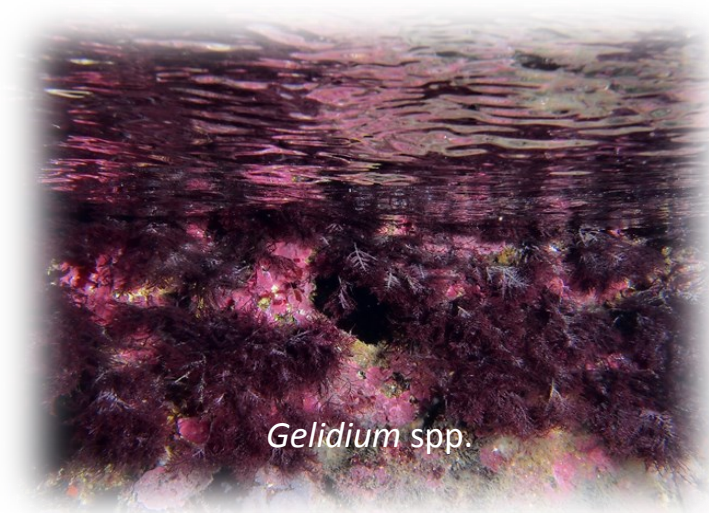
La calidad del agua es muy importante para la salud de los ecosistemas y de las propias personas, por eso es importante conocerla y dirigir los esfuerzos en preservarla. En este sentido, la evaluación del estado ecológico a partir uso de bioindicadores es una herramienta muy útil y sencilla.

El objetivo de nuestro estudio ha sido el análisis del estado ecológico del agua de mar mediante el uso de las comunidades mediolitorales de sustrato rocoso como bioindicador. Se ha aplicado la metodología CARLIT (Ballesteros *et al.*, 2007) que se basa en la cartografía de las comunidades presentes a lo largo del litoral mediante el uso de sistemas de información geográfica (SIG). Concretamente, la cartografía de las comunidades consiste en la visualización y la identificación de las comunidades a partir de la especie dominante observada en cada tramo de costa de unos 50 metros aproximadamente. A partir de aquí, se indica un valor de sensibilidad ambiental para cada comunidad, que depende de su tolerancia a la contaminación, y se determina el estado ecológico de la zona mediante la aplicación de un índice de calidad ambiental .

La metodología ha sido aplicada en los años 2015 y 2016 dentro de un área de estudio que incluye todo el margen litoral del municipio de Platja d'Aro. Una vez elaborado el muestreo, los resultados nos han indicado que la comunidad más abundante en el área de estudio ha sido *Cystoseira mediterranea* por delante de otros como *Corallina elongata* o *Cystoseira compressa*, sobretodo en zonas alejadas de los principales núcleos de población, con un elevado hidrodinamismo y bien iluminadas. Por otra parte se ha observado que las comunidades de *Corallina elongata* y de algas verdes se situaban principalmente restringidas en áreas muy cercanas a los núcleos urbanos o en áreas de costa artificializada.

En resumen, se ha diagnosticado que el estado ecológico de la zona muestreada es excelente y es cercano al observado en lugares inalterados por la acción antrópica.

---



# ÍNDIX

---

1. INTRODUCCIÓ.....	2
1.1 ÀREA D'ESTUDI.....	4
2. OBJECTIUS.....	6
3. MATERIAL I MÈTODES.....	7
3.1 MATERIAL D'ESTUDI.....	9
3.2 PROCEDIMENT DE MOSTREIG.....	9
3.3 CÀLCUL DELS ÍNDEX DE QUALITAT AMBIENTAL (EQ i EQR).....	10
3.4 ANÀLISI DE DADES.....	12
4. RESULTATS.....	13
4.1 COMUNITATS MEDIOLITORALS OBSERVADES A PLATJA D'ARO.....	13
4.2 COMUNITATS OBSERVADES PER A CADA MASSA D'AIGUA.....	14
4.2.1 MASSA D'AIGUA PDA-1.....	14
4.2.2 MASSA D'AIGUA PDA-2.....	14
4.2.3 MASSA D'AIGUA PDA-3.....	14
4.2.4 MASSA D'AIGUA PDA-4.....	14
4.2.5 MASSA D'AIGUA PDA-PE.....	17
4.2.6 MASSA D'AIGUA PDA-5.....	17
4.2.7 MASSA D'AIGUA PDA-6.....	18
4.2.8 MASSA D'AIGUA PDA-7.....	18
4.3 ESTAT ECOLÒGIC DE LES MASSES D'AIGUA.....	21
5. DISCUSSIÓ.....	23
6. CONCLUSIONS.....	25
7. BIBLIOGRAFIA.....	26

# 1. INTRODUCCIÓ

---

Els ecosistemes marins són una gran font de biodiversitat, sovint molt oblidats i molt desconeguts per la major part de la societat. Tant és així, al llarg del temps han sigut alterats per l'activitat humana, sense conèixer-ne les conseqüències. Aquestes a part de comportar una disminució de la biodiversitat dels ecosistemes, provoquen costos econòmics a llarg termini, malmeten el patrimoni paisatgístic i afecten fins i tot a la salut pública.

Hi ha diversos impactes causats per l'acció antròpica, entre els quals, els més importants sobre els ecosistemes costaners són l'elevada densitat poblacional, l'agricultura, la urbanització, la indústria, el turisme, la pesca i el transport marítim (EEA, 2006). Tots aquests impactes, comporten un abocament de contaminants de tot tipus, que poden anar des de matèria orgànica i nutrients fins a pesticides, plaguicides, metalls pesants i compostos orgànics persistents (COP) en el medi. La varietat d'aquests contaminants és molt gran i bona part d'ells provenen de subproductes industrials.

D'altra banda, s'ha vist que la principal raó de la degradació dels ecosistemes costaners és l'augment de la concentració de nutrients i matèria orgànica, com a conseqüència de l'abocament d'aigües residuals (Díaz *et al.*, 2010). Així mateix, s'ha demostrat que l'abocament d'aigües residuals en àrees properes a la costa provoca un augment de l'eutrofització i conseqüentment una disminució de la qualitat de l'aigua, que es manifesta amb una alteració de la distribució de la llum en la columna d'aigua i del tipus de substrat (Nielsen *et al.*, 2002), de les poblacions, comunitats i fins i tot ecosistemes (Soltan, 2001). Pel que fa a les comunitats mediolitorals que habiten en les costes rocoses, l'augment de l'eutrofització pot provocar un canvi dràstic en la composició d'espècies i l'estructura de les comunitats (Littler & Murray, 1975; Gorostia-ga, 1996). Aquests canvis en les poblacions poden provocar que espècies sensibles a la contaminació es vegin desplaçades per espècies oportunistes i amb una major tolerància (Díez *et al.*, 1999). Tot i això, aquests canvis es produeixen gradualment al llarg d'un gradient d'enriquiment de nutrients.



Figura 1– Horitzó de *Corallina elongata* acompanyat per un horitzó superior de *Cladophora* spp., situat en les proximitats de Cala Rovira, Platja d'Aro (Girona).

En els indrets on les aigües estan netes i la concentració de nutrients és baixa, la comunitat dominant és la comunitat de *Cystoseira* spp., ja que és molt sensible a l'estrès antropogènic o no natural (Ballesteros *et al.*, 1984). Això no vol dir que no es pugui detectar la seva presència en zones on la concentració de nutrients sigui una mica més elevada (Arévalo *et al.*, 2007).

A mesura que la contaminació i l'augment de la nutrients augmenta fins a nivells intermitjos, les comunitats del gènere *Cystoseira* entren en regressió (Thibaut *et al.*, 2005) i es veuen substituïdes per comunitats de *Corallina elongata* (Figura 1), que són més tolerants a l'estrès ambiental i són capaces de recuperar-se més ràpidament quan les condicions ambientals milloren (Little & Kauker, 1984).

Quan la concentració de nutrients ja és molt elevada, principalment a prop d'emissaris d'aigües residuals urbanes i industrials, ports i zones de bany, les comunitats d'algues verdes passen a ser les dominants (Arévalo *et al.*, 2007) deixant de banda les comunitats de *Corallina elongata*.

Com a conseqüència d'aquests impactes, les autoritats han promogut algunes iniciatives per tal de pal·liar sobretot l'eutrofització dels ecosistemes costaners. A nivell autonòmic, des de la Generalitat de Catalunya, s'han creat diverses estacions de tractament d'aigües residuals, s'han incorporat emissaris submarins allunyats de la costa. Tot i això, els esforços que s'hi han dedicat són insuficients, ja que a nivell de gestió directe dels hàbitats mediolitorals no s'ha pres cap acció a favor de la seva conservació, ja que la Directiva Hàbitats (92/43/CEE), dirigida cap a la creació d'una xarxa d'àrees de protecció (Xarxa natura 2000), no té en compte cap hàbitat present dins del mediolitoral i per tant, les administracions no es veuen obligades a dur a terme cap pla de gestió. A més a més la Llei de Costes (Llei 22/1988) que regula les activitats que es poden dur a terme al litoral no ha impedit la descontrolada urbanització del litoral i el Pla de Ports de Catalunya que designa la creació de nous ports esportius no contempla els factors biològics i geològics del litoral per a la futura construcció de futurs ports.

Pel que fa a nivell europeu, per part de la Comissió Europea s'ha creat la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/CEE) com a instrument per millorar la qualitat de l'aigua i el seu estat ecològic. Per tal de controlar i prevenir el deteriorament dels ecosistemes marins la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/CEE) ha obligat als estats membres a utilitzar bioindicadors per l'avaluació de l'estat ecològic. En relació al context de la Directiva, l'estat ecològic queda definit com la qualitat de l'estructura i el funcionament dels ecosistemes aquàtics pertanyents a les aigües superficials; i queda classificat, tal com determina l'Annex V de la Directiva Marc de l'Aigua, en cinc classes de qualitat (alta, bona, moderada, dolenta, pobre). Així mateix, s'han determinat tres tipus de masses d'aigua (interiors, de transició i costaneres) i dins de les aigües costaneres, s'han definit quatre elements de qualitat biològics "Biological Quality Element" (fitoplàncton, invertebrats bentònics, macroalgues i angiospermes marines) per determinar l'estat ecològic.

En aquest sentit la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/CEE), per tal d'unificar els indicadors en un mateix índex de qualitat ecològica (EQR), ha dictaminat que han de quedar representats en una escala numèrica del 0 a l'1, segons les condicions ecològiques de l'àrea estudiada, sent igual a 1 quan l'estat ecològic és el mateix que el de les condicions de referència i igual a 0 en els casos que és completament diferent (European Commission, 2005). Com a condicions de referència la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/CEE) entén que són les condicions naturals de qualsevol ecosistema que mai ha sigut alterat per l'activitat humana. Les condicions de referència tal com marca la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/CEE) poden ser

representades a partir de les dades físiques i biològiques del lloc de referència o bé, si no es disposa d'elles, a partir del coneixement dels experts, de dades històriques o de models. Amb aquesta intenció, l'objectiu principal de la Comissió Europea és aconseguir que totes les comunitats litorals tinguin les mateixes o pràcticament les mateixes característiques que les comunitats amb les condicions ecològiques de referència.

