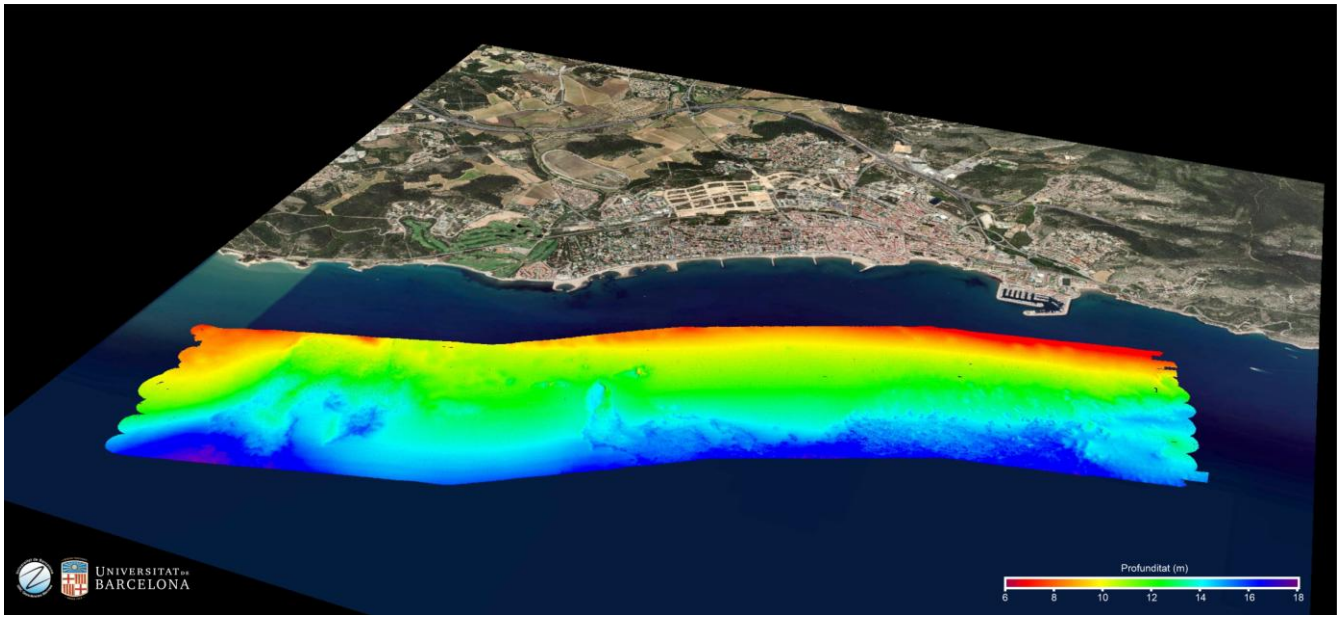
Cartografia dels fons marins de Sitges: batimetria, sedimentologia i hàbitats bentònics

M. Canals, E, Ballesteros, D. Amblàs, E. Jordana i S. Pinedo



Barcelona, 23 de desembre de 2020

Es recomana citar aquest document com segueix:

Canals, M., Ballesteros, E., Amblàs, D., Jordana, E. i Pinedo, S., 2020. Cartografia dels fons marins de Sitges: batimetria, sedimentologia i hàbitats bentònics. GRC Geociències Marines, Universitat de Barcelona, i Centre d'Estudis Avançats de Blanes, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Informe, Ajuntament de Sitges, 94 + annexos.

Índex

0. Resum executiu
1. Marc de referència
2. Objectiu
3. Àrea d'estudi i rang batimètric
4. Equip de treball
5. Antecedents
6. Planificació i desenvolupament dels treballs: cronograma
7. Metodologia
    7.1. Treballs a la mar
        Adquisició de dades de batimetria de multifeix
        Observacions *in situ* i mostratge de sediments
    7.2. Treballs de laboratori i gabinet
        Processat de les dades de batimetria de multifeix
        Anàlisi sedimentològica
            Mida de gra i paràmetres derivats
            Contingut en carbonats
            Contingut en matèria orgànica
        Inventaris *in situ*
        Fotografia i vídeo
        Comptatges d'organismes del sediment
        Projecte SIG
8. Resultats
    8.1. Batimetria de multifeix i productes derivats
        Mapa batimètric
        Mapa de reflectivitat del fons
        Mapa de segmentació
        Mapa d'estructures antròpiques
        Mapa de pendents
        Mapa d'orientació dels pendents
        Mapa de rugositat
        Model Digital del Terreny
    8.2. Sedimentologia
        Mida de gra i paràmetres derivats
        Contingut en carbonats
        Contingut en matèria orgànica
    8.3. Observacions *in situ*: hàbitats bentònics
        Hàbitats presents i llur distribució
        Paisatges
        Descripció dels hàbitats
    8.4. Mapa d'hàbitats
9. Valoració dels resultats
    9.1. Relleu i resposta acústica del fons marí
    9.2. Substrats sedimentaris, rocosos i artificials
    9.3. Estat de conservació dels hàbitats
10. Conclusions i recomanacions

11. Agraïments
12. Bibliografia
13. Llistat d'abreviatures

Annexos

I. Taula resum de les metadades de les estacions d'observació i mostratge, i dels resultats de les observacions i les anàlisis de sediments, i altra informació d'interès
II. Resultats de les anàlisis de mida de gra dels sediments i paràmetres derivats
III. Mapes i visualitzacions 3D en format jpg
IV. Recull fotogràfic de les observacions *in situ*
V. Comptatges d'organismes dels sediments
VI. Projecte SIG

0. Resum executiu

L'objecte del present estudi és avaluar l'estat dels fons marins del municipi de Sitges des dels punts de vista del relleu submarí (batimetria), els substrats (sediment, roca i altres), i els hàbitats bentònics. L'àrea prospectada, de 8,82 km^2, està circumscrita dins un polígon de 6,44 x 1,37 km amb la seva longitud màxima paral·lela a la línia de costa, entre Punta Grossa, a l'extrem oest, i la platja del Pebre, a l'extrem est, la qual inclou els fons marins situats davant del nucli urbà de Sitges i del port d'Aiguadolç. Les profunditats d'aigua oscil·len entre poc menys de 8 m i poc més de 16 m.

Per a dur a terme l'avaluació esmentada s'han usat tres metodologies que es complementen i reforcen mútuament: (i) la batimetria de multifeix d'alta resolució, a fi i efecte d'obtenir informació sobre el relleu submarí i paràmetres associats, amb recobriment cartogràfic complet (100%) de l'àrea d'estudi, i també per tenir una base robusta sobre la qual planificar acuradament les activitats *in situ* subsegüents; (ii) el mostratge *in situ*, mitjançant immersió, dels sediments del fons marí en 41 estacions estratègicament seleccionades a partir de la cartografia prèvia —en altres 2 el fons era rocós, sense sediment—; i (iii) l'observació in situ, mitjançant immersió, dels hàbitats i paisatges submarins en les 43 estacions tot just esmentades. Les estacions d'observació i mostratge han estat seleccionades a fi i efecte d'obtenir la màxima representativitat dels diferents tipus de fons —i hàbitats potencials— presents a l'àrea d'estudi, segons es desprèn de la informació aportada per la cartografia batimètrica de multifeix. Les dades de batimetria de multifeix han estat processades amb programari específic; les mostres de sediment analitzades pel que fa a la distribució de les mides de gra, els continguts de carbonats i matèria orgànica i, en tres mostres representatives obtingudes mitjançant draga de cullera, el comptatge dels organismes del sediment; i les observacions *in situ* documentades fotogràficament, i les espècies, hàbitats i paisatges identificats i classificats seguint els patrons de classificació d'hàbitats bentònics vigents.

Els resultats i productes obtinguts inclouen: (i) els mapes batimètric, de reflectivitat del fons, de segmentació, d'estructures antròpiques, de pendents, d'orientació dels

pendents i de rugositat del fons, així com un Model Digital del Terreny de l'àrea d'estudi; (ii) un conjunt complet de dades de mida de gra i paràmetres derivats, i de continguts en carbonats i en matèria orgànica de les mostres de sediment; i (iii) la identificació, descripció i distribució dels hàbitats presents a l'àrea d'estudi i dels paisatges formats pels mateixos.

Entre els resultats principals de l'estudi, destaquem els següents:

I. La **resposta acústica** del fons marí dona reflectivitats baixes i intermèdies que corresponen a fons d'arenes fines i arenes fangoses, i reflectivitats altes i molt altes que corresponen a rizoma mort de *Posidonia oceanica*, afloraments rocosos i sediments gruixuts.

II. L'**hàbitat dominant** (69,61% de l'àrea prospectada) és el de sorres fines (SF), al qual acompanyen els hàbitats afins de sorres fangoses (SFF, 5,22% addicional) i el poc comú, si més no en aquest estudi, de sorres fines amb *Cymodocea nodosa* (SF + *Cymodocea*, 0,23% addicional).

III. El **alguers** de *Posidonia oceanica* (ALG) i, principalment, els hàbitats i paisatges de degradació associats (rizoma mort —RM—, sorres detrítiques —SD—, i les combinacions RM+SD+ALG, RM+SF i RM+SFF) ocupen el 19,84% de l'àrea d'estudi, en tres claps situats als sectors occidental, central i oriental de la mateixa, entre 10 i 16 m de fondària.

IV. Al sector sud-oriental del polígon objecte d'estudi hi ha un hàbitat de **sorres grolleres (SG)** netes, amb molt poc carbonat i matèria orgànica, que ocupa el 4,31% de l'àrea total prospectada.

V. Els **afloraments de roca,** escassos i de reduïdes dimensions, se situen tots a la meitat occidental de l'àrea d'estudi, entre 9,5 i 13 m de fondària. Sustenten comunitats d'algues fotòfiles (AF) i d'algues hemiesciòfiles (AH).

VI. Els alguers de ***Posidonia oceanica*** mostren signes de recuperació incipient respecte a la situació observada l'any 2004, els quals s'expressen per la presència de grups de feixos vius i mates aïllades entre el rizoma mort.

VII. En canvi, les **poblacions de gorgònies** pròpies de la comunitat d'algues hemiesciòfiles, com ara *Eunicella verrucosa* i *Leptogorgia sarmentosa*, han patit un fort declivi les darreres dues dècades. On abans hi havia colònies de gorgònies sanes i de bon port ara només hi ha els peus dels seus esquelets. No hi ha gorgònies totalment sanes i la majoria tenen només un petit percentatge de zona viva. La regressió dels hàbitats dominats per gorgònies és general a tota la mar Mediterrània.

VIII . Els efectes del **temporal Gloria** als fons marins objecte d'estudi, 10 mesos després, s'expressen pel recobriment sedimentari de faneròganes, sobretot *Cymodocea nodosa* i, més infreqüentment, *Posidonia oceanica*, i per l'escapçament de feixos d'aquestes espècies per l'acció abrasiva de l'arena en moviment. En el cas de *Cymodocea nodosa*, l'alta resiliència de l'espècie fa plausible la recuperació de les seves poblacions els propers anys. L'abundància a qualsevol fondària de *ripples* de diferents mides, indicadors de transport tractiu, d'aspecte encara fresc en molts indrets, també podria atribuir-se, si més no en part, al Gloria, especialment els de més bona mida, formats en arenes gruixudes a profunditats ja apreciables (13 a 15 m).

IX. Hi ha nombroses **restes d'arts de pesca** abandonades o enganxades en els escassos afloraments rocosos existents i en els organismes que hi viuen o hi vivien, com ara gorgònies de bon port.

X. Dels dos **emissaris** observats, el situat a ponent, de més diàmetre i més recorregut dins la zona d'estudi, aboca activament fluids i partícules en suspensió al medi, cosa que afavoriria l'acumulació local de fins i concentracions notables de MO en el sediment més proper.