Arrel de la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/CEE), s'ha creat diversos bioindicadors com a complement a l'estudi dels elements físico-químics, amb l'objectiu d'avaluar l'estat ecològic de les comunitats amb major precisió i validesa al llarg del temps. Els bioindicadors més utilitzats en l'àmbit marí han sigut els macroinvertebrats (Grall *et al.*, 1997) i els macròfits bentònics (Díez, 1999). Pel que fa a les macroalgues que habiten dins del Mediterrani, s'han proposat 4 mètodes, el R/P rt. (Giaccone & Catra, 2004), BENTHOS (Pinedo *et al.*, 2007), CARLIT (Ballesteros *et al.*, 2007) i EEI (Orfanidis *et al.*, 2001 & Panayotidis *et al.*, 2004) per a l'anàlisi de la qualitat de l'aigua i el seu estat ecològic. Tot i que l'aplicació dels bioindicadors per part dels autors ha sigut exitosa, sorgeixen dificultats i incongruències quan s'apliquen els bioindicadors en àrees geogràfiques molt allunyades de les comunitats de referència.

Pel que fa al nostre cas d'estudi, és seguirà la metodologia CARLIT, força utilitzada al llarg de la Mediterrània occidental. Aquesta consisteix en la cartografia de les diferents comunitats mediolitorals de substrats rocosos al llarg de la costa i en la posterior digitalització mitjançant programari SIG. Concretament es basa en la descripció de la presència i la cobertura de les diferents comunitats mediolitorals de substrats rocosos presents al llarg de la costa i en l'assignació d'un valor d'un valor de qualitat ambiental per a cada comunitat present, que varia segons al nivell de sensibilitat a les pertorbacions, que presenten cada tipus de comunitats. La descripció de les comunitats es dona a terme durant la primavera (d'abril a juny), quan productivitat de les comunitats de *Cystoseira mediterranea* és màxima i s'intenta realitzar en el menor període de temps possible, per tal d'intentar evitar la variabilitat temporal que existeix en les diverses comunitats. Una vegada realitzada la descripció de les comunitats litorals de macroalgues, la metodologia acaba amb l'elaboració i digitalització de la cartografia del litoral utilitzant programari SIG, d'aquesta manera es poden avaluar de manera molt visual les àrees amb major impacte antropogènic i l'estat de la qualitat de l'aigua.

Tal ha sigut la repercussió d'aquesta metodologia d'anàlisi de les comunitats mediolitorals de substrats rocosos, que ha sigut duta a terme per altres autors (Bermejo *et al.*, 2012, Valentina Asnaghi *et al.*, 2009, Sfriso *et al.*, 2011, Vedran Nikolic *et al.*, 2013) i des de l'any 1999, s'ha anat utilitzant anualment al llarg de la costa catalana.

## 1.1 Àrea d'estudi

La nostra àrea d'estudi es troba ubicada dins de la Costa Brava, concretament en l'àrea costanera del municipi de Platja d'Aro (Figura 2).

En relació a la superfície, la zona d'estudi consta aproximadament d'uns 8 km de costa de substrat rocós on predominen generalment els substrats granítics amb granidiorites. A diferència del que és comú en altres zones de la Costa Brava, en la nostra zona d'estudi no es troben penya-segats



## ÀREA D'ESTUDI

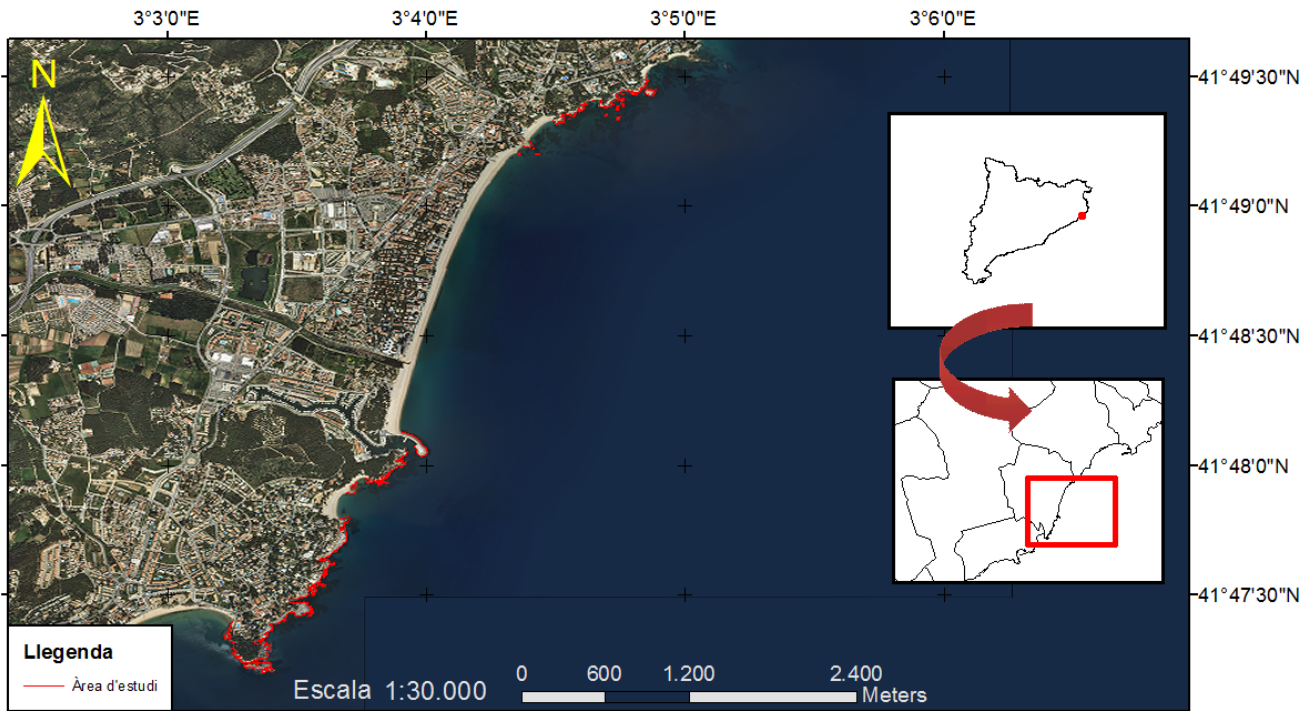


Figura 2-Ortofotografia i localització de l'àrea d'estudi, entre Cala Belladona i Sant Pol, a Platja d'Aro, Girona .

Pel que fa a l'activitat humana, destaca en gran mesura la gran aflluència turística i el trànsit d'embarcacions d'oci, sobretot en els mesos d'estiu. La concurrència de turistes, degut principalment al model de desenvolupament turístic de la zona, és tant intensa que en alguns dies la població pot assolir els 110.000 habitants (Dades Oficina de Turisme de Platja d'Aro, 2012). Com a conseqüència d'això el trànsit d'embarcacions d'oci es dispara i els impactes mediambientals arriben a nivells elevats. Els possibles impactes que es poden trobar són els gasos de combustió, l'abocament d'hidrocarburs i d'aigües de sentina, en el cas de les embarcacions, i el trepitj d'espècies sensibles com la *Cystoseira mediterranea* o de tenasses de *Lythopyllum byssoides* (trottoir) i l'alliberació de residus com plàstics, orina, cremes solars, per part dels usuaris directes.

D'altra banda, l'abocament d'aigües residuals, el trànsit d'embarcacions destinades a la pesca i el comerç, el canvi climàtic i l'aparició d'espècies invasores, també són pressions que afecten en menor mesura, però que mereixen una mínima atenció. En el nostre cas, l'abocament d'aigües residuals que prové de l'EDAR de Platja d'Aro només representa un 20% de l'aigua que hi arriba i no causa un impacte gaire greu sobre les comunitats litorals, ja que pateix prèviament un tractament biològic i un tractament terciari.

## 2. OBJECTIVES

---

The main objective of this study is to evaluate the environmental quality and ecological status of the coastal waters of Platja d'Aro, Girona, through the use mid-littoral rocky-shore communities as bioindicators. Results are compared with previous studies of the same area from the literature. Besides, a bionomic cartography of the studied area has been performed.

### 3. MATERIAL I MÈTODES

---

S'ha utilitzat la metodologia CARLIT especificada dins del protocol de l'Agència Catalana de l'Aigua (Ballesteros *et al.*, 2013) per tal d'avaluar la nostra àrea d'estudi, ja que permet la identificació de comunitats formades per espècies de fàcil identificació. També permet l'estudi d'àrees extenses en un temps relativament curt, en comparació a altres metodologies, i una determinació més detallada i visual de les àrees amb menor qualitat ecològica, gràcies a la utilització de programari SIG.

Les comunitats que poden ser identificades, dins de la nostra àrea d'estudi, per mitjà de la metodologia CARLIT, són les següents:

**Corallina elongata:** Agrupacions de l'alga *Corallina elongata* formant cinturons en el límit entre la zona mediolitoral i la zona infralitoral superior en roques amb una important inclinació. Sol viure en ambients amb hidrodinamisme mitjà, amb una qualitat de l'aigua mitjana. Normalment pot anar acompanyada per *Lithophyllum byssoides*, *Hypnea musciformis*, *Ceramium* spp., *Cystoseira compressa*, *Mytilus galloprovincialis* o *Cladophora laetevirens*.

**Ulvàcies:** Formen comunitats continues dins del mediolitoral inferior. Solen estar situades a prop de platges i cales, en ambients amb una alta concentració de nutrients i amb hidrodinamismes baixos. Són indicadors d'una mala qualitat de l'aigua. Poden estar acompanyades per espècies secundàries com *Corallina elongata*, *Gelidium* spp. o per *Patella* spp..

**Trottoirs:** Tenasses, normalment de *Lithophyllum byssoides* formant cinturons de pocs centímetres d'amplada sobre el mediolitoral inferior. Aquesta comunitat es desenvolupa en substrats verticals, amb un alt hidrodinamisme i en àrees poc il·luminades, normalment orientades cap el nord. És indicadora d'una qualitat de l'aigua excel·lent, no tolera bé la contaminació, ni la circulació de sediments i és molt sensible al trepitj.

**Cystoseira mediterranea:** Es tracta d'una comunitat molt diversa i estratificada que forma petits boscos de 30-40 cm d'alçada sobre l'estatge infralitoral superior en llocs de baixa inclinació i batuts. És una comunitat afectada per l'estacionalitat, presentant una dominància durant els mesos de primavera-estiu i una pèrdua d'aquesta durant la tardor-hivern, com a conseqüència de la pèrdua dels ràmul·ls. És una alga indicadora d'una molt bona qualitat ambiental, ja que és molt sensible a les pertorbacions. Al contrari que per altres comunitats, per aquesta comunitat s'ha especificat la seva densitat amb una escala de l'1 al 5, depenent de la seva continuïtat al llarg de l'horitzó on predomina.

***Cystoseira compressa*:** És una comunitat que es forma en zones encalmades i ben il·luminades (Figura 3). Assoleix el seu desenvolupament màxim a l'estiu. És menys sensible a les pertorbacions i pot crear comunitats en àrees amb una qualitat de l'aigua mitjana.



Figura 3- Horitzó de *Cystoseira compressa* situat en les proximitats de Cala Rovira, Platja d'Aro (Girona)..

**Algues fotòfiles:** Es troba en l'estatge infralitoral superior en àrees il·luminades i escàs hidrodinamisme. Està composta per espècies d'algues brunes com dictiotals.