L'informe inclou un seguit de suggeriments o recomanacions adreçades a la gestió, a actuacions futures i a la difusió envers la ciutadania dels resultats d'aquest estudi.

1. Marc de referència

L'estudi objecte d'aquest informe sorgeix a rel de la petició, amb data 15 de maig de 2020, de Regidoria de Governació, Urbanisme i Espais Naturals i Sostenibilitat de l'Ajuntament de Sitges al GRC en Geociències Marines del Departament de Dinàmica de la Terra i de l'Oceà de la Universitat de Barcelona (GRC-GM UB) i al Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CEAB) del *Consejo Superior de Investigacions Científicas* (CSIC), donat l'interès de l'Ajuntament per conèixer l'estat físic dels fons marins i dels hàbitats bentònics del municipi.

Cal notar que entre els dies 19 i 23 de gener de 2020 es produí el temporal Gloria, una llevantada de les més fortes de les darreres dècades, la qual produí danys molts quantiosos a molts indrets del país, i especialment al llarg de la franja litoral (Canals i Miranda, 2020). La costa de Sitges no en fou una excepció, amb moviments importants d'arena que provocaren acumulació en uns indrets (p. ex. a les Casetes de Garraf) i erosió en la majoria (p. ex. a la platja de Sant Sebastià i a les platges del Passeig Marítim).

Els treballs necessaris per aquest estudi i la interpretació dels resultats s'han efectuat en total coordinació entre els dos centres, encarregant-se el GRC-GM UB de la recerca sobre l'estat físic dels fons marins, i el CEAB de la recerca sobre hàbitats bentònics, atesa l'expertesa de cadascun.

L'estudi s'ha finançat mitjançant dos contractes menors de l'Ajuntament de Sitges amb la UB i amb el CSIC, respectivament. La descripció dels treballs efectuats, les metodologies emprades, el resultats obtinguts, la seva interpretació i les conclusions i recomanacions que se'n deriven es presenten, a petició de l'Ajuntament de Sitges, en el present informe integrat únic i en el projecte SIG que l'acompanya i n'és part essencial.

2. Objectiu

L'objectiu és efectuar una caracterització dels fons marins situats davant el municipi de Sitges, que comprengui el seu relleu de detall, els tipus de fons i de sediment, i els hàbitats bentònics dins el polígon i el rang batimètric que s'indiquen a l'apartat 3.

3. Àrea d'estudi i rang batimètric

La zona d'estudi està delimitada per un polígon, que segons la informació prèvia disponible, comprendria el rang batimètric situat entre les isòbates de 8 i 15 m, davant per davant d'un tram de costa d'uns 6 km de llarg, que s'estén aproximadament entre Punta Grossa, a l'extrem oest, i la platja del Pebre, a l'extrem est, i que inclou el nucli urbà de Sitges i el port d'Aiguadolç. La superfície del polígon corresponent prospectat és de 8,82 km^2 (Fig. 3.1).

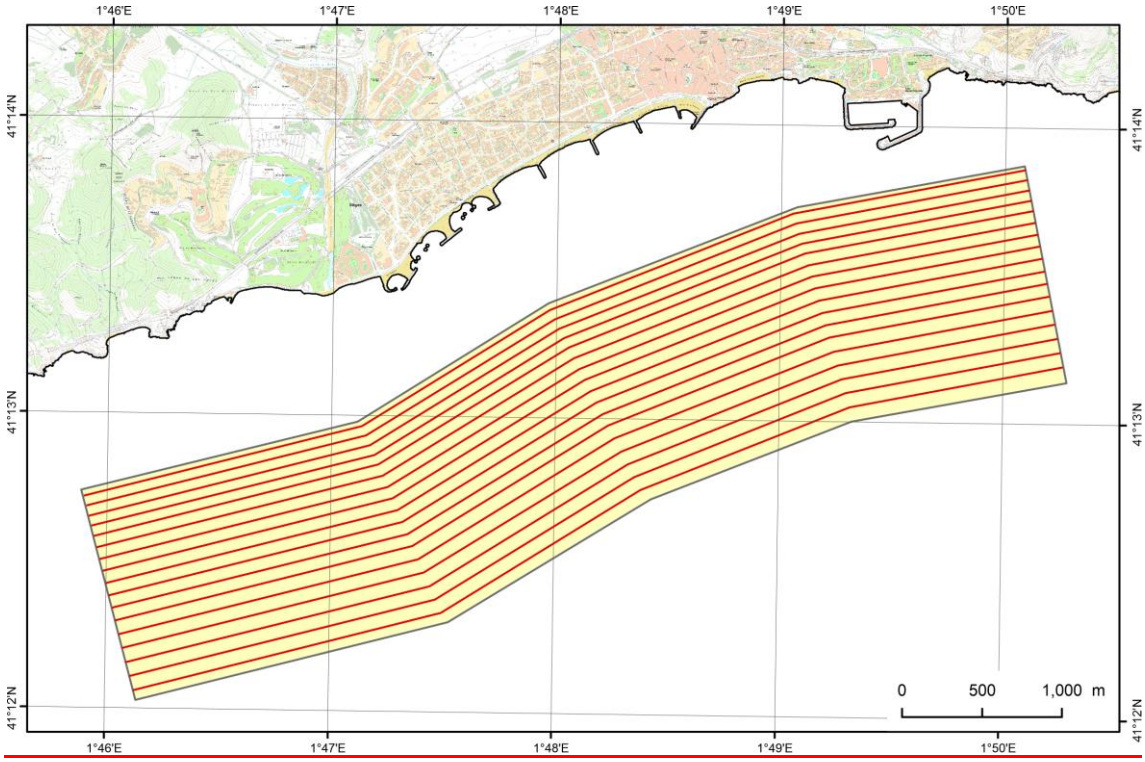


Figura 3.1. Àrea d'estudi amb la planificació de passades de batimetria de multifeix per assolir un recobriment del 100%.

4. Equip de treball

L'equip de treball ha estat format per:

- Amblàs, David: professor agregat de Geociències Marines, GRC-GM, Universitat de Barcelona. Rol: cartografia per mètodes acústics.
- Ballesteros, Enric: investigador científic, CEAB, *Consejo Superior de Investigaciones Científicas.* Rol: hàbitats bentònics i co-coordinació de l'estudi.
- Canals, Miquel: catedràtic de Geociències Marines, GRC-GM, Universitat de Barcelona. Rol: cartografia, sedimentologia i co-coordinació de l'estudi.
- Jordana, Esther: tècnica, CEAB, *Consejo Superior de Investigaciones Científicas.* Rol: hàbitats bentònics i organismes del sediment.
- Pinedo, Susana: responsable científica del Laboratori d'Identificació d'Organismes, CEAB, *Consejo Superior de Investigaciones Científicas.* Rol: hàbitats bentònics i organismes del sediment.

5. Antecedents

Pel que fa a la cartografia prèvia a aquest estudi, s'ha comptat amb una delimitació preliminar del polígon objecte d'interès, aportada per l'Ajuntament de Sitges. La consulta a la cartografia nàutica disponible, emprant el servidor WMS (*Web Map Service*) de l'*Instituto Hidrográfico de la Marina*[1] permeté una millor delimitació (i ampliació) del polígon d'interès, el qual abraçaria, previsiblement, la franja del fons marí compresa entre 8 i 15 m de fondària. La planificació i la realització de les diverses tasques del present estudi s'ha dut a terme dins del marc geogràfic d'aquest segon polígon.

En relació amb els hàbitats, en sentit ampli, l'antecedent principal, altament significatiu, és un informe de l'any 2004, encarregat al CEAB per la Fundació Natura (Ballesteros i Fernàndez, 2004), que comprèn l'àrea situada entre Garraf i Vilanova, la

[1] http://ideihm.covam.es/wms/cartaENCp5

qual és considerablement més gran que la del present estudi, tant en abast geogràfic com en rang batimètric, anant aquest darrer entre 0 m i poc més de 30 m, amb el major esforç concentrat entre 0 i 20 m. En aital informe es presenten resultats de les observacions d'espècies (incloses espècies amenaçades) i comunitats, així com una cartografia de les comunitats bentòniques. Les comunitats (=hàbitats) considerades són, de manera succinta, les dels estatges supralitoral rocós i mediolitoral rocós, i de forma detallada les dels estatges infralitoral i circalitoral, diferenciant en aquests darrers els hàbitats de fons sedimentaris, de fons durs i els alguers, concretament:

- Hàbitat de sorres fines ben calibrades (fons sedimentaris)
- Hàbitat de sorres fines ben calibrades amb presència de *Cymodocea nodosa* (fons sedimentaris)
- Hàbitat de sorres gruixudes (fons sedimentaris)
- Hàbitat de fons detrític costaner (fons sedimentaris)
- Hàbitat de *Posidonia oceanica* (alguers)
- Hàbitat dels rizomes morts de *Posidonia oceanica* (alguers)
- Hàbitat d'algues fotòfiles (fons durs)
- Hàbitat d'algues hemiesciòfiles (fons durs)

A l'informe esmentat s'avalua també la representativitat (en termes d'abundància) l'estat de conservació (de molt bo a molt dolent) de cadascun dels hàbitats identificats. També incorpora resultats d'anàlisis sedimentològiques de mostres preses en 16 estacions, a més d'una caracterització de les poblacions íctiques. L'informe acaba amb unes conclusions i una proposta de mesures de gestió, i la bibliografia corresponent. Alguns dels mapes que acompanyen l'informe inclouen les isòbates de 5, 10, 20 i 30 m, mentre que altres, com ara el mapa bionòmic o d'hàbitats bentònics, no les inclouen. No consta quina és la font de la informació batimètrica. En annexos, l'informe inclou un llistat d'espècies, la composició específica dels hàbitats, les espècies trobades mitjançant draga de cullera (un tipus de mostrejador de sediment solt), un inventari de peixos, i un reportatge fotogràfic.

L'informe de Ballesteros i Fernàndez (2004) és altament valuós ja que, per una banda,

defineix un marc de referència científicament rigorós i notablement ampli i, per una altra, proporciona una perspectiva temporal poc freqüent i molt útil per valorar l'evolució dels hàbitats de la zona d'estudi en el lapse de 16 anys transcorregut fins la realització de l'estudi que aquí es reporta. A més, ambdós estudis es reforcen en tant en quant cadascun d'ells permet verificar la consistència de l'altre.

6. Planificació i desenvolupament dels treballs: cronograma

Els treballs en el marc del present estudi es poden subdividir en **(i) treballs a la mar** i **(ii) treballs de gabinet i laboratori** (Fig. 6.1). Els treballs a la mar s'han dut a terme durant dues campanyes curtes, la primera els dies 28 i 30 d'octubre de 2020, en que s'adquiriren les dades de batimetria de multifeix des d'embarcació, a partir de les quals, un cop confeccionats els mapes batimètrics, d'intensitat de retrodifusió i altres mapes, en versió preliminar, basats en dades acústiques, es planificà la segona campanya dels treballs a la mar. Aquesta segona, efectuada des d'una embarcació lleugera de tipus zodiac, els dies 17, 18 i 19 de novembre de 2020, consistí en l'observació o prospecció *in situ* del fons marí en un total de 43 estacions preseleccionades (és a dir, 10 estacions més que les previstes per contracte) a partir de les cartografies de la primera campanya. En totes i cadascuna d'aquestes estacions hom fotografià i descriví el fons i els poblaments bentònics, i mostrejà manualment el sediment del fons sempre que n'hi hagués. Ocasionalment, també s'enregistraren clips de vídeo. A més, es van recollir mostres amb draga en tres estacions, considerades suficientment representatives, per a l'estudi de la composició faunística del sediment. Totes dues campanyes a mar s'efectuaren aprofitant finestres de bon temps.

Els treballs de gabinet i laboratori han inclòs les tasques següents:

- Recopilació i anàlisi de la informació prèvia disponible sobre batimetria, tipus de fons, característiques dels sediments i hàbitats bentònics (setembre de 2020).
- Creació del projecte SIG de l'estudi i preparació de l'embarcació (setembre-octubre de 2020).
- Planificació detallada de la campanya d'adquisició de dades de batimetria de

multifeix des d'embarcació (octubre de 2020).

- Preprocessat de les dades de batimetria de multifeix amb programari específic (novembre de 2020).
- Selecció de les estacions per observació i mostratge *in situ* (novembre de 2020).
- Tractament i anàlisi del recull fotogràfic i videogràfic de la campanya d'observació i mostratge *in situ* del fons marí (novembre-desembre de 2020).
- Anàlisi de les mostres de sediments per determinar la distribució granulomètrica i els continguts en carbonats i matèria orgànica (MO) (novembre-desembre de 2020).
- Comptatges complets de les comunitats d'organismes presents en el sediment de les estacions mostrejades amb draga (novembre-desembre de 2020).
- Processat final de les dades de batimetria de multifeix amb programari específic (novembre-desembre de 2020).
- Obtenció de productes cartogràfics definitius i creació de capes (*shapefiles*) d'informació específica pel projecte SIG (novembre-desembre de 2020).
- Discussió i interpretació dels resultats (desembre de 2020).
- Redacció de l'informe final incloent memòria i projecte SIG (desembre de 2020).

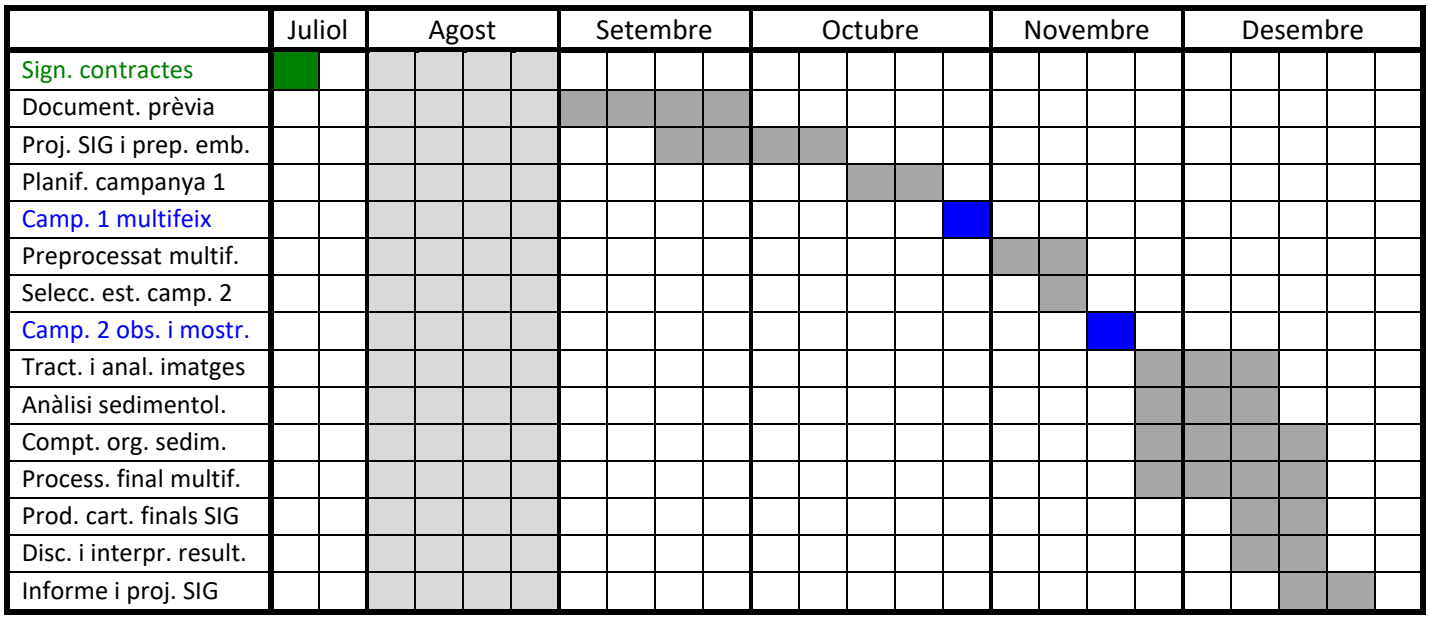


Figura 6.1. Cronograma d'activitats de l'estudi, efectuat a la segona meitat de l'any 2020. En verd, signatura dels contractes (20.07.20). En gris fort, treballs de gabinet i laboratori. En blau, treballs a la mar (28 i 30.10.20, i 17, 18 i 19.11.20). En gris clar, període de vacances (agost).

Atès que el període de realització de l'estudi (setembre-desembre de 2020) ha coincidit de ple amb les restriccions de mobilitat imposades per les autoritats a rel de la pandèmia de COVID-19, l'equip humà de l'estudi s'ha organitzat en unitats de treball independents segons especialització, aconseguint així fer avançar la feina a bon ritme. A més, totes les unitats de treball s'han mantingut en contacte freqüent mitjançant telereunions i altres modalitats de comunicació telemàtica, a fi de garantir que les restriccions esmentades no impactessin sobre la realització i finalització de l'estudi dins el termini previst.

7. Metodologia

7.1. Treballs a la mar

Adquisició de dades de batimetria de multifeix

L'ecosondatge de multifeix és la tècnica de cartografia submarina més eficaç i versàtil de les existents actualment ja que permet adquirir, pràcticament a qualsevol profunditat, dades d'alta resolució amb recobriment continu i amb l'embarcació desplaçant-se a velocitats relativament elevades, de fins a 9 nusos. Les ecosondes obtenen les mesures de profunditat mercès a l'emissió d'impulsos o feixos acústics cap al fons marí, i la seva posterior en superfície recepció després d'haver-s'hi reflectit. L'angle d'arribada del senyal acústic i el temps que aquest triga a impactar en el fons i tornar a la superfície es transforma en profunditat en funció de la velocitat de propagació del so a la columna d'aigua, la qual depèn de la seva densitat i estructura vertical. A més de la informació estrictament batimètrica, les dades proporcionades per les ecosondes de multifeix contenen informació sobre el tipus de fons. La intensitat del senyal acústic que retorna al transductor, coneguda com a intensitat de retrodifusió (*backscatter*) —"reflectivitat del fons" d'ara en endavant, per simplificar—, és funció de les característiques físiques del fons marí. Així doncs, a més de cartografies batimètriques, les dades de multifeix permeten elaborar cartografies de tipus de fons, sempre i quan estiguin degudament contrastades amb mostrejos de sediment i observacions in situ (cf. "Observacions in situ i mostratge de sediments",

més endavant, en aquest mateix subapartat).

Les dades de batimetria i de reflectivitat del fons adquirides *ad hoc* pel present informe es varen obtenir mitjançant una ecosonda de multifeix model EM3002D de *Kongsberg Maritime* instal·lada al buc d'una embarcació preparada per treballs cartogràfics d'alta precisió. Aquest model d'ecosonda, que opera a freqüències a l'entorn dels 300 kHz, permet generar batimetries d'alta resolució i proporciona un recobriment de fins a 10 vegades la profunditat d'aigua. Es tracta, per tant, d'una ecosonda optimitzada per a la cartografia i inspecció d'aigües relativament somes com les de l'àrea d'estudi.

El control del perfil de velocitat del so de les aigües on es treballa és determinant en la qualitat final de les dades batimètriques obtingudes. En aquest treball, el perfilador de velocitat del so emprat ha estat un Smart SVP de la marca AML. Atès que el perfil de velocitat del so varia en funció de la temperatura, la salinitat i la pressió, es va obtenir un perfil del so a l'inici de cada jornada d'adquisició.

Les operacions de traçat de les línies de navegació de l'embarcació s'efectuaren mitjançant el programari *Seafloor Information System* (SIS) v4.1.4 de Kongsberg Maritime AS. Aquestes línies han seguit, a trets generals, la planificació prèvia basada en les dades batimètriques de baixa resolució disponibles abans del present estudi (Fig. 3.1), però s'han adaptat segons necessitats allà on la profunditat real així ho ha requerit per tal d'obtenir un recobriment complet del fons marí dins el polígon objecte d'estudi (Fig. 7.1). La distància total recorreguda per a l'adquisició de dades de batimetria de multifeix ha estat de 74,5 milles nàutiques (138 km).

Per al posicionament geogràfic durant l'adquisició s'ha emprat el sistema DGPS amb correcció RTK, que proporciona posicions amb precisions millors de 0,2 m en l'horitzontal a tota l'àrea d'estudi. Els moviments de balanceig i caboteig del vaixell, l'alçada d'ona i l'orientació de la proa s'han compensat en temps real mitjançant un sensor de moviment d'alta precisió (model *Seapath 330* de *Kongsberg Maritime*)

integrat al sistema d'adquisició de la sonda. Durant la campanya batimètrica s'ha efectuat un preprocessat de les dades a efectes de control de qualitat.

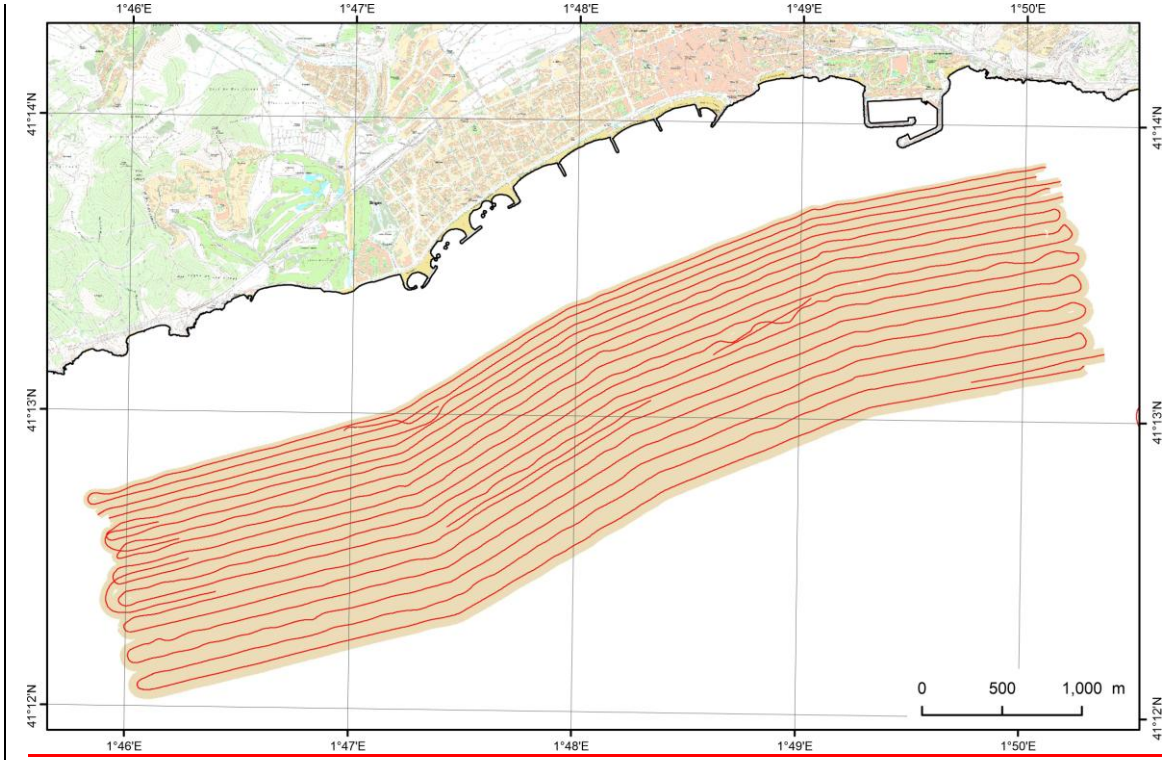


Figura 7.1. Mapa de passades d'adquisició de dades de batimetria de multifeix, dins del polígon que delimita l'àrea d'estudi.