***Hypnea* spp.:** Comunitat pròpia de llocs batuts i ben il·luminats, que assoleix el seu màxim desenvolupament a la tardor. Normalment no forma una comunitat si no que més aviat es troba adherida a la comunitat de *Cystoseira mediterranea*.

**Incrustants:** Comunitat d'algues coral·linals del gènere *Lithophyllum*. Es desenvolupa en roques i blocs de suau pendent amb baix hidrodinamisme. És freqüent en ports i proximitats de cales, on la qualitat de l'aigua es força baixa. Pot estar acompanyada per ulvàcies i per individus de *Mytilus* spp..

Pel que fa a l'àrea d'estudi, s'ha dividit el litoral en sectors o masses d'aigua (Taula 1), per tal d'ordenar millor les dades i seguir el que marca la metodologia CARLIT. Aquestes masses d'aigua queden definides com la porció d'aigua que queda inclosa entre dos trams de substrat sorrenc (platges o cales). En els casos que s'han observat illes o estructures rocoses dins de litoral sorrenc, aquestes s'han inclòs dins de la massa d'aigua més propera geogràficament.

Taula 1– Delimitació les masses d'aigua estudiades.

Massa d'aigua	Delimitació
CPDA-1	Cala Belladona-Cala del Pi
CPDA-2	Cala del Pi-Cala Sa Cova
CPDA-3	Cala Sa Cova-Cala Sa Rovira
CPDA-4	Cala Sa Rovira-Platja Gran
CPDA-PE	Platja Gran-Punta Prima
CPDA-5	Punta Prima-Sa Conca
CPDA-6	Sa Conca-Cala Pedrosa
CPDA-7	Cala Pedrosa-Platja de Sant Pol

En el cas de la massa d'aigua PDA-PE que correspon al port nàutic de Platja d'Aro, s'ha fet una excepció i s'ha decidit incloure-la com a una nova massa d'aigua a part, tot i pertànyer a la massa d'aigua PDA-5. El motiu pel qual s'ha decidit separar de l'anterior massa d'aigua és que la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/CEE) que els ports i els espigons són zones altament eutrofitzades i que per tant no són objecte d'estudi, ja que no reflecteixen la qualitat de l'aigua.

Per tal d'obtenir una millor cartografia bionòmica, s'ha tingut en consideració el moment màxim de producció de la *Cystoseira mediterranea* es produeix d'abril a juny, de manera que s'ha iniciat el mostreig a partir del mes d'abril i s'ha finalitzat en el mes de maig. A continuació s'especifiquen per a cadascuna de les masses d'aigua els dies en els quals es va dur a terme el mostreig de les comunitats mediolitorals (Taula 2).

Taula 2- Calendari de mostreig de les comunitats mediolitorals.

Massa d'aigua	13 d'abril	22 d'abril	28 d'abril	2 de maig	5 de maig
PDA-1					
PDA-2					
PDA-3					
PDA-PE					
PDA-4					
PDA-5					
PDA-6					
PDA-7					

### 3.1 Material d'estudi

Per iniciar l'estudi i fer el posterior anàlisi de dades, s'ha necessitat el material següent:

Material de mostreig	Eines per l'anàlisi de dades
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Embarcació petita de motor amb capacitat mínima per a sis persones.</li> <li>• Fulls submergibles o suport metacrilat per escriure.</li> <li>• Quadricula de 40X40 cm.</li> <li>• Llapis.</li> <li>• Càmera resistent a l'aigua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ordinador</li> <li>• Programari SIG (ArcGIS 10.3)</li> <li>• Mapa de l'àrea d'estudi amb les comunitats representades.</li> </ul>

### 3.2 Procediment de mostreig

Durant l'estudi de les comunitats s'ha navegat amb una embarcació de motor, resseguint el litoral per tal de determinar millor les comunitats, però sempre a una distància de 3 metres aproximadament de la costa, per motius de seguretat.

En referència a la identificació de les comunitats, s'han delimitat trams de 50 metres aproximadament, que podien variar depenent de com es presentessin els canvis de comunitats i morfologia costaneres, augmentant o disminuint de longitud. Dins dels trams s'han descrit les comunitats segons l'espècie dominant i les espècies secundàries que resultessin bioindicadores, sempre i quan hi apareguessin. Cal remarcar que només s'han reconegut les comunitats que venen donades pel protocol de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA).

En el cas d'observar la comunitat de *Cystoseira mediterranea*, s'ha dut a terme una determinació de la seva densitat mitjançant una quadrícula de 40X40 cm.

D'altra banda, també s'ha anotat la tipologia de la costa (costa baixa, costa alta o blocs decimètrics) i l'artificialitat (artificial o natural).

Totes les anotacions relacionades amb la tipologia de comunitat i de costa s'han representat en un mapa de la zona amb escala 1:5.000. També s'han realitzat fotos de les comunitats amb una càmera resistent a l'aigua.

### 3.3 Càlcul dels índex de qualitat ambiental (EQ i EQR)

Un cop realitzat l'estudi de camp, s'ha iniciat el càlcul de l'índex de qualitat ambiental (EQ) per a cadascuna de les masses d'aigua, que resulta de l'obtenció del sumatori dels nivells de sensibilitat ( $SL_i$ ) de les diferents comunitats mediolitorals observades multiplicat pel tram de costa que ocupen les diferents comunitats en relació a tot el tram de costa estudiat. El nivell de sensibilitat es defineix com la tolerància de les comunitats a les perturbacions ambientals, tant antròpiques com naturals. Aquest nivell de sensibilitat queda establert per el protocol de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), a partir de l'opinió d'experts, publicacions i informes anteriorment publicats. Els nivells de sensibilitat ambiental de les comunitats estan expressats en una escala de valors del 1 al 20, amb valors que van incrementant-se des d'una baixa fins a una alta sensibilitat ambiental (Taula 3).

L'índex de qualitat ambiental (EQ) ve determinat per la següent expressió:

$$EQ = \frac{\sum EQ_{ssi} * l_i}{\sum l_i}$$

EQ	índex de qualitat ambiental d'un determinat tram de litoral
$l_i$	tram de costa ocupat per la comunitat i
$SL_i$	nivell de sensibilitat de la comunitat i

Taula 3- Valors de sensibilitat ambiental de les comunitats mediolitorals de substrat rocós que es poden observar al litoral català. Font: Agència Catalana de l'Aigua (ACA), 2013.

COMUNITATS	SLj	COMUNITATS	SLj
<i>Cystoseira</i> spp. (batut)	20	<i>Cystoseira med.</i> 1	10
<i>Cystoseira</i> spp. (calmat)	20	<i>Cystoseira med.</i> 2 + Ulvàcies	10
<i>Cystoseira mediterranea</i> 5	20	<i>Haliptilon virgatum</i>	10
<i>Dendropoma</i> spp.	20	<i>Corallina elongata</i>	8
Fanerògames	20	<i>Cystoseira med.</i> 1 + Ulvàcies	8
Trottoir	20	<i>Gelidium</i> spp.	8
<i>C. mediterranea</i> 4	19	<i>Corallina elongata</i> + Ulvàcies	7
<i>C. mediterranea</i> 5 + Ulvàcies	19	<i>Gelidium</i> spp.+ <i>Mytilus</i> spp.	7
Algues fotòfiles + <i>Cystoseira</i> spp.	18	Algues incrustants	6
<i>C. mediterranea</i> 4 + Ulvàcies	18	<i>Lithophyllum</i> spp + <i>Mytilus</i> spp.	6
<i>C. compressa</i> + <i>C. mediterranea</i> 5	16	<i>Mytilus</i> spp.	6
<i>C. mediterranea</i> 3	15	Ostres	6
<i>Hypnea</i> spp.	15	<i>Patella</i> spp. + Ulv. + <i>C. elongata</i>	5
<i>C. compressa</i> + <i>C. mediterranea</i> 4	14	<i>Corallina elongata</i> + Cianofícies	4
<i>C. mediterranea</i> 3 + Ulvàcies	13	<i>Lithophyllum</i> spp. + Ulvàcies	4
Algues fotòfiles	12	<i>Mytilus</i> spp. + Ulvàcies	4
<i>Cystoseira compressa</i>	12	<i>Mytilus</i> spp. + Ulv. + Cianofícies	3
<i>C. compressa</i> + <i>C. mediterranea</i> 3	12	Ulvàcies	3
<i>C. mediterranea</i> 2	12	Cianofícies + <i>Mytilus</i> spp. + Ostres o Cianofícies + Ulvàcies	2
<i>C. compressa</i> + <i>C. mediterranea</i> 1 o 2	10	Cianofícies	1

Una vegada obtingut l'índex de qualitat ambiental, s'ha recalculat de manera que els valors donats quedin determinats en una escala de valors del 0 a l'1 i així poder complir amb la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/CEE). Per dur a terme la transformació dels valors, s'han de dividir els valors obtinguts per a cada massa d'aigua amb els valors que s'obtenen en una massa d'aigua exempta d'impactes antròpics. Com que a prop de la nostra àrea d'estudi no existeix cap àrea sense alteracions, s'han hagut de recollir les dades que va obtenir Ballesteros (2007) per a les comunitats de referència. Però la qualitat de l'aigua de referència pot variar depenent dels paràmetres geomorfològics (Taula 4), per això s'utilitzaran els valors de qualitat que Ballesteros (2007) va fer servir segons les situacions que es donen a partir dels dos paràmetres geomorfològics que va considerar més rellevants.

Taula 4- Valors d'índex de qualitat ambiental (EQ<sub>rsi</sub>) corresponents per a cada situació geomorfològica. Font: Agència Catalana de l'Aigua (ACA), 2013.

SITUACIÓ GEOMORFOLÒGICA	TIPOLOGIA DE COSTA	ARTIFICIALITAT	EQ <sub>rsi</sub>
1	Blocs decimètrics	Artificial	12,06
2	Costa baixa	Artificial	11,86
3	Costa alta	Artificial	8,00
4	Blocs decimètrics	Natural	12,20
5	Costa baixa	Natural	16,61
6	Costa alta	Natural	15,25

La recalculació de l'índex de qualitat ambiental per obtenir l'índex EQR, establert per la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/CEE), ve donada per la següent expressió.

$$EQR = \frac{\sum EQ_{ssi} * l_i}{EQ_{rsi}}$$

EQR	índex de qualitat ambiental d'un determinat tram de litoral, establert per la DMA
$l_i$	tram de costa ocupat per la comunitat i
$EQ_{ssi}$	índex de qualitat ambiental d'un determinat tram de litoral i
$EQ_{rsi}$	índex de qualitat ambiental de la situació de referència i

### 3.5 Anàlisi de dades

Una vegada s'han recollit de les dades del mostreig, aquestes s'han de passar en un Sistema d'Informació Geogràfica (SIG), el nostre cas s'ha utilitzat ArcGIS 10.3. Per representar les dades s'ha carregat mitjançant un servidor WMS, un ortofotomapa amb una escala 1:2.500, provinent de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC). S'ha hagut de canviar el sistema de coordenades cap a el sistema European\_Datum\_1950 per tal de poder treballar millor les dades.