Observacions in situ i mostratge de sediments

Les dades de camp per aquest estudi es van obtenir a la segona campanya esmentada a l'apartat 6, amb la participació d' E. Ballesteros, E. Jordana i S. Pinedo (cf. aptat. 4). El treball de camp ha consistit en immersions amb escafandre autònoma en 43 estacions de mostreig i observació *in situ* (Fig. 7.2). Aquestes estacions han estat seleccionades a partir de la cartografia batimètrica de multifeix i d'intensitat de reflectivitat del fons obtinguda a la primera campanya (cf. aptat. 6), de manera que representessin la diversitat d'ambients existents, si més no pel que fa a rangs de profunditat i naturalesa acústica del fons, d'acord amb la reflectivitat del mateix.

A cada estació s'ha fet primer una observació visual dels tipus d'hàbitats presents i un inventari *in situ*, amb recollida ocasional de mostres de macroflora i macrofauna per a la seva determinació o confirmació posteriors al laboratori, amb enregistrament de la informació en una pissarra. A continuació s'ha realitzat un reportatge fotogràfic

representatiu de cada estació amb una càmera Olympus TG3 proveïda d'una caixa estanca RecSea.

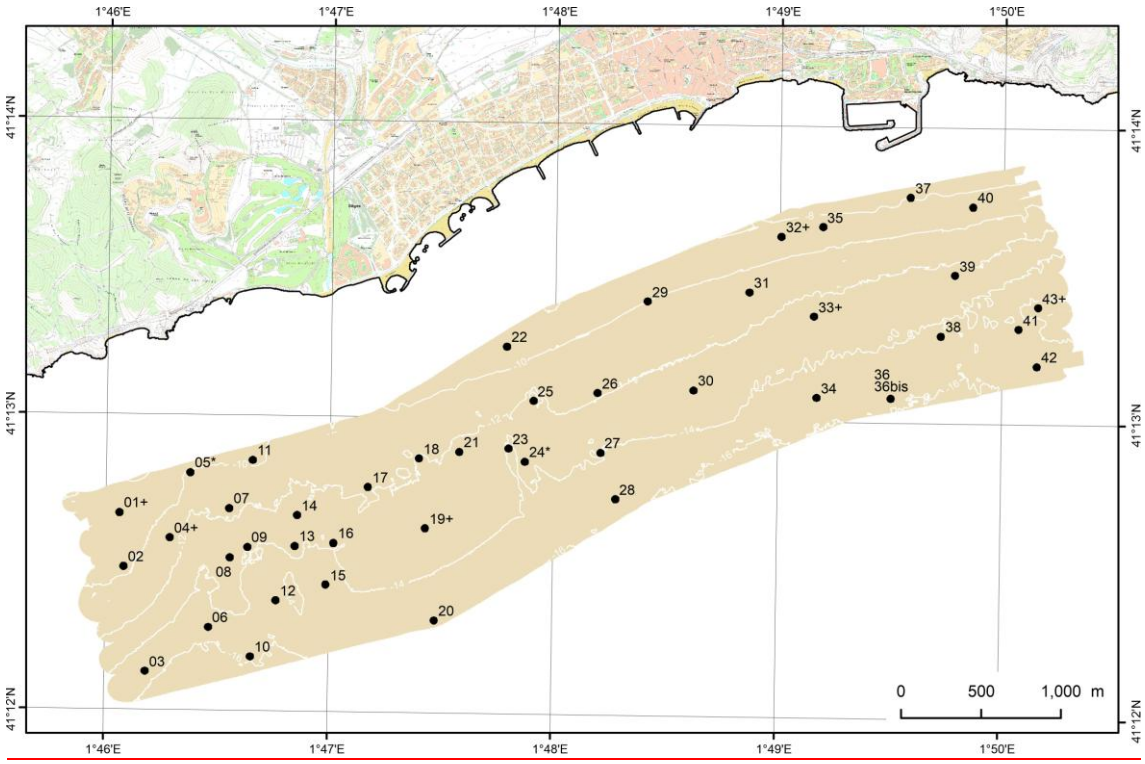


Figura 7.2. Mapa de situació de les estacions d'observació i mostratge d'aquest estudi. Les isòbates són les obtingudes en aquest mateix estudi (cf. aptat. 8.1). Les tres estacions (1, 4 i 43) de mostratge addicional amb draga per al comptatge d'organismes del sediment estan indicades amb una creu (+), mentre que les dues estacions (5 i 24) en que no s'ha pogut obtenir mostra de sediment per tractar-se de fons rocosos sense sediment són marcades amb un asterisc (*). Per poder apreciar bé tots els detalls a que es fa referència en el text principal convé ampliar la imatge, usar la versió subministrada en format jpg (cf. Annex III) o anar directament al projecte SIG.

Les imatges mostren l'aspecte general del paisatge submarí i espècies rellevants de la flora i fauna observades, seleccionades per la seva abundància, singularitat o estat de degradació. Els detalls s'han fotografiat amb flash, mentre que els hàbitats i paisatges s'han fotografiat sense flash degut a l'elevada presència de partícules en suspensió a l'aigua, que impedia l'obtenció d'imatges nítides a distàncies superiors a 0,5 m. Ocasionalment, s'han enregistrat vídeos curts per a mostrar millor les característiques dels ambients investigats. A cada estació se li ha assignat un hàbitat o paisatge, entenent com a paisatge un hàbitat o la combinació d'hàbitats diferents intricats en l'espai, circumstància que fa difícil la seva discriminació cartogràfica.

En els fons amb recobriment sedimentari s'ha mostrejat un volum aproximat de 200 ml de sediment característic de cada estació per a les anàlisis granulomètriques i de continguts en carbonats i MO. Les mostres s'han pres en immersió, amb l'ajut d'un contenidor de 500 ml de volum. En una ocasió (estació 36), s'han pres dues mostres ja que s'han observat dos tipus de sediments diferenciats.

De totes les estacions prospectades, hom n'ha escollit tres de representatives dels fons sedimentaris més freqüentment observats visualment a l'àrea d'estudi i en concordança amb la cartografia prèvia (assenyalades a la Fig. 7.2). A cadascuna d'aquestes estacions s'ha recollit una mostra mitjançant una draga van Veen (o de cullera) de 600 cm^2 de superfície, amb l'objectiu d'obtenir llistats exhaustius dels organismes presents al sediment els quals, per les seves mides i modus de vida (enterrats al sediment), no són visibles ni quantificables en els inventaris *in situ*. Les mostres s'han conservat fixant-les amb formol en aigua de mar al 10%, tot i afegint-hi Rosa de Bengala, un colorant que facilita la separació dels organismes.

Les metadades de els estacions d'observació i mostratge, així com la descripció dels mateixos, es presenten en una taula resum (Annex I).

7.2. Treballs de laboratori i gabinet

Processat de les dades de batimetria de multifeix

Les dades obtingudes durant la campanya batimètrica s'han processat mitjançant el programa especialitzat CARIS HIPS&SIPS v.11.1, desenvolupat per *Teledyne CARIS*. Aquest processat és imprescindible per a introduir un seguit de correccions necessàries i filtrar possibles dades errònies, tant de caràcter aleatori com sistemàtic. Del processat en destaquem el filtratge de les dades de posicionament, l'edició automàtica i manual de cadascun dels feixos associats al paràmetre profunditat, i l'equalització dels valors de reflectivitat del fons pels diferents feixos de l'ecosonda. El valor de les marees es va corregir segons la lectura real adquirida pel mareògraf més proper (mareògraf Barcelona 2, codi 3758).

Anàlisi sedimentològica

Després del seu mostratge i descripció *in situ* (cf. aptat. 7.1), les mostres de sediment es traslladaren el dia 19 de novembre de 2020 al Laboratori de Sedimentologia de la UB, on es procedí al seu assecat i preparació per a les anàlisis de mida de gra, i contingut en carbonats i MO. Les anàlisis s'efectuaren al Laboratori de Sedimentologia del Departament de Dinàmica de la Terra i de l'Oceà de la UB seguint protocols estandarditzats i testats.

L'Annex I, a més de les metadades de les estacions d'observació i mostratge i llur descripció, també inclou un resum de tots els resultats de les anàlisis de sediment, inclosos els paràmetres estadístics derivats per a cada mostra.

Cal esmentar que a les mostres en que hom hi observà, *in situ* i/o al laboratori, continguts significatius de bioclasts ("detrítics", en l'argot de les classificacions d'hàbitats bentònics), la determinació dels carbonats i la MO s'ha efectuat per partida doble, a la mostra total i a la fracció de menys de 2 mm de diàmetre, davant la possibilitat que la MO es concentrés en aquesta fracció i el carbonat a la fracció més grollera (graves) (cf. Annex I). També convé ressenyar que en una estació, la 36, es van prendre dues mostres, anomenades 36 i 36bis (cf. Annex I), donat que el tipus de sediment variava en molt poca distància, segons observació *in situ*. Totes dues mostres han estat analitzades independentment. Convé assenyalar, finalment, que en dues estacions, la 5 i la 24, no s'ha pogut obtenir mostra de sediment al tractar-se, en el cas de la 5, d'un aflorament de roca i, en el cas de la 24, d'un fons de roca i còdols grans. Ambdues estacions són marcades amb un asterisc (*) a la Figura 7.2 i al full Excel de l'Annex I.

Mida de gra i paràmetres derivats

Per a les anàlisis granulomètriques, prèvia disgregació de la mostra, s'ha emprat un analitzador làser de mida de partícules Coulter LS per a la fracció de menys de 2 mm de diàmetre i una bateria de tamisos per a la fracció de més de 2 mm de diàmetre,

procedint posteriorment a la integració dels resultats de ambdós mètodes en fitxers individualitzats per a cada mostra (cf. Annex II). Les fraccions granulomètriques diferenciades i els rangs de mida de cadascuna es presenten a la Taula 7.1.

Fracció granulomètrica	**mm**	**µm**
Grava	2 - 63	2.000 – 63.000
Arena	2 – 0,063	2.000 - 63
- Arena gruixuda	*2 – 0,63*	*2.000 - 630*
- Arena mitjana	*0,63 – 0,2*	*630 - 200*
- Arena fina	*0,2 – 0,063*	*200 - 63*
Llim	0,063 – 0,002	63 - 2
Argila	< 0,002	< 2

Taula 7.1. Fraccions granulomètriques diferenciades en aquest estudi i rangs de mida de cadascuna.

Més enllà dels percentatges de les fraccions granulomètriques principals (argila, llim, arena i grava), els paràmetres estadístics derivats de l'anàlisi granulomètrica són els següents: mitjana, mediana, ràtio mitjana/mediana, moda, desviació estàndard, variància, coeficient de variància, asimetria (*skewness*), curtosi (*kurtosis*), i d10, d50, i d90 (López, 2017). També s'ha observat el caràcter unimodal, bimodal o polimodal de les mostres de sediment.

La mitjana (aritmètica), la mediana i la moda són mesures de tendència central. La mitjana és el valor mig de les observacions i s'obté dividint la suma de tots els valors pel nombre de dades. Tot i mostrar la tendència central, no és un paràmetre estadístic robust ja que està molt influenciat pels valors extrems. La mediana és el valor que divideix per la meitat una sèrie de valors ordenats de menor a major, és a dir representa el valor de la variable de posició central en un conjunt de dades ordenades, de manera que el 50% dels valors se situa per damunt i l'altre 50% per sota del seu valor. La moda és el valor que més repeteix en una sèrie de dades, és a dir el valor amb més freqüència absoluta de la variable considerada. De vegades hi ha dues o més modes, per la qual cosa la distribució es considera bimodal o polimodal. En el cas de mostres de sediment, el caràcter bimodal o polimodal es dona quan es barregen partícules de diferent origen, per exemple arenes fines transportades pels corrents i

fragments grollers de closques calcàries formats *in situ*.

La ràtio mitjana / mediana il·lustra fins quin punt aquestes dues mesures de tendència central s'assemblen o divergeixen. Com més s'allunyi d'1 el valor de la ràtio, més gran és la diferència entre una i altra. Si la ràtio és 1, ambdós mesures són coincidents. Valors superiors a 1 indiquen que la mitjana té un valor més alt que la mediana, i viceversa.

La desviació estàndard i la variància són mesures de dispersió dels valors. Una desviació estàndard baixa indica que la majoria de dades d'una mostra tendeixen a agrupar-se prop de la seva mitjana, mentre que una desviació estàndard alta indica que les dades s'estenen al llarg d'un rang de variació més gran. S'obté calculant l'arrel quadrada de la variància. En combinació amb la mitjana, la desviació estàndard és el paràmetre estadístic més utilitzat en estudis granulomètrics.

La variància és la dispersió que presenten les dades respecte a la mitjana. Per tant, informa sobre la variabilitat dels valors prenent la mitjana com a referència. Donat que s'expressa al quadrat, la variància pot ser difícil d'interpretar, per la qual cosa se sol preferir la desviació estàndard, que és una mesura de dispersió més comprensible. El coeficient de variància expressa la relació entre la mitjana i la variabilitat de la variable. A diferencia de la desviació estàndard és una interpretació *relativa* del grau de variabilitat, independent de l'escala de la variable. Coeficients de variància elevats indiquen major heterogeneïtat dels valors de la variable, mentre que coeficient baixos indiquen major homogeneïtat en els valors de la variable. Així, sediments amb una gran dispersió de la mida de gra tenen coeficients de variància alts, mentre que sediments amb una mida de gra més uniforme donen valors baixos.

L'asimetria (*skewness*) i la curtosi (*kurtosis*) són indicadors de dispersió i, per tant, són adimensionals i no tenen unitats. L'asimetria (*skewness*) s'usa per determinar la normalitat o simetria de la distribució, és a dir per quantificar el grau de dispersió dins d'una mostra, en lloc de visualitzar-lo només en un histograma de freqüències. Com més propera a zero és l'asimetria, més simètrica (és a dir, normal o unimodal) és la

distribució. Els sediments asimètrics, bimodals i polimodals, tenen valors alts d'asimetria. El signe positiu o negatiu del valor de l'asimetria indica si la cua asimètrica s'estira cap a la dreta o l'esquerra de la corba. Quan l'asimetria és cap a la dreta (valors positius), la desviació és cap a les mides de gra més gruixudes, mentre que quan és cap a l'esquerra (valors negatius), la desviació és cap a les mides de gra més fines.

La curtosi (*kurtosis*) mesura el grau de normalitat gaussiana de la distribució de mides de gra en funció de l'agudesa o aplanament de la corba. Expressa la relació entre els extrems de la corba de distribució i el seu centre. Si la part central d'una corba de distribució és punxeguda, és a dir amb un grau elevat de concentració al voltant dels valors centrals, es diu que la corba és leptocúrtica. I al contrari, si la corba és més xata i estirada, és a dir, amb un escàs grau de concentració al voltant dels valors centrals, es diu que és platicúrtica. A les corbes amb una distribució normal, la curtosi és igual a 1.

Els paràmetres d10, d50 i d90 són les mides de gra per sota de les quals s'inclou el 10%, el 50% i el 90% de la mostra. Dit d'una altra manera, el valor corresponent a d10 marca el límit superior de la mida de les partícules que constitueixen el 10% de la mostra. d50 coincideix amb la mediana. En el cas de d90, el 90% de les partícules de la mostra queden compreses per sota del valor d'aquest paràmetre. Com més gran és la dispersió granulomètrica de la mostra, major és la diferència entre els valors de d10 i d90.

Contingut en carbonats

Les anàlisis del contingut en carbonats s'han efectuat mitjançant calcímetre de Bernard. Els resultats de les anàlisis també s'han incorporat a un fitxer Excel (cf. Annex I).

Contingut en matèria orgànica

Per a l'anàlisi dels continguts en MO, després de l'assecatge de les mostres a 60°C durant 24 hores, s'ha aplicat el mètode de combustió en mufla (*lost on ignition*, LOI) a

560°C durant 4 hores, d'acord amb Heiri et al. (2001) i LacCore (2013). Cal tenir present que l'anàlisi dels continguts en MO és altament sensible a la temperatura i al temps de combustió aplicats, per la qual cosa variacions en aquests paràmetres poden modificar els resultats tant a l'alça com a la baixa. Diferents autors suggereixen o apliquen condicions diferents. En mostres de sediments marins, les sals també poden tenir una contribució menor a les pèrdues de massa per combustió.

Amb tot, segons els estàndards i l'experiència prèvia de l'equip de treball sobre els fons marins costaners de Catalunya, els valors de continguts de MO obtinguts semblaven, en general, massa alts, per la qual cosa hom ha usat els resultats de les tres mostres emprades pels comptatges d'organismes en el sediment (estacions 19, 32 i 43; cf. Annex I), en que s'ha mesurat la MO per combustió a 450°C durant 5 hores, seguint Bigot et al. (2006), després d'assecatge a 60°C, per obtenir un factor de correcció. De manera prou consistent, el factor de correcció s'ha situat per les tres mostres emprades a l'entorn de 0,4, per la qual cosa aquest ha estat el valor aplicat per corregir els continguts de MO en el sediment.

Els resultats de les anàlisis de continguts en MO, després d'aplicar el factor de correcció esmentat, també s'han incorporat a un fitxer Excel (cf. Annex I).

Inventaris in situ

La informació sobre els organismes observats *in situ* recollida a la pissarra s'ha passat a un ordinador, utilitzant-se després per a descriure els hàbitats.

Fotografia i vídeo

Les fotografies i vídeos obtinguts s'han emprat per a ampliar el llistat d'espècies de cada estació i facilitar una millor descripció de l'hàbitat. Una selecció de les fotografies s'inclou a l'Annex IV ("Recull fotogràfic de les observacions *in situ*") i d'altres s'han usat per a oferir una visió dels paisatges, els hàbitats i les espècies més remarcables, i el seu estat.

Les fotografies i els vídeos *in situ* són també una font d'informació útil per identificar estructures sedimentàries d'escala centimètrica i d'alguns decímetres, no discernibles o a penes discernibles mitjançant la batimetria de multifeix.

Comptatges d'organismes del sediment

La identificació de les espècies provinents de les mostres de sediment s'ha realitzat al laboratori. La separació s'ha fet sota la lupa binocular i en la identificació s'han utilitzat microscòpics òptics convencionals quan ha calgut. Les identificacions s'han efectuat al nivell taxonòmic més baix possible (espècie; o família o gènere, quan no s'ha pogut fer la identificació a nivell d'espècie). La quantificació de l'abundància dels organismes s'ha dut a terme comptant el nombre d'individus trobats per a cada taxa. El tractament i la identificació de les mostres s'ha realitzat al CEAB amb la participació d'especialistes de diferents grups taxonòmics i consultant la bibliografia especialitzada. Cadascuna de les mostres de draga s'ha submostrejat per al seu l'anàlisi posterior, al laboratori del CEAB, del contingut de MO en el sediment. Els factors ambientals que hem considerat que podrien afectar principalment a les comunitats estudiades i que han estat analitzats per aquest informe han estat: la quantitat de MO en el sediment (en percentatge, %) i la distribució granulomètrica (mida mitjana de gra en µm i percentatge de fins, en pes —% < 63µm—) (Taula 7.1).

Per a la descripció de les comunitats s'han utilitzat puntualment informacions de mostres prèviament recollides a la zona d'estudi en anteriors campanyes de mostreig realitzades pel nostre equip d'investigació (cf. aptat. 5).

Projecte SIG

Per aquest estudi s'ha emprat sistemàticament un entorn SIG, basat en el programari ArcGIS d'ESRI, per a realitzar les tasques d'anàlisi i gestió de les dades, i per la presentació i creació dels mapes finals. Per tal de facilitar les tasques de consulta i integració dels resultats, les dades s'han organitzat segons la seva naturalesa en:

- Dades vectorials (format *shapefile* d'ArcGIS):
  - Línia de costa (font: ICGC)
  - Polígon de cobertura i línies de planificació de la campanya d'adquisició de batimetria de multifeix
  - Contorns batimètrics (isòbates cada 2 m)
  - Punts d'observació i mostreig (inclou resultats analítics de laboratori)
  - Polígons delimitadors d'hàbitats bentònics

- Dades raster (format *geotiff*):
  - Mapa topogràfic i ortofotografia de l'àrea d'estudi (font: ICGC)
  - Batimetria de multifeix (i productes derivats: pendents, rugositat i orientació de les pendents)
  - Reflectivitat del fons (i productes derivats: mapa de segmentació)

8. Resultats

8.1. Batimetria de multifeix i productes derivats

Mapa batimètric

El mapa batimètric del polígon objecte d'estudi presenta profunditats situades entre poc menys de 8 m i poc més de 16 m (Fig. 8.1). Com correspon, en general, al domini de la plataforma continental interna, el relleu és força suau, amb les isòbates espaiades regularment, o gairebé, a la majoria d'indrets. Hi ha, però, dues zones força extenses on la batimetria té un caràcter més irregular, amb desnivells d'escala entre submètrica i de poc més d'un metre. La primera d'aquestes zones està situada en el sector més occidental de l'àrea d'estudi, dins d'un perímetre delimitat, aproximadament, per les estacions 4, 5, 11, 14, 16, 15, 10 i 6, en que el propi traçat de les isòbates, marcadament serrat en alguns trams, ja és indicador d'un cert grau d'irregularitat batimètrica. La segona zona amb una batimetria més irregular s'estén, pel que fa al seu límit septentrional, aproximadament, des de les estacions 23 i 24, enllaçant amb la 27, seguint després la isòbata de 14 m en direcció est fins un punt

intermedi entre les estacions 30 i 34, des d'on segueix en diagonal fins la isòbata de 12 m, just al nord de l'estació 33, i des d'aquí seguint l'esmentada isòbata de 12 m fins al límit oriental de àrea d'estudi (Fig. 8.1). Per l'oest, aquesta segona zona quedaria delimitada per una línia imaginària de direcció sud—sud-est que baixaria des de l'estació 23, i pels límits meridional i oriental de l'àrea d'estudi. Com a la primera zona, el caràcter serrat de les isòbates en alguns trams és indicador d'un cert grau d'irregularitat batimètrica. Totes dues zones es caracteritzen per la presència d'un seguit d'alts i baixos de perfil generalment suau, ben visibles en el mapa batimètric mercès a l'efecte d'ombrejat que se li ha donat. Aquestes dues zones amb relleu més irregular (es podria parlar de microtopografia) coincideixen en bona part de la seva extensió amb el indrets on el fons mostra reflectivitats altes i la seva perifèria (vegeu més avall), els quals al seu torn es corresponen amb rizoma mort i claps de *Posidonia oceanica* viva i la seva perifèria i, a l'extrem sud-oriental de l'àrea d'estudi, amb dipòsits d'arenes grolleres (cf. aptats. 8.2 i 8.3).