Dins de l'ortofotomapa s'han representat les comunitats dominants per a cada tram de costa mitjançant línies i les situacions morfològiques mitjançant polígons, per tal de poder representar visualment en un mateix mapa les diferents comunitats i situacions morfològiques. D'altra banda, s'ha elaborat una representació de l'estat ecològic per a cadascuna de les masses d'aigua estudiades segons els valors de l'índex EQR obtinguts.



## 4. RESULTATS

En el següent apartat es mostren les dades extretes després de l'aplicació de la metodologia CARLIT durant l'any 2016 i l'any 2015 dins la mateixa àrea d'estudi.

Concretament es detalla la distribució de les comunitats mediolitorals observades al llarg de tota la zona d'estudi i l'avaluació de l'estat ecològic, a partir del càlcul de l'índex EQR, que s'obté a partir de la comparació de les comunitats observades amb les comunitats que s'observen en les zones de referència.

### 4.1 Comunitats mediolitorals observades al litoral del municipi de Platja d'Aro

A continuació es representa quantitativament la longitud que ocupen les diverses comunitats al llarg dels 8,65 km de litoral rocós mostrejats dins del municipi de Platja d'Aro (Taula 5). També es mostren els percentatges de recobriment de les diferents comunitats a la zona d'estudi (Taula 5 i figura4).

Taula 5-Longitud i percentatge de recobriment de totes les comunitats mediolitorals observades dins de la zona d'estudi.

Comunitat	Longitud (km)	Recobriment (%)
Algues fotòfiles	0,06	0,7
<i>Cystoseira mediterranea 1</i>	0,60	7,0
<i>Cystoseira mediterranea 2</i>	0,58	6,7
<i>Cystoseira mediterranea 3</i>	1,49	17,2
<i>Cystoseira mediterranea 4</i>	1,48	17,1
<i>Cystoseira mediterranea 5</i>	2,68	31,0
<i>Cystoseira compressa</i>	0,44	5,1
<i>Corallina elongata</i>	0,79	9,1
<i>Hypnea spp.</i>	0,03	0,3
Algues incrustants	0,04	0,5
<i>Patella spp.</i>	0,06	0,7
Trottoir	0,23	2,6
Ulvàcies	0,17	1,9

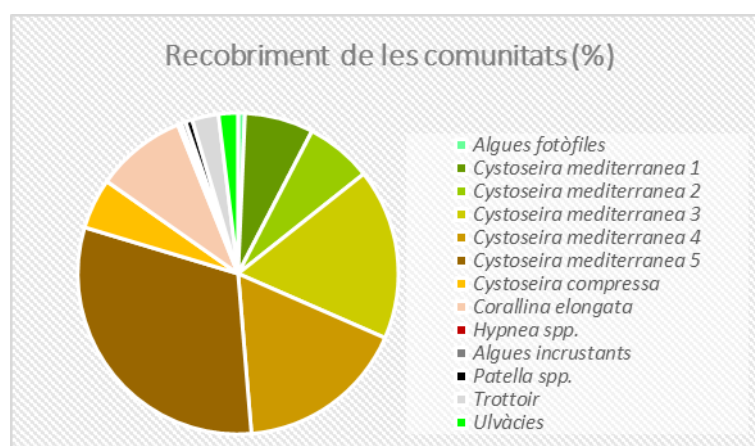


Figura 4- Percentatge de recobriment de les comunitats mediolitorals observades dins de la zona d'estudi.

Destaca clarament l'elevat recobriment (65,3%) de les comunitats de *Cystoseira mediterranea* 3, 4 i 5 respecte les altres comunitats, que en cap cas arriben al 10% de percentatge de recobriment.

## 4.2 Comunitats observades per a cada massa d'aigua

A continuació es realitzarà una explicació detallada de les característiques més rellevants de cadascuna de les masses d'aigua i de les comunitats que s'hi observen. De manera conjunta, s'especificarà, mitjançant dues taules (Taula 6 i 7), la longitud de recobriment de cada comunitat dins de la massa d'aigua i el percentatge que representa respecte tota la massa d'aigua. Hi haurà una taula per l'any 2015 i una altra per l'any 2016.

### 4.2.1 Massa d'aigua CPDA-1

La següent massa d'aigua de 1,46 km de litoral (Figura 5) està caracteritzada per la seva heterogeneïtat morfològica, de fet és l'única que incorpora les 3 tipologies de costa observades al llarg del mostreig i l'única que presenta un tram de blocs decimètrics, que corresponen a la cala dels Canyers. També presenta un illot de dimensions més grans (Belladona Grossa) a l'àrea més oriental que acompanya a petits illots.

En relació a l'ocupació de les comunitats sobre el mediolitoral (Taula 6) hi ha un elevat recobriment de *Cystoseira mediterranea* 4 i 5. Però el que destaca més és l'elevat recobriment de la comunitat de *Cystoseira compressa* respecte al que s'observa en altres masses d'aigua.

### 4.2.2 Massa d'aigua CPDA-2

Aquest sector de costa de 0,46 km (Figura 5), està en una situació més allunyada del nucli urbà. Tot i això, presenta un petit port artificial, està proper al pas del camí de ronda i rep la influència de turistes provinents del càmping Cala Sa Cova i de l'hotel Cala del Pi.

Respecte a les comunitats identificades (Taula 6), hi ha una destacada abundància de *Cystoseira mediterranea*, però que rarament aconsegueix un recobriment continu, seguida d'una presència de *Corallina elongata* que supera el 15% de recobriment.

### 4.2.3 Massa d'aigua CPDA-3

La massa d'aigua CPDA-3 (Figura 5), d'igual longitud a l'anterior, també es troba localitzada en una zona de gran afluència turística .

Entre les comunitats presents (Taula 6), cal tenir en compte l'alt recobriment de la comunitat de *Cystoseira mediterranea*.

### 4.2.4 Massa d'aigua CPDA-4

Aquesta massa d'aigua de situada l'extrem nord de la platja Gran i de baixa longitud (0,28 km) està constituïda per 4 illes i una estructura rocosa adjacent a la platja Gran (Figura 5), considerada dins de la massa d'aigua. És la més propera al nucli urbà de Platja d'Aro i es troba situada dins d'una zona habitual de bany durant els mesos d'estiu.

Segons el mostreig realitzat (Taula 6), és la massa d'aigua amb menor representació de comunitats de *Cystoseira mediterranea* (66,2%), tot i ser representat més de la meitat de la longitud de recobriment de la massa d'aigua. D'altra banda també destaca l'elevat recobriment de *Corallina elongata* (29,3%) en comparació al recobriment observat en tota l'àrea d'estudi.

Comunitat	Massa d'aigua CPDA-1		Massa d'aigua CPDA-2		Massa d'aigua CPDA-3		Massa d'aigua CPDA-4		Massa d'aigua CPDA-PE		Massa d'aigua CPDA-5		Massa d'aigua CPDA-6		Massa d'aigua CPDA-7		$\Sigma$ Masses d'aigua	
	Longitud (m)	Recobriment (%)	Longitud (m)	Recobriment (%)	Longitud (m)	Recobriment (%)	Longitud (m)	Recobriment (%)	Longitud (m)	Recobriment (%)	Longitud (m)	Recobriment (%)	Longitud (m)	Recobriment (%)	Longitud (m)	Recobriment (%)	Longitud (m)	Recobriment (%)
<i>Algues fotòfiles</i>	38,6	2,6	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0,6	5,1	0,3	10,5	0,4	62,2	0,7
<i>Cystoseira mediterranea 1</i>	52	3,5	118,3	25,5	0	0	4,3	1,6	0	0	122,9	9,5	101,1	5,8	205,9	7,5	604,5	7
<i>Cystoseira mediterranea 2</i>	84,6	5,8	79,3	17,1	42,6	15,4	0	0	0	0	35,5	2,8	233,7	13,5	103,1	3,8	578,8	6,7
<i>Cystoseira mediterranea 3</i>	50,4	3,4	53,6	11,5	49,4	17,9	12,4	4,5	0	0	427,4	33,2	275,3	15,9	622,7	22,8	1491,2	17,2
<i>Cystoseira mediterranea 4</i>	399,8	27,3	100,5	21,6	58,7	21,2	37,3	13,5	0	0	159,8	12,4	137,3	7,9	585,3	21,3	1478,	17,1
<i>Cystoseira mediterranea 5</i>	483,4	33	12,4	2,7	61,5	22,3	129,4	46,7	0	0	421,6	32,7	747,9	43,2	825,3	30,1	2681,5	31
<i>Cystoseira compressa</i>	248,5	17	18,3	3,9	0	0	0	0	0	0	0	0	92,6	5,3	85,3	3,1	444,7	5,1
<i>Corallina elongata</i>	89	6,1	73,3	15,8	64,2	23,2	81,3	29,3	386	92,2	0	0	27,9	1,6	67,8	2,5	789,5	9,1
<i>Hypnea spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,5	0,7	17,3	0,6	29,8	0,3
<i>Algues incrustants</i>	18,5	1,3	9	1,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,7	0,56	43,2	0,5
<i>Patella spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,3	0,8	46,6	1,7	59,9	0,7
Trottoir	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112,7	8,8	65,1	3,8	49,3	1,8	227,1	2,6
Ulvàcies	0	0	0	0	0	0	12,4	4,5	32,7	7,8	0	0	20	1,2	101,7	3,7	166,8	1,9

Taula 6.-Longitud i percentatge de recobriment de totes les comunitats mediterrànies observades per a cadascuna de les masses d'aigua estudiades. Any 2016.

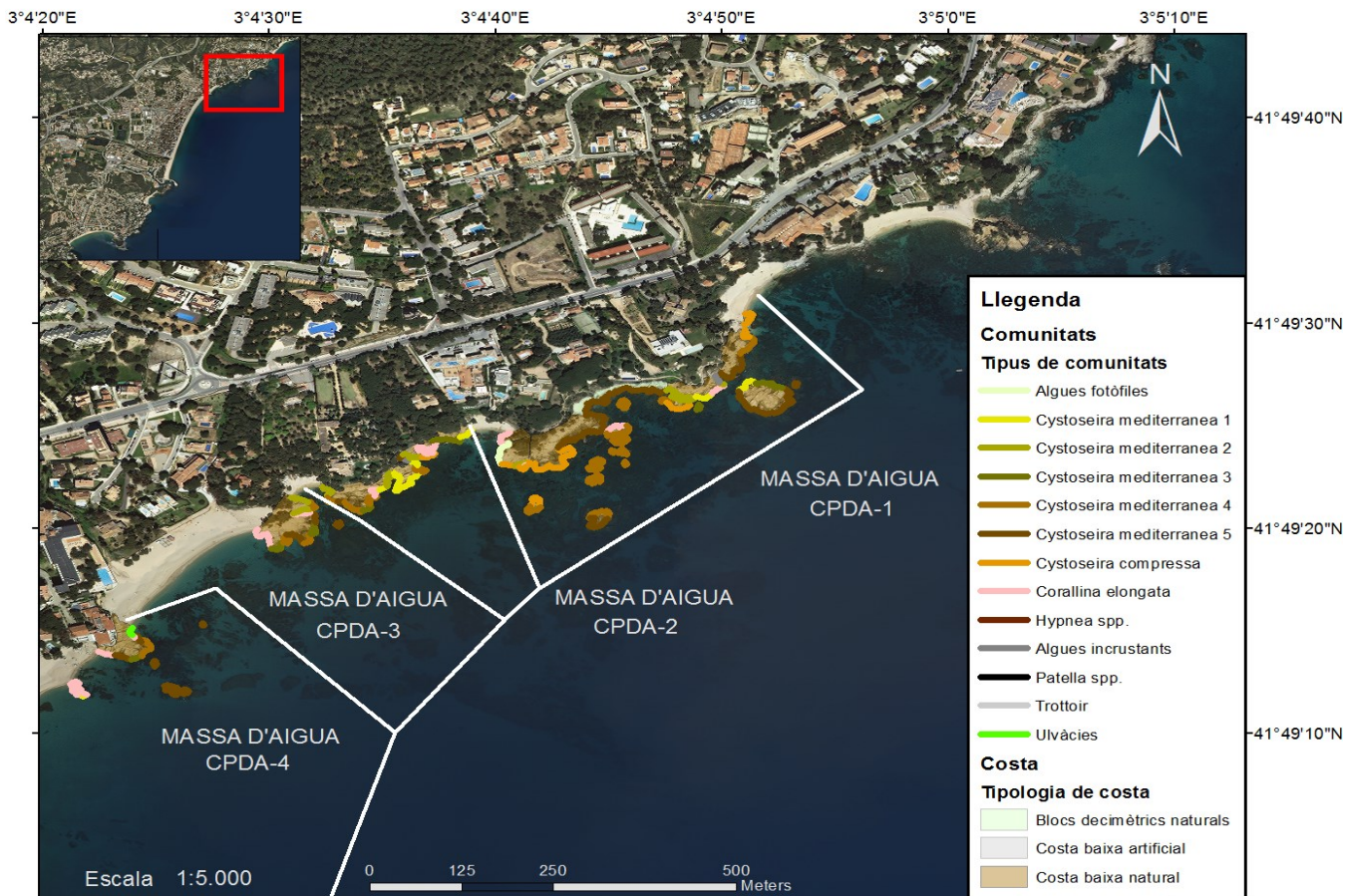


Figura 5 Cartografia bionòmica de les comunitats mediolitorals observades en la massa d'aigua CPDA-1, CPDA-2, CPDA-3 i CPDA-4 durant l'any 2016.

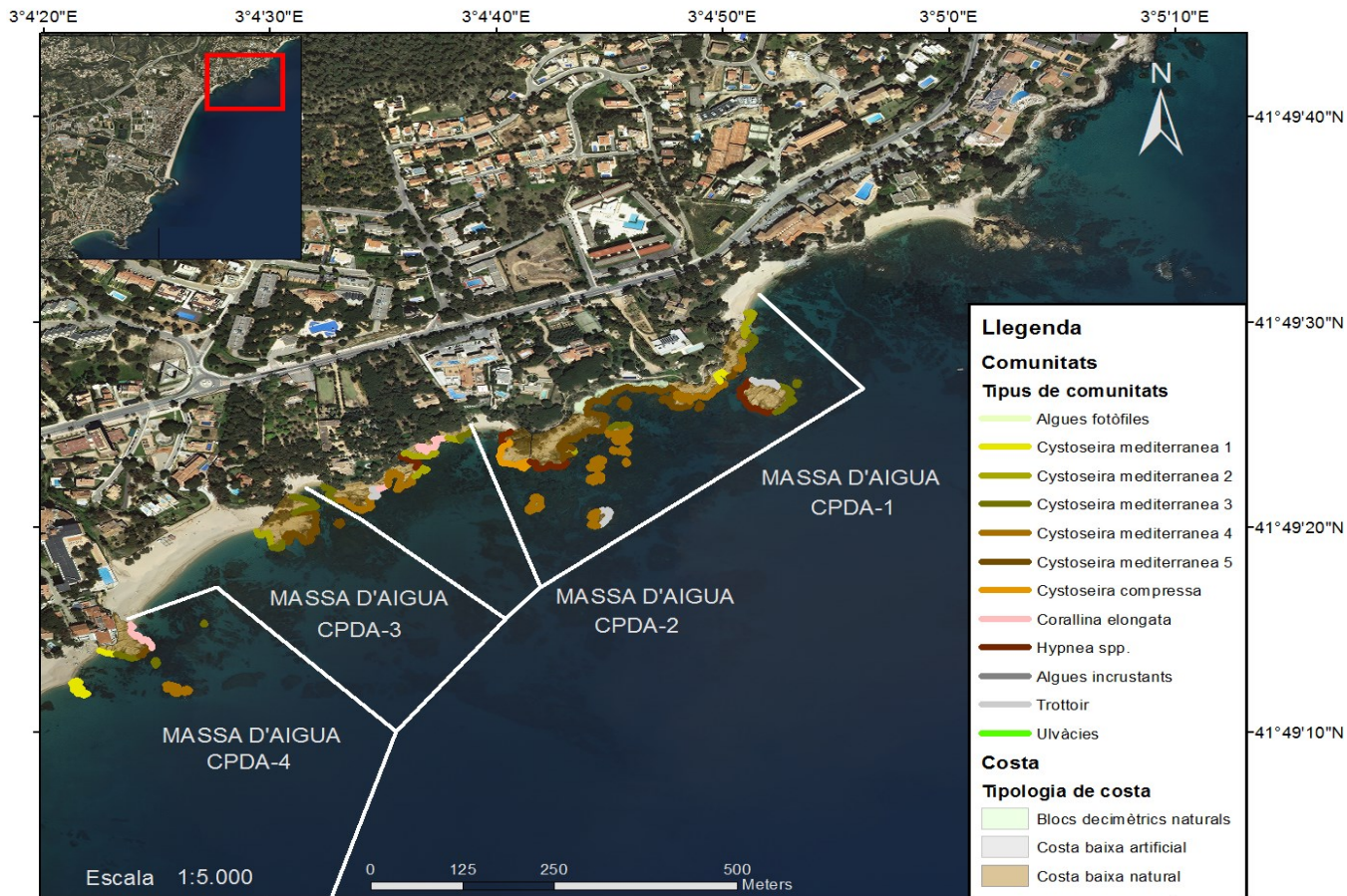


Figura 6- Cartografia bionòmica de les comunitats mediolitorals observades en la massa d'aigua CPDA-1, CPDA-2, CPDA-3 i CPDA-4 durant l'any 2015.

#### 4.2.5 Massa d'aigua CPDA-PE

La següent massa d'aigua correspon a un tram de 418,7 m de blocs mètrics (Figura 7), ubicat en el port esportiu de Platja d'Aro, una zona amb un alt transit d'embarcacions i amb una capacitat de 829 amarratges.

En referència a les comunitats presents al port (Taula 6), la més abundant és la comunitat de *Corallina elongata*, seguida de la comunitat d'ulvàcies amb un recobriment molt menor.

#### 4.2.6 Massa d'aigua CPDA-5

La següent massa d'aigua, de 1,29 km (Figura 7), té la característica de que és la més propera al port esportiu de Platja d'Aro.

Com en el cas de l'anterior sector de litoral, l'abundància de les comunitats de *Cystoseira mediterranea 3 i 5* és molt elevada, sobretot de *Cystoseira mediterranea 3 i 5* de fet és present a gairebé tots els indrets (Taula 6).



Figura 7- Cartografia bionòmica de les comunitats mediolitorals observades en la massa d'aigua CPDA-5 i CPDA-PE, durant l'any 2016.

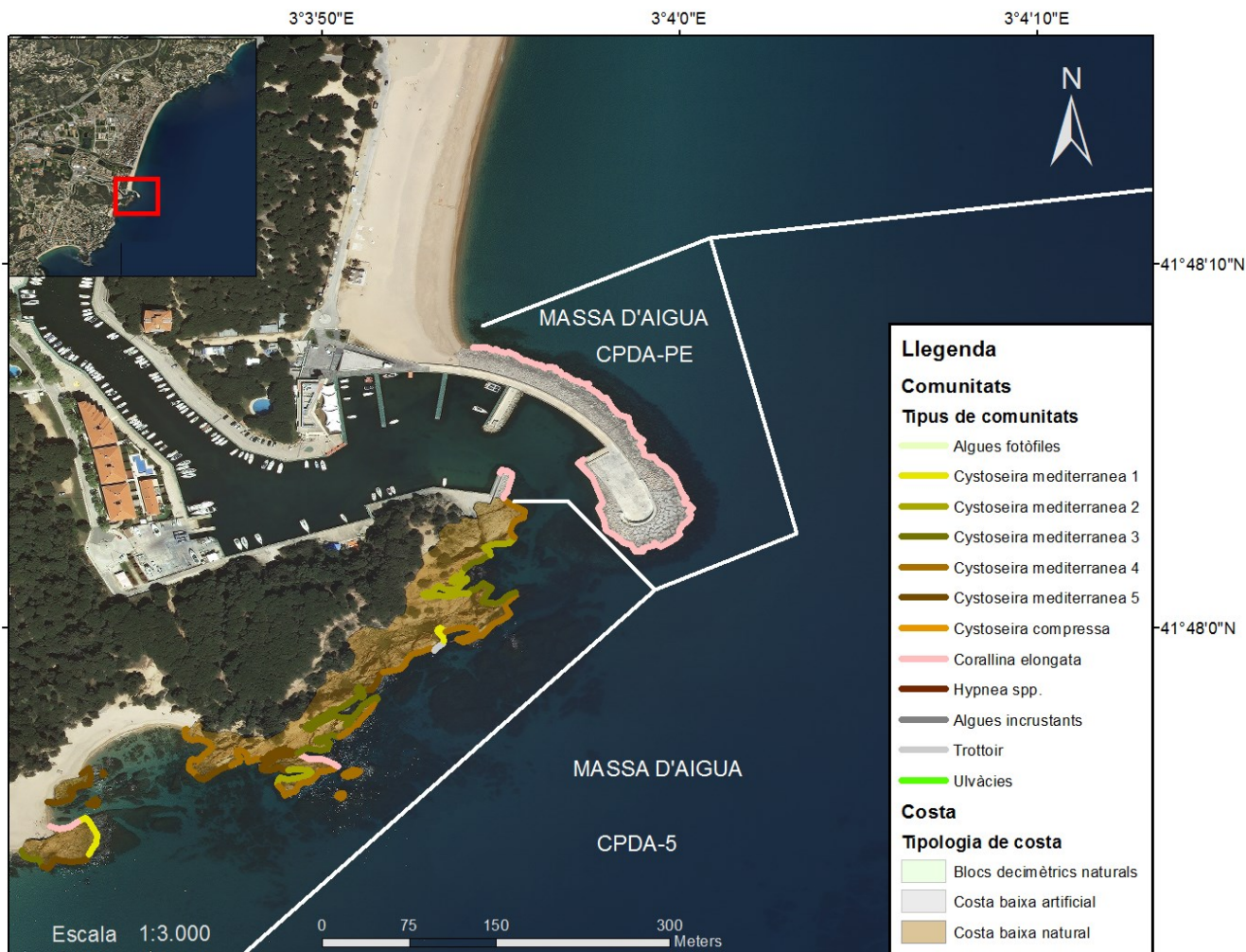


Figura 8- Cartografia bionòmica de les comunitats mediolitorals observades en la massa d'aigua CPDA-5 i CPDA-PE, durant l'any 2015.