A més d'aquestes dues zones prou extenses amb relleu moderadament irregular, hi ha uns pocs afloraments rocosos de petita extensió, situats a l'oest d'1°48'E, que també generen irregularitats morfològiques, el més prominent dels quals és el que hi ha a l'entorn de les estacions 23 i 24. La resta corresponen a les posicions de les estacions 5, 18, 21 i 25. Entre 230 i 350 m al nord de l'estació 21, i entre 350 i 460 m a l'oest de l'estació 25, hi ha dos altres petits afloraments rocosos (Fig. 8.1).

El mapa batimètric també mostra altres elements singulars, com ara una depressió allargada amb forma de fus, d'uns 400 m de llarg i 2 m de desnivell i orientació gairebé nord-sud, a l'entorn de les estacions 23 i 24, amb uns vorells lleugerament sobrealçats ben definits, especialment el situat a llevant, que correspon a l'aflorament rocós de l'estació 24 (Fig. 8.1).

A l'entorn de les estacions 41, 42, i 43 s'insinuen formes de fons d'orientació pràcticament N-S i d'alguns decímetres d'alt com a molt, que podrien correspondre a *ripple marks* (petites ones de sediment, a les que d'ara en endavant ens hi referirem senzillament com a *ripples*) i que indicarien una direcció de transport d'est a oest.

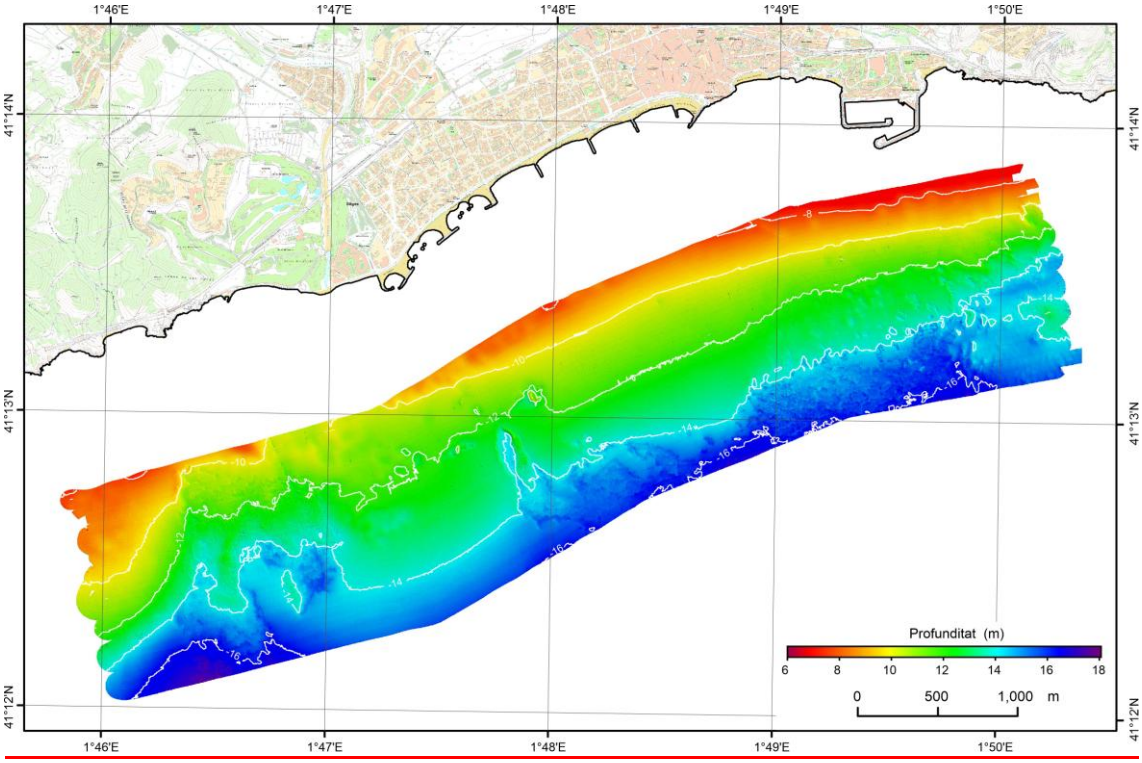


Figura 8.1. Mapa batimètric de l'àrea d'estudi. Isòbates cada 2 m. Per poder apreciar bé tots els detalls a que es fa referència en el text principal convé ampliar la imatge, usar la versió subministrada en format jpg (cf. Annex III) o anar directament al projecte SIG.

El mapa batimètric de multifeix també mostra amb claredat una estructura linear que penetra al polígon prospectat per un punt situat uns 170 m al nord-est de l'estació 11 i continua fins poc més enllà de l'estació 15 seguint una direcció NNW-SSE. La longitud d'aquesta estructura dins l'àrea d'estudi és de poc més d'1 km. Ampliant adequadament el mapa de batimetria de multifeix s'observa com aquesta estructura correspon a un relleu positiu al llarg de la major part del seu recorregut. Se n'exceptua el tram més som, a menys de 12 m de fondària, en que o no forma relleu, confonent-se amb el fons adjacent, o és dins una trinxera. Per totes les característiques esmentades, aquesta estructura és directament atribuïble a un emissari. Una estructura de similars característiques, però molt més atenuada a la batimetria, també s'observa cap a terra de l'estació 32, amb direcció NW-SE, i amb un recorregut d'uns 200 m dins l'àrea d'estudi. Es tractaria d'un altre emissari.

Mapa de reflectivitat del fons

El mapa de reflectivitat mostra sectors amb reflectivitat baixa, intermèdia i alta. Les reflectivitats baixes indiquen sediments relativament fins i relleus suaus o pràcticament plans, mentre que les reflectivitats altes indiquen fons durs, sediments grollers i/o relleus més o menys irregulars. Entre els dos extrems es situen les reflectivitats intermèdies, que corresponen a tipus de fons i característiques del relleu igualment intermèdies.

Les reflectivitats baixes, marcades amb tons més obscurs, es localitzen sobretot a l'extrem occidental del polígon prospectat (estacions 1, 2 i 3), a la franja més soma, a menys de 10 m de fondària (estacions 11, 22, 32 i 35), i en una mena de llengua que s'estén cap al sud a l'entorn de l'estació 17 (Fig. 8.2).

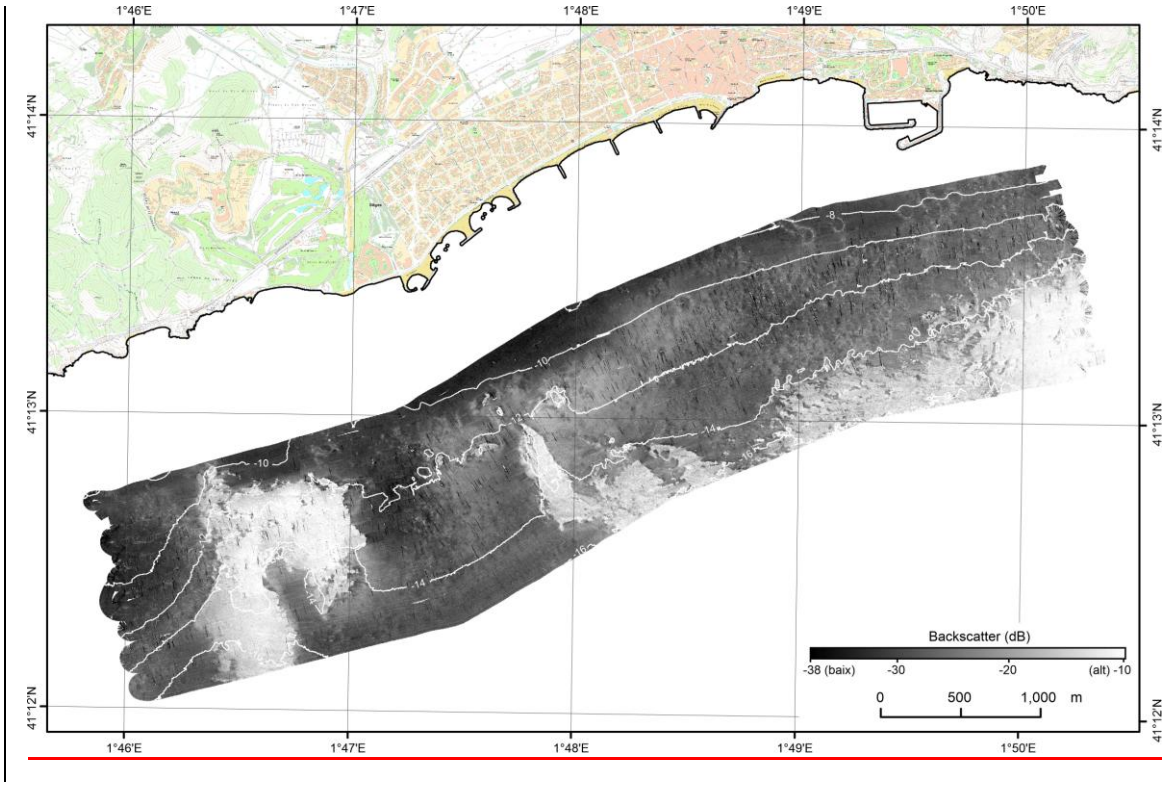


Figura 8.2. Mapa de reflectivitat del fons (o intensitat de retrodifusió, o *backscatter*) de l'àrea d'estudi. Isòbates cada 2 m. Per poder apreciar bé tots els detalls a que es fa referència en el text principal convé ampliar la imatge, usar la versió subministrada en format jpg (cf. Annex III) o anar directament al projecte SIG.

Per la seva part, les reflectivitats més altes, indicades amb tons clars, formen extenses taques de contorns irregulars, els límits de les quals són força nítids en alguns indrets mentre que en altres estan definits per una mena d'orles de transició en les que s'alternen petites taques de reflectivitat alta i intermèdia. Les reflectivitats altes es troben, al sector occidental del polígon, en una taca que abraça les estacions 5, 6 a 10, i 13 a 16; els límits d'aquesta taca són, en general, ben definits. A la part central del polígon hi ha un seguit de taques de reduïdes dimensions amb reflectivitat alta que corresponen als afloraments rocosos esmentats abans, i a fons amb pedres de mida bloc (estacions 18, 21, i 23 a 25), i a un seguit de taques, alguna d'elles força extensa, a l'entorn de les ja esmentades estacions 23 i 24, i també 27 i 28. La tercera i més extensa taca amb reflectivitat elevada, se situa, amb comptades excepcions locals, a partir de la isòbata de 14 m a l'entorn de les estacions 34, 36, 38 i 41 a 43. Pel seu costat més som, el límit d'aquesta gran taca de reflectivitat alta és del tipus "orla de transició", segons s'ha esmentat més amunt (Fig. 8.2). Les extenses taques d'alta reflectivitat occidental, central i oriental es corresponent amb els indrets amb relleu (microtopografia) més irregular esmentats en descriure el mapa batimètric i, per tant, amb una excepció que comentarem tot seguit, són bons indicadors de rizoma mort i mates de *Posidonia oceanica* viva.

Per últim, les reflectivitats intermèdies se situen en diversos indrets entre les taques de reflectivitat baixa i alta, situant-se les taques més extenses a l'entorn de les estacions 19 i 20 i en una àmplia franja a l'est d'una línia imaginària que unís les estacions 22, 23 i 24, a grans trets paral·lela a les isòbates (Fig. 8.2).