#### 4.2.7 Massa d'aigua CPDA-6

Aquest sector de litoral de 1,74 km (Figura 9), està caracteritzat morfològicament per una gran quantitat d'entrades d'aigua i de petites illes properes a la costa.

Pel que fa a la distribució de les comunitats mediolitorals (Taula 6), s'observa una elevada abundància de *Cystoseira mediterranea* 5 en relació a les demés comunitats observades.

Tal com es pot observar (Taula 6), *Cystoseira mediterranea* 3, 4 i 5 són les comunitat més abundants, mentre que la resta de comunitats tenen un longitud de recobriment molt menor.

#### 4.2.8 Massa d'aigua CPDA-7

Aquesta massa d'aigua de 2,74 km (Figura 9), situada entre la platja de Sant Pol i cala Pedrosa, està situada en una zona molt visitada durant els messos estivals i molt propera al camp de boies que es col·loca cada estiu dins de la badia de Sant Pol. Segons la seva orientació està dividida dos sectors, un sector orientat cap a l'oest i un altre orientat cap a l'est.

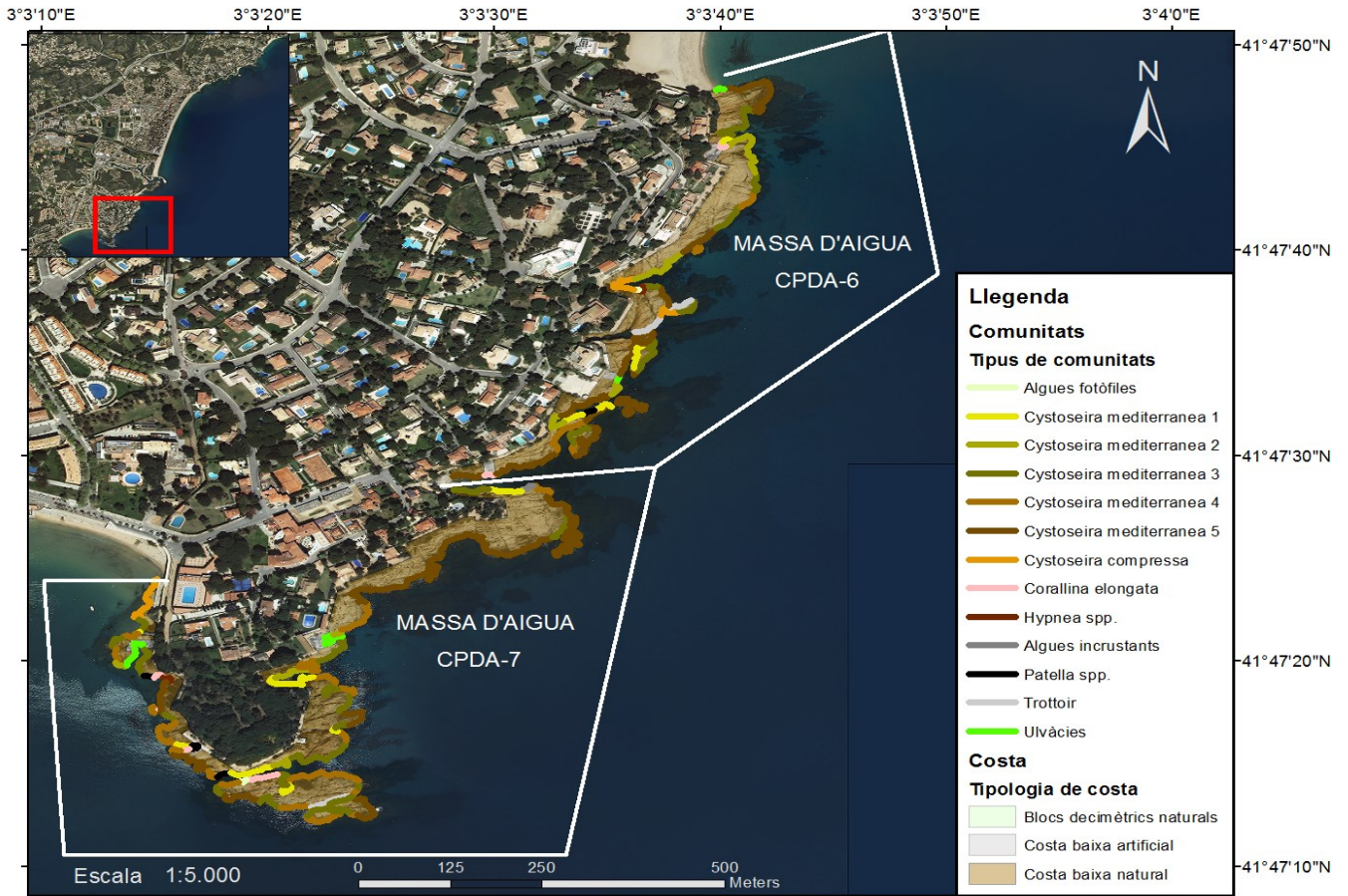


Figura 9-Cartografia bionòmica de les comunitats mediolitorals observades en la massa d'aigua CPDA-6 i CPDA-7, durant l'any 2016.

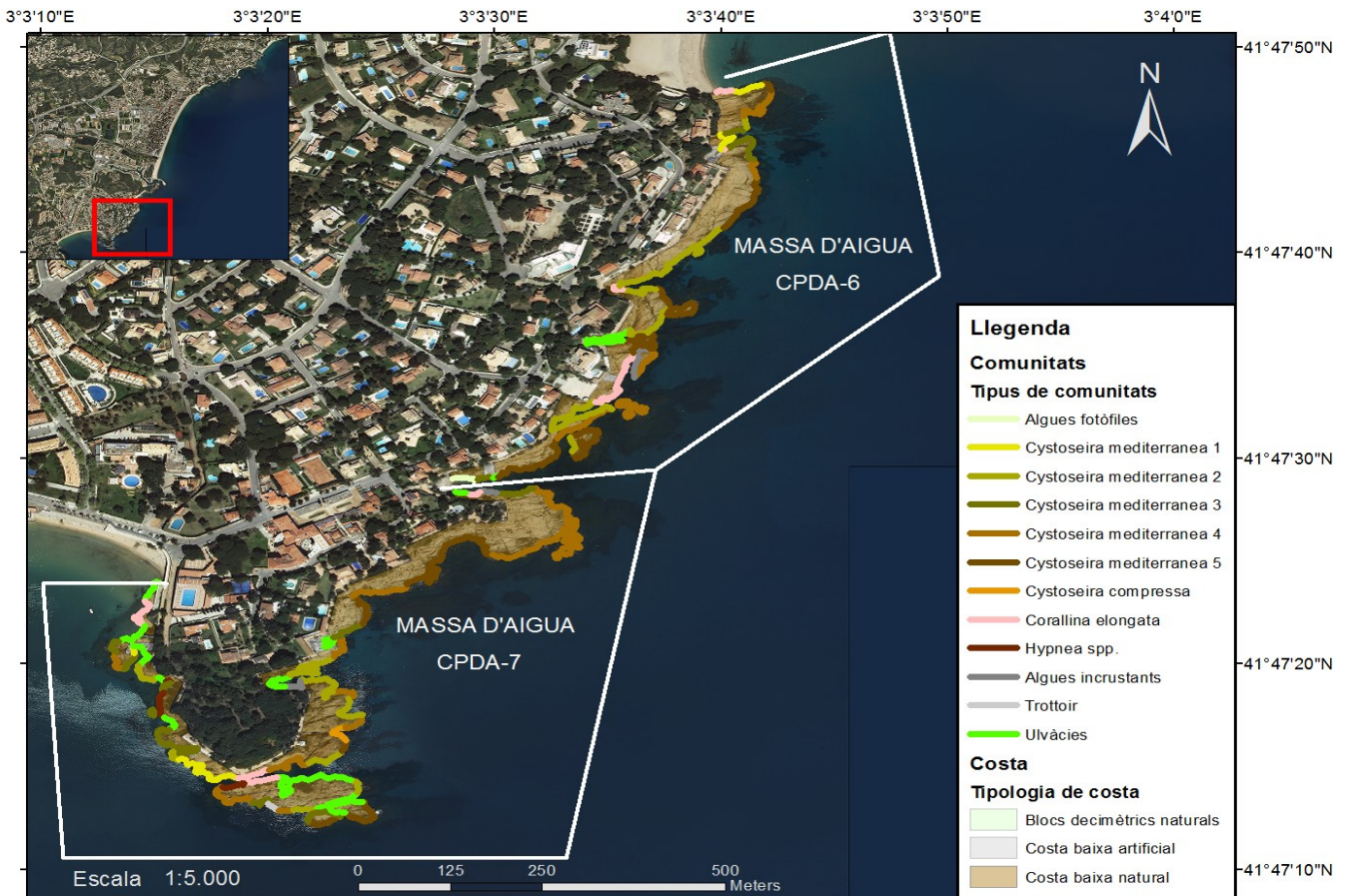


Figura 10- Cartografia bionòmica de les comunitats mediolitorals observades en la massa d'aigua CPDA-6 i CPDA-7, durant l'any 2015.

Comunitat	Massa d'aigua CPDA-1		Massa d'aigua CPDA-2		Massa d'aigua CPDA-3		Massa d'aigua CPDA-4		Massa d'aigua CPDA-PE		Massa d'aigua CPDA-5		Massa d'aigua CPDA-6		Massa d'aigua CPDA-7		$\Sigma$ Masses d'aigua	
	Longitud (m)	Recobriment (%)	Longitud (m)	Recobriment (%)	Longitud (m)	Recobriment (%)	Longitud (m)	Recobriment (%)	Longitud (m)	Recobriment (%)	Longitud (m)	Recobriment (%)	Longitud (m)	Recobriment (%)	Longitud (m)	Recobriment (%)	Longitud (m)	Recobriment (%)
Algues fotòfiles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28,3	0,3
<i>Cystoseira mediterranea 1</i>	30,3	2,1	0	0	0	29,0	80,3	0	0	0	4,6	59,2	78,6	4,5	113,5	4,2	361,9	4,2
<i>Cystoseira mediterranea 2</i>	47,2	3,2	98,0	21,1	41,6	15,1	0	0	0	0	13,7	176,8	424,5	24,5	400,8	14,7	1188,9	13,7
<i>Cystoseira mediterranea 3</i>	155,8	10,6	66,0	14,2	85,5	30,9	53,1	19,2	0	0	23,7	305,3	110,6	6,4	369,2	13,5	1145,5	13,2
<i>Cystoseira mediterranea 4</i>	442,4	30,2	167,2	36	0	0	68,0	24,5	0	0	34,2	439,8	329,2	19,0	703,4	25,7	2150	24,8
<i>Cystoseira mediterranea 5</i>	439,7	30,0	0	0	149,3	54	18,5	6,7	0	0	18,9	243,7	649,8	37,5	380,3	13,9	1881,3	21,7
<i>Cystoseira compressa</i>	93,5	6,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93,5	1,1
<i>Coralina elongata</i>	0	0	70,8	15,2	0	0	57,2	20,6	418,7	100	4,0	51,5	39,3	2,3	145,1	5,3	782,6	9,0
<i>Hypnea spp.</i>	178,5	12,2	34,9	7,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71,8	2,6	285,2	3,3
Algues incrustants	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53,7	3,1	27,0	1,0	80,7	0,9
<i>Patella spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Trottoir	77,4	5,3	27,8	6,0	0	0	0	0	0	0	0,8	10,6	0	0	15,0	0,55	130,8	1,5
Ulvàcies	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,8	1,0	509,8	18,6	527,6	6,1

Taula 7-Longitud i percentatge de recobriment de totes les comunitats mediterrànies observades per a cadascuna de les masses d'aigua estudiades. Any 2015.



### 4.3 Estat ecològic de les masses d'aigua

Tal com s'ha descrit abans, per l'avaluació de l'estat ecològic de les masses d'aigua, la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/CEE) estableix que s'apliquin 5 categories segons el nivell de qualitat que presentin (molt bo, bo, moderat, pobre i dolent). Aquestes categories provenen del càlcul de l'índex EQR, especificat per la metodologia CARLIT.

En el cas de la nostra àrea d'estudi hem obtingut uns valors de EQR superiors a 0,75 (Taula 8, figures 11 i 12) per a totes les masses d'aigua, excepte en la massa d'aigua CPDA-PE, corresponent al port esportiu, on s'han uns valors situats entre 0,6 i 0,7. Per tant es pot afirmar que l'estat ecològic de totes les masses d'aigua segons la DMA és molt bo en totes les masses d'aigua, excepte en la massa d'aigua CPDA-PE, on seria considerat com a bo..

Pel que fa a les variacions de l'índex EQR en els dos anys d'estudi, tot i no observar-se cap canvi de categoria en referència al nivell de qualitat de l'aigua, s'observen uns augments importants en la massa d'aigua CPDA-1 i CPDA-4. D'altra banda, s'observa una davallada en la massa d'aigua CPDA-6.

Taula 8-Valors de EQR de cadascuna de les masses d'aigua. Anys 2015 i 2016.

Massa d'aigua	Delimitació	EQR 2015	EQR 2016
PDA-1	Platja de Sant Pol-Cala Pedrosa	0,82	0,96
PDA-2	Cala Pedrosa-Sa Conca	0,98	0,99
PDA-3	Sa Conca-Punta Prima	0,98	0,98
PDA-4	Platja Gran-Cala Sa Rovira	0,77	0,91
PDA-5	Cala Sa Rovira-Cala Sa Cova	1	0,87
PDA-6	Cala Sa Cova-Cala del Pi	0,82	0,77
PDA-7	Cala del Pi-Cala Belladona	1	0,98
PDA-PE	Punta Prima- Platja Gran	0,67	0,63
TOTES	Platja de Sant Pol-Cala Belladona	0,92	0,94

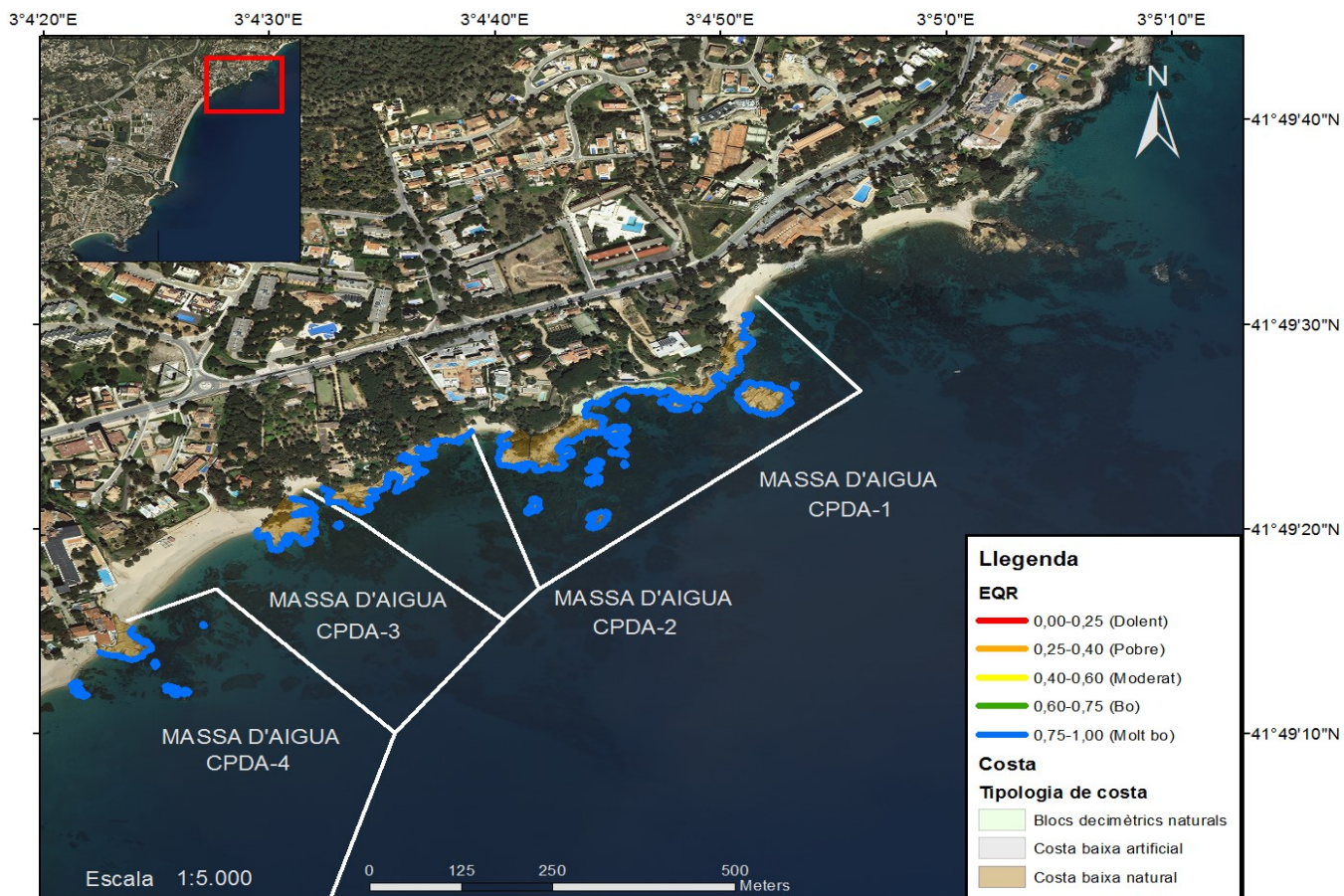


Figura 11- Estat ecològic de les masses d'aigua CPDA-1, CPDA-2, CPDA-3, CPDA-4, segons els valors de EQR obtinguts a partir de l'aplicació de la metodologia CARLIT. Anys 2015 i 2016

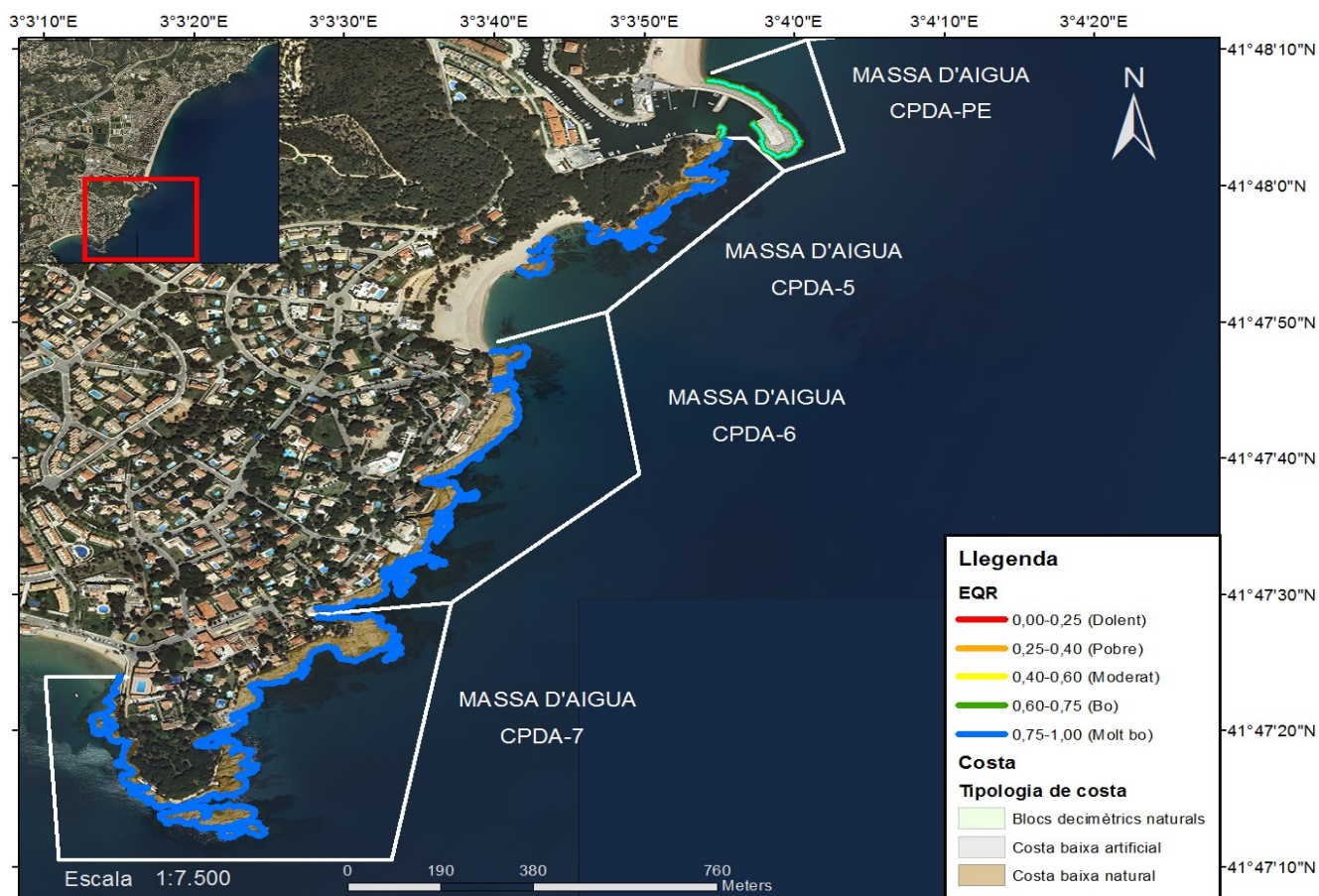


Figura 12- Estat ecològic de les masses d'aigua CPDA-4, CPDA-5, CPDA-6, CPDA-7 segons els valors de EQR obtinguts a partir de l'aplicació de la metodologia CARLIT. Anys 2015 i 2016

## 5. DISCUSSIÓ

---

Els resultats obtinguts ens donen una idea molt clara de l'estat ecològic i del comportament de les comunitats a l'estrès ambiental en la nostra àrea d'estudi.