Una observació atenta del mapa de reflectivitat permet donar-se compte que la resposta o fàcies acústica dins la taca oriental d'alta reflectivitat no és idèntica a tots els indrets. Així, a l'entorn de les estacions 34, 36 i 38 la resposta acústica mostra un petit gra grisenc (comú, per altra banda, també a les taques d'alta reflectivitat occidental i central), que desapareix als voltants de les estacions 41 a 43, on la resposta acústica és més uniforme i intensa (Fig. 8.2). Aquesta resposta diferenciada al voltant de les estacions 41 a 43 correspon als dipòsits d'arenes grolleres de l'extrem sud-oriental de l'àrea d'estudi, esmentats prèviament en descriure al mapa batimètric.

L'emissari de més recorregut identificat a la batimetria apareix al mapa de reflectivitat com una traça fina discontinua d'alta reflectivitat sobre un fons de reflectivitat baixa i intermèdia a l'entorn de l'estació 11, mentre que és un xic més difícil d'apreciar damunt el fons altament reflectiu a l'entorn de les estacions 14, 13 i 15 (Fig. 8.2). Un tret distintiu és que en alguns trams la seva expressió consisteix en tres línies paral·leles, dues de fines amb tons grisos als costats (menor reflectivitat), i una de central de color blanc (major reflectivitat). L'emissari de l'estació 32, per la seva banda, apareix com un seguit de petites taques alineades de contorns imprecisos.

Convé mencionar un seguit d'anelles i formes el·líptiques de major reflectivitat envoltades de i tancant àrees de més baixa reflectivitat a l'entorn de les estacions 32, 35, 37 i fins i tot 29, amb diàmetres compresos entre 40 i 90 m. Les de l'estació 32 podrien estar vinculades amb l'emissari que hi ha en aquest indret, però les observacions *in situ* efectuades en aquestes estacions no han palesat cap element diferencial directament relacionable amb les anelles esmentades.

Mapa de segmentació

S'han efectuat diferents proves de segmentació, en un intent per discriminar nivells de reflectivitat més enllà dels que hom pugui diferenciar visualment en un mapa de tons de grisos (Fig. 8.2), i també en un esforç per relacionar les respostes acústiques del fons marí amb hàbitats específics. Al mapa de la Figura 8.3 es presenten els resultats de la segmentació en quatre classes acústiques, marcades amb colors diferents. El color blau fort defineix els indrets de reflectivitat més baixa, mentre que els colors taronja i, sobretot, el vermell, i les barreges entre els dos, marquen els llocs amb reflectivitat més elevada. Finalment, el color verd clar, i els indrets en que aquest apareix barrejat amb taques blaves (fàcies acústica mosquejada), són fons amb reflectivitats intermèdies (Fig. 8.3).

El mapa de segmentació mostra bé (o més bé, si cap) els elements comentats en descriure els mapes batimètric i, especialment, de reflectivitat. Així, les taques d'alta

reflectivitat occidental, central i oriental es mostren clarament en colors vermell i taronja. La taca occidental està envoltada per una orla de reflectivitat intermèdia força ben definida (verd amb algun element blau), mentre que les zones de reflectivitat intermèdia que embolcallen les taques d'alta reflectivitat central i oriental són molt més extenses i estan mesclades tant amb punts amb reflectivitat alta (taronja) i molt alta (vermell) com baixa (blau).

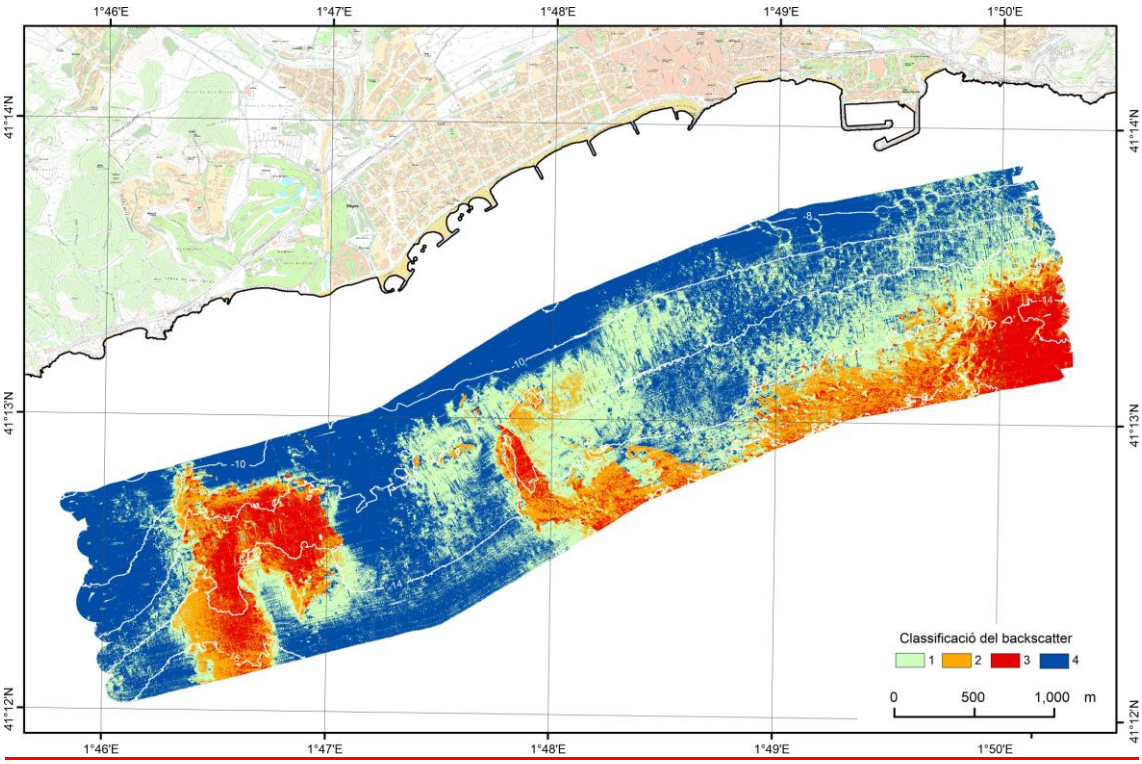


Figura 8.3. Mapa resultant de la segmentació en quatre classes de les dades de reflectivitat (*backscatter*) dels fons de l'àrea d'estudi. Isòbates cada 2 m. Per poder apreciar bé tots els detalls a que es fa referència en el text principal convé ampliar la imatge, usar la versió subministrada en format jpg (cf. Annex III) o anar directament al projecte SIG.

L'entorn de molt alta reflectivitat més intens i continu (vermell) correspon a les arenes gruixudes del sector sud-oriental de l'àrea d'estudi (estacions 41 a 43). També els entorns de les estacions 7, 8, 10, 13 i 14 a la taca occidental, i de l'estació 24 a la taca central, mostren un clar domini de les reflectivitats més altes (vermell). El taronja (reflectivitats altes) es barreja amb el vermell, i localment esdevé dominant, tant a les taques occidental i central com a l'oriental. Dit d'una altra manera, les taques de més alta reflectivitat, neta i contínua (vermell net, no barrejat) identifiquen bé les sorres gruixudes, mentre que els claps de més alta reflectivitat barrejats amb reflectivitats

altes (vermell i taronja, amb diferents graus de mescla i predomini local de l'un o l'altre) identifiquen bé els fons de rizoma mort amb mates esparses de *Posidonia oceanica* viva. Des del punt de vista físic, això és de tota lògica, doncs els fons continus formats per partícules grolleres dures han de reflectir el senyal acústic de la sonda de multifeix amb una intensitat molt forta, mentre que els fons de rizoma mort, alguer viu i els sediments que hi ha al damunt i entremig (generalment sorres detrítiques carbonatades grolleres; cf. aptat. 8.3) també reflectiran el senyal acústica amb força però amb variacions espacials, d'on la barreja de les classes acústiques vermella i taronja. De fet, cal pressuposar que en funció del seu estat físic, de recobriment per sediment i de característiques del sediment, el rizoma mort de *Posidonia* pot generar respostes acústiques dins un rang de variació, el que aquí quedaria representant. Les reflectivitats baixes (blau) i intermèdies (verd clar i mescles de blau i verd clar) marquen el continu de variació entre sorres fangoses i sorres fines i intermèdies (cf. aptats. 8.2 i 8.3).

Pel que fa als afloraments de roca, corresponen a les classes de molt alta (vermell) i alta reflectivitat (taronja), o a barreges entre totes dues, depenent de l'indret concret dins de cada aflorament i, segurament, de si hi ha o no un cert recobriment sedimentari o vegetal, i de les seves característiques (major o menor gruix o densitat). Així els afloraments de les estacions 18 i 21 i un dels dos petits afloraments que queden entre elles pertanyen a la classe acústica taronja, indicativa d'alta reflectivitat, mentre que els de les estacions 5, 25 i l'altre dels dos petits afloraments que queden entre la 21 i la 25 combinen les classes acústiques taronja i vermella. A l'aflorament de l'estació 24 és on més clarament domina el vermell (reflectivitat molt alta) (Fig. 8.3).

Les anelles de reflectivitat de les estacions 29, 32, 35 i 37 les evidencia ben clarament el mapa de segmentació, amb les anelles de color verd (reflectivitat intermèdia) i el seu interior blau o dominantment blau (reflectivitat baixa) (Fig. 8.3).

Mapa d'estructures antròpiques

Les estructures antròpiques existents a l'àrea d'estudi consisteixen en dos emissaris

que hi penetren pel costat nord, provinents de terra, un d'ells, el de més recorregut, a l'oest del meridià d'1°47'E, i l'altre, a l'oest del meridià d'1°49'E (Fig. 8.4). Vegeu-ne descripció al subapartat "Mapa batimètric", més amunt, i fotografies a l'apartat 8.

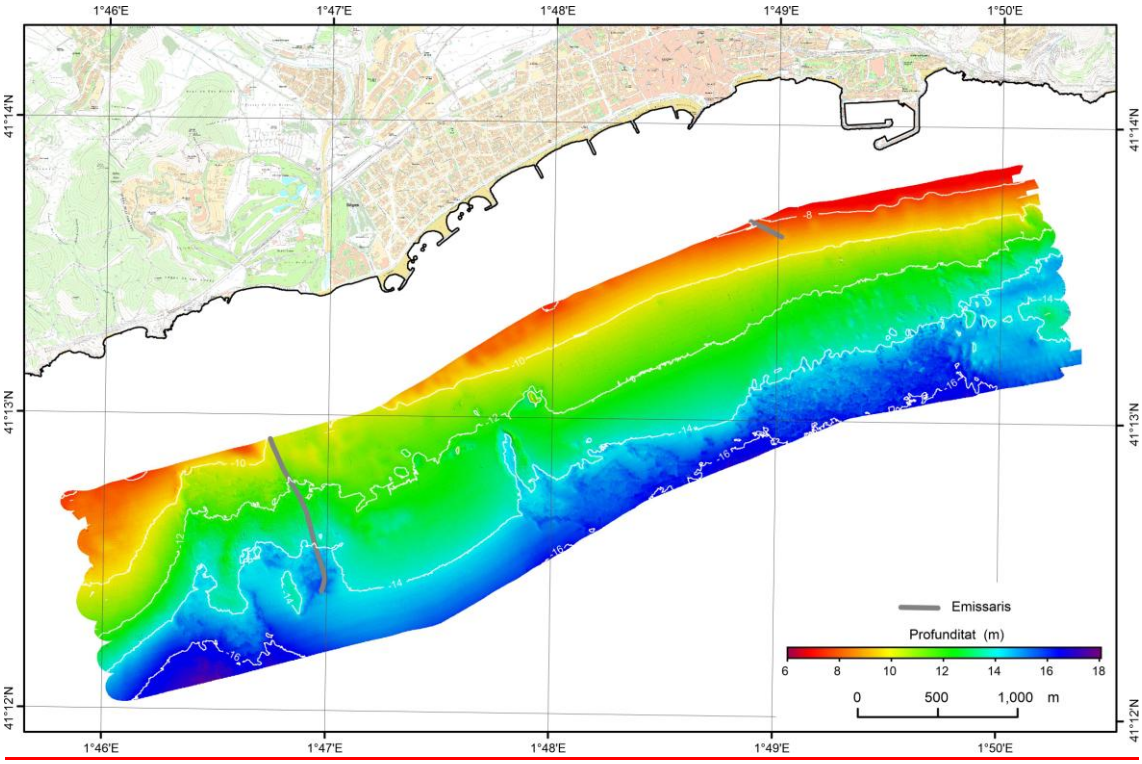


Figura 8.4. Mapa d'estructures antròpiques (emissaris) de l'àrea d'estudi damunt el mapa batimètric generat en aquest estudi (Fig. 8.1). Per facilitar la seva visualització, els emissaris s'han representant amb traces de gruix més gran del que correspondria a les seves mides reals. Isòbates cada 2 m. Per poder apreciar bé tots els detalls a que es fa referència en el text principal convé ampliar la imatge, usar la versió subministrada en format jpg (cf. Annex III) o anar directament al projecte SIG.