Pel que fa a l'estat ecològic de la nostra àrea d'estudi (Taula 8, figures 11 i 12), aquest ha sigut excel·lent per a totes les masses d'aigua i els dos anys de l'estudi, excepte en el cas de la massa d'aigua CPDA-PE, situada dins del port esportiu de Platja D'Aro, en la qual l'estat ecològic ha sigut bo. Tot i això, si ens atenem a la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/CEE), no és necessari dur cap acció de conservació per la massa d'aigua CPDA-PE, ja que e considera una massa d'aigua altament antropitzada. Si no ens atenem a la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/CEE), s'ha de saber que no seria necessari dur a terme accions de millorar l'estat ecològic d'aquesta massa d'aigua, però que si s'hauria de realitzar un seguiment per estar preparat per realitzar mesures si el nivel de qualitat de la massa d'aigua descendís. D'altra banda, s'ha observat que la massa d'aigua CPDA-7 (Taula 8) és la que està millor conservada, amb un promig de valor de EQR (anys 2015 i 2016) de 0,99. Això és degut a la seva amplia distància respecte al nucli urbà, que li permet obtenir menors impactes antròpics que les altres masses d'aigua, i a l'existència de *Cystoseira mediterranea* 5 en tot el tram de blocs decimètrics, que produeixen quen en aquella zona hi hagi valors superiors de EQR. Si ens fixem en els valors de EQR obtinguts pels dos anys d'estudi, no existeixen diferències significatives, per tant no podem atribuir que hi hagi hagut canvis en l'estat ecològic d'un any per l'altre.

Respecte a estudis d'altres autors (Ballesteros *et al.*, 2007, Cavallo *et al.*, 2016) que donen un valor mitjà d'EQR d'entre 0,98 i 0,99, per a la massa d'aigua Begur-Blanes, existeixen petites diferències. Els valors de EQR de 0,92 a l'any 2015 i 0,94 l'any 2016 (Taula 8) obtinguts en l'àrea d'estudi, són lleugerament inferiors. L'explicació d'aquesta variació esta en que els autors (Ballesteros *et al.*, 2007, Cavallo *et al.*, 2016) no van avaluar les masses d'aigua altament antropitzades i en el nostre cas si que s'han avaluat. D'altra banda, si es comparen els resultats obtinguts amb l'estat ecològic que atribueix l'Agència Catalana de l'Aigua (2000/60/CEE), per a la massa d'aigua Begur-Blanes entre els anys 2007 i 2012 , si que hi ha variacions ja que qualifiquen l'estat ecològic com a bo i no com a excel·lent. Cal remarcar que l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) avalua l'estat ecològic en base a la combinació de diversos indicadors biològics, per això existeix aquesta variació.

En referència a les comunitats observades durant l'any 2016 (Taula 6), destaca l'ocupació del 79% que representa la comunitat *Cystoseira mediterranea* respecte a la longitud total de costa. L'elevada abundància és propiciada per l'elevada qualitat ambiental i sens dubte per l'afinitat d'aquesta comunitat a substrats granítics i a les temperatures relativament baixes (Cefali *et al.*, 2016) a les quals es troba en l'àrea més septentrional del Mediterrani. D'altra banda, també s'observen altres comunitats però amb una menor ocupació com podrien ser les comunitats de *Corallina elongata* i de *Cystoseira compressa* que ocupen àrees on *Cystoseira mediterranea* no pot establir-se com a espècie dominant.

En comparació a les comunitats observades l'any 2015 (Taula 7), s'observen algunes diferències amb algunes comunitats minoritàries respecte l'any 2016 (Taula 6). Aquestes diferències venen donades principalment per una disminució de *Hypnea* spp. i d'ulvàcies.

Pel que fa a les distribucions de les comunitats observades, en general s'ha observat que en les àrees més allunyades dels nuclis urbans s'hi estableix comunitats de *Cystoseira mediterranea* amb un elevat desenvolupament, en canvi en les zones més properes als nuclis urbans (Figures 7, 8, 9 i 10) i a les platges més concorregudes s'han observat més comunitats d'ulvàcies i *Corallina elongata*. Així doncs, es pot afirmar que les variacions de comunitats estan directament relacionades amb la proximitat dels nuclis urbans, tal com s'ha vist en altres estudis (Pinedo, *et al.*, 2007).

D'altra banda s'ha pogut observar que la tipologia del litoral també pot afectar a les comunitats, ja que s'ha vist que en àrees de costa natural *Cystoseira mediterranea* es desenvolupa millor (Ballesteros, 1984), mentre que en àrees de costa artificial li costa molt. En aquests casos, s'estableixen amb més facilitat les comunitats d'ulvàcies i *Corallina elongata* (Cefali *et al.*, 2016). En el petit tram de blocs decimètrics (Figures 5 i 6) és sorprenent observar *Cystoseira mediterranea* 5, com ha succeït, ja que en blocs decimètrics és difícil que s'hi fixi, ja que es tracta de superfícies molt inestables al pas de les onades.

La il·luminació també ha sigut un element que ha condicionat de manera important la distribució de les comunitats. Si ben és cert que gairebé tot el litoral estudiat estava orientat cap al sud, també s'han observat petits segments orientats cap al nord i amb una menor il·luminació. En aquests segments és on s'ha observat més trottoir i una menor cobertura de *Cystoseira mediterranea*, en canvi en les àrees més il·luminades s'ha observat més *Cystoseira mediterranea* 5 i *Cystoseira compressa*. Aquesta és una de les raons per les quals en la nostra àrea d'estudi s'han trobat més comunitats de *Cystoseira mediterranea* que no pas d'altres.

L'hidrodinamisme segurament ha sigut el factor més determinant per a les comunitats, ja que va molt lligat a la renovació dels nutrients. En zones amb una exposició elevada de les onades i amb una major circulació dels nutrients, s'han observat més comunitats de *Cystoseira mediterranea* amb elevada densitat, en canvi en àrees més arrecerades de les onades la densitat de *Cystoseira mediterranea* s'ha vist disminuïda o bé s'ha vist desplaçada per comunitats de *Cystoseira compressa*, *Corallina elongata*, o d'ulvàcies. Normalment s'han observat ulvàcies quan l'hidrodinamisme era molt baix, però també quan s'observaven estructures artificials i possibles abocaments d'aigües residuals domèstics.

Com a últim aspecte a ressenyar cal explicar que la metodologia emprada en el nostre estudi no compromet de manera directa la sostenibilitat de la zona ni contempla la manipulació d'exemplars de qualsevol espècie, per tant pot ser realitzada les vegades que es desitgi sense malmetre l'ecosistema. Si que cal afegir que en el nostre cas s'ha utilitzat una embarcació de motor i s'han abocat gasos de combustió i hidrocarburs cap a l'aigua. Tot i això per la realització d'aquesta metodologia és imprescindible l'ús d'embarcacions motoritzades per les grans superfícies mostrejades.

## 6. CONCLUSIONS

---

- The ecological status of the area according to the CARLIT methodology is excellent, except in the water body CPDA-PE that is good.
- The ecological status of the study area is slightly lower than it was established in previous studies.
- A bionomic level, the study area is mainly dominated by *Cystoseira mediterranea* community followed by community of *Corallina elongata* and *Cystoseira compressa*.
- The hydrodynamics and the availability of nutrients mark mainly the distribution of communities.
- The artificialization of coastal support the establishment of opportunistic communities.
- The application of the methodology CARLIT would help better monitoring of protected areas.

## 7. BIBLIOGRAFIA

---

- Arévalo, R., Pinedo i S., Ballesteros, E. 2007. Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: Descriptive study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae. *Marine Pollution Bulletin*, 55, 104-113.
- Asnaghi, V., Chiantore, M., Bertolotto, R.M., Parravicini, V., Vietti, R.C., Gaino, F., Moretto, P., Privitera, D. i Mangialajo, L. 2009. Implementation of the European Water Framework Directive: Natural variability associated with the CARLIT method on the rocky shores of the Ligurian Sea (Italy). *Marine Ecology*, 30, 505-513.
- Ballesteros, E., Vallmitjana, M.P. i Zabala, M. 1984. Aproximación al conocimiento de las comunidades algales de la zona infralitoral superior en la costa catalana. *Collectanea Botanica*, 15, 69-100.
- Curcó, A., Ferré, A., Font, J., Gestí, J., Vilar, L. i Ballesteros, E. 2008. *Manual dels hàbitats de Catalunya. Catàleg dels hàbitats naturals reconeguts en el territori català d'acord amb els criteris establerts pel CORINE biotopes manual de la Unió Europea: Volum II. Ambients litorals i salins.* 8-47.
- Diaz, R.J. i Rosenberg, R. 2008. Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science* 321, 926-929.
- Díez, I., Secilla, A., Santolaria, A. i Gorostiaga, J.M. 1999. Phytobenthic intertidal community structure along an environmental pollution gradient. *Marine Pollution Bulletin* 38, 463-472.
- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, DOUE L 327 (2000)
- European Commission. *Ecological Quality Ratios for Ecological Quality Assessment in Inland and Marine Waters. Institute for Environment and Sustainability. (UE).* 2007.
- European Commission. *Water Framework Directive intercalibration technical report. Part 3: Coastal and Transitional waters. JRC Scientific and Technical Reports, Institute for Environment and Sustainability, (UE).* 2009
- European Commission. *Water Framework Directive scientific and technical support related to ecological status. Summary report of JRC activities in 2015. JRC Technical Reports. Joint Research Centre. (UE).* 2015
- Giaccone, G. i Catrà, M. 2004. Definizione dello stato ecologico delle acque costiere (Direttiva 2000/60/CE) attraverso indici di valutazione ambientale con macroalghe: una rassegna dell'esperienza in Mediterraneo. *Biologia Marina Mediterranea* 11, 57-67.
- Gorostiaga, J. M. i Díez, I. 1996. Changes in the sublittoral benthic marine macroalgae in the polluted area of Abra de Bilbao and proximal coast (Northern Spain). *Marine Ecology Progress Series* 130, 157-167.
- Grall, J. i Glémarec, M. 1997. Using biotic indices to estimate macrobenthic community perturbations in the Bay of Brest. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 44, 43-53.
- Littler, M. M. i Kauker, B. J. 1984. Heterotrichy and survival strategies in the red alga *Corallina officinalis* L.. *Botanica Marina* 27, 37-44.

- Littler, M. M. i Murray, S. N. 1975. Impact of sewage on the distribution, abundance and community structure of rocky intertidal macro-organisms. *Marine Biology* 30, 277-291.
- Nielsen, S.L., Jensen, K.J., Borum, J. i Hansen, O.G. 2002. Depth colonization of eelgrass (*Zostera marina*) and macroalgae as determined by water transparency in Danish coastal waters. *Estuaries and Coasts* 25, 1025-1032.
- Orfanidis, S., Panayotidis i Stamatis, P.N. 2001. Ecological evaluation of transitional and coastal waters: A marine benthic macrophytes-based model. *Mediterranean Marine Science* 2, 45-65.
- Sfriso, A. i Facca, C. 2011. Macrophytes in the anthropic constructions of the Venice littorals and their ecological assessment by an integration of the “CARLIT” index. *Ecological Indicators*, 11, 772-781.
- Soltan, D., Verlaque, M., Boudouresque, C.F. i Francour, P. 2001. Changes in macroalgal communities in the vicinity of a Mediterranean sewage outfall after the setting up of a treatment plant. *Marine Pollution Bulletin*, 42, 59-70.
- Thibaut, T., Susana Pinedo, S., Torras, X. i Ballesteros, E. 2005. Long-term decline of the populations of Fucales (*Cystoseira* spp. and *Sargassum* spp.) in the Albères coast (France, North-western Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin*, 50, 1472-1489.