Mapa de pendents

El mapa de pendents s'ha generat en un escalat de 0° a 20° o més, de manera que el color vermell indica 20° o més graus de pendent (Fig. 8.5). La major part de l'àrea d'estudi mostra pendents molt petits, propers a 0°. Les zones de relleu més variable i, per tant, amb més variacions del pendent i pendents localment més grans, corresponen a les zones occidental, central i oriental amb relleu més irregular i reflectivitats elevades descrites als subapartats "Mapa batimètric", "Mapa de reflectivitats del fons" i "Mapa de segmentació", més amunt, i als petits afloraments rocosos igualment esmentats adés. Convé assenyalar que els dipòsits d'arenes

gruixudes que ocupen l'extrem sud-oriental de l'àrea d'estudi no mostren una textura irregular en el mapa de pendents, la qual cosa és indicativa de la laxitud i l'escassa alçada dels *ripples* que allà hi ha (vegeu més amunt). Cal esmentar també que els dos emissaris ja citats, i especialment el situat a ponent, es defineixen amb nitidesa i continuïtat en el mapa de pendents, ja que formen relleus positius artificials diferenciats dels fons circumdants (Fig. 8.5).

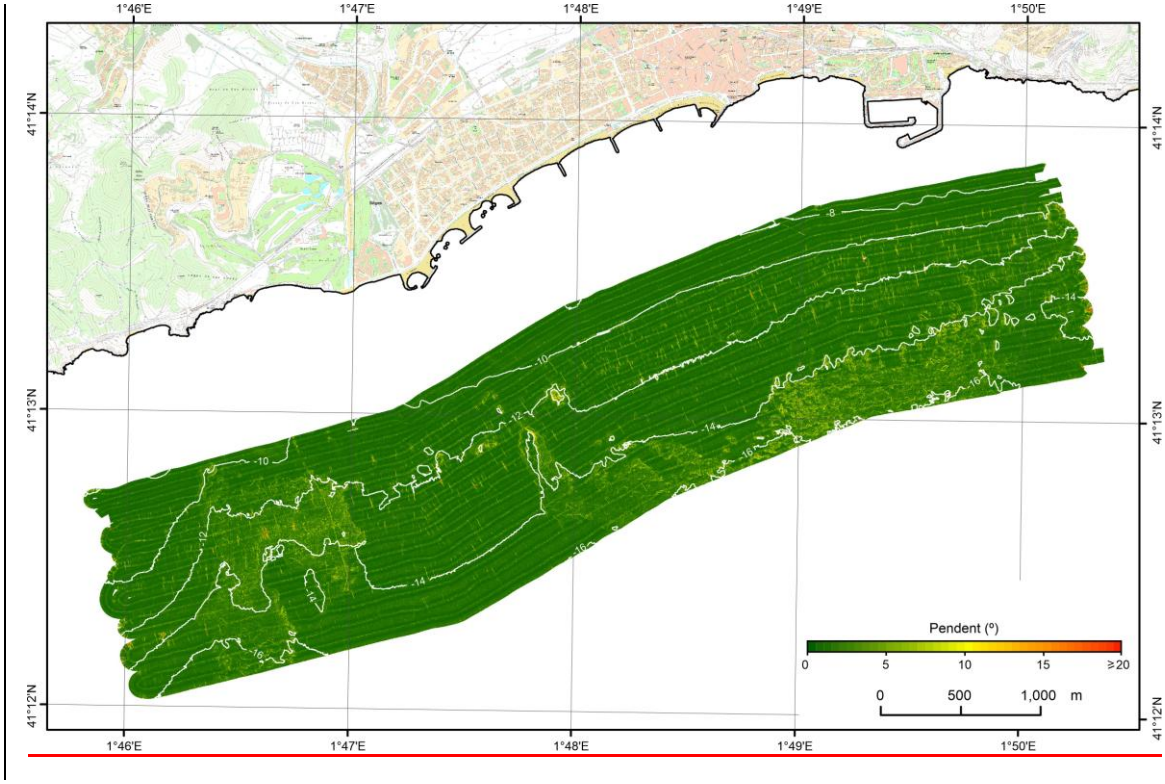


Figura 8.5. Mapa de pendents de l'àrea d'estudi. Els petits traços de colors càlids perpendiculars a les passades de batimetria de multifeix, de direcció general WSW-ENE (Fig. 7.1), són deguts a entrades de sorolls ambientals durant l'adquisició. Isòbates cada 2 m. Per poder apreciar bé tots els detalls a que es fa referència en el text principal convé ampliar la imatge, usar la versió subministrada en format jpg (cf. Annex III) o anar directament al projecte SIG.

Mapa d'orientació dels pendents

El mapa d'orientació dels pendents marca l'orientació dels mateixos segons els quatre quadrants de la rosa dels vents, és a dir de 0° a 90°, de 90° a 180°, de 180° a 270°, i de 270° a 360° seguint un codi de colors (Fig. 8.6). Més enllà de l'orientació general de les isòbates, que dona una orientació general dels pendents cap al segon quadrant (90°-180°), d'on el rerefons groc de gran part del mapa, que correspon a aquest quadrant,

destaquen els pendents orientats cap al primer (0°-90°, vermell), i el tercer (180°-270°, blau cel) quadrants, atès que nombrosos pendents, relativament marcats, segueixen direccions normals a la línia de costa, o gairebé. Rerefons a banda, els pendents orientats cap al segon quadrant (90°-180°) es concentren a la meitat oriental de l'àrea d'estudi, al sector amb reflectivitats altes i molt altes (Figs. 8.2 i 8.3). El mapa també evidencia el camp de *ripples* ben formats de l'extrem sud-oriental de l'àrea d'estudi, on es donen reflectivitats molt altes (Figs. 8.2 i 8.3), i l'alineació nord-oest a sud-est del conjunt de depressions que ocupa la franja batimètrica entre 12 i 14 m de fondària al quart oriental de l'àrea d'estudi, a l'est d'1°50'E. A l'extrem occidental de l'àrea d'estudi els pendents estan orientats molt majoritàriament cap al segon quadrant (90°-180°). Els pendents orientats cap al quart quadrant (927°-360°), és a dir en direcció a la costa, estan localitzats en indrets concrets (Fig. 8.6).

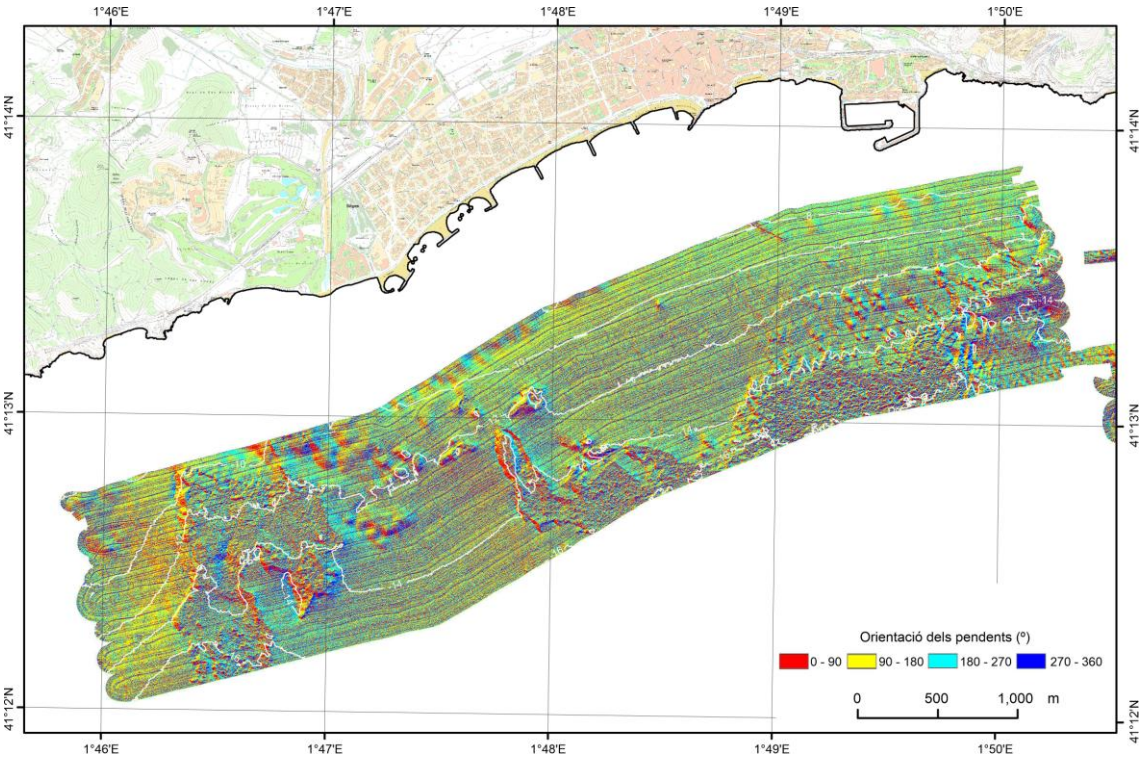


Figura 8.6. Mapa d'orientació dels pendents de l'àrea d'estudi. Isòbates cada 2 m. Per poder apreciar bé tots els detalls a que es fa referència en el text principal convé ampliar la imatge, usar la versió subministrada en format jpg (cf. Annex III) o anar directament al projecte SIG.

El mapa d'orientació dels pendents també discrimina bé els afloraments rocosos, amb

orientacions del pendent variables segons el vessant, i els dos emissaris que hi ha a l'àrea d'estudi (Fig. 8.6).

Mapa de rugositat

El mapa de rugositat és, en certa manera, un èmul del mapa de pendents (Fig. 8.5), doncs mostra els mateixos elements descrits al subapartat anterior, tot i que un punt més atenuats (Fig. 8.7). Així, els indrets amb més rugositat coincideixen amb les zones de relleu més irregular i reflectivitats elevades, igualment amb l'excepció, pel que fa a aquesta darrera propietat, de l'àrea ocupada per dipòsits d'arenes gruixudes a l'extrem sud-oriental de l'àrea d'estudi, entorn les estacions 41, 42 i 43. Els dos emissaris també es mostren amb claredat, especialment el de ponent, al mapa de rugositat (Fig. 8.7).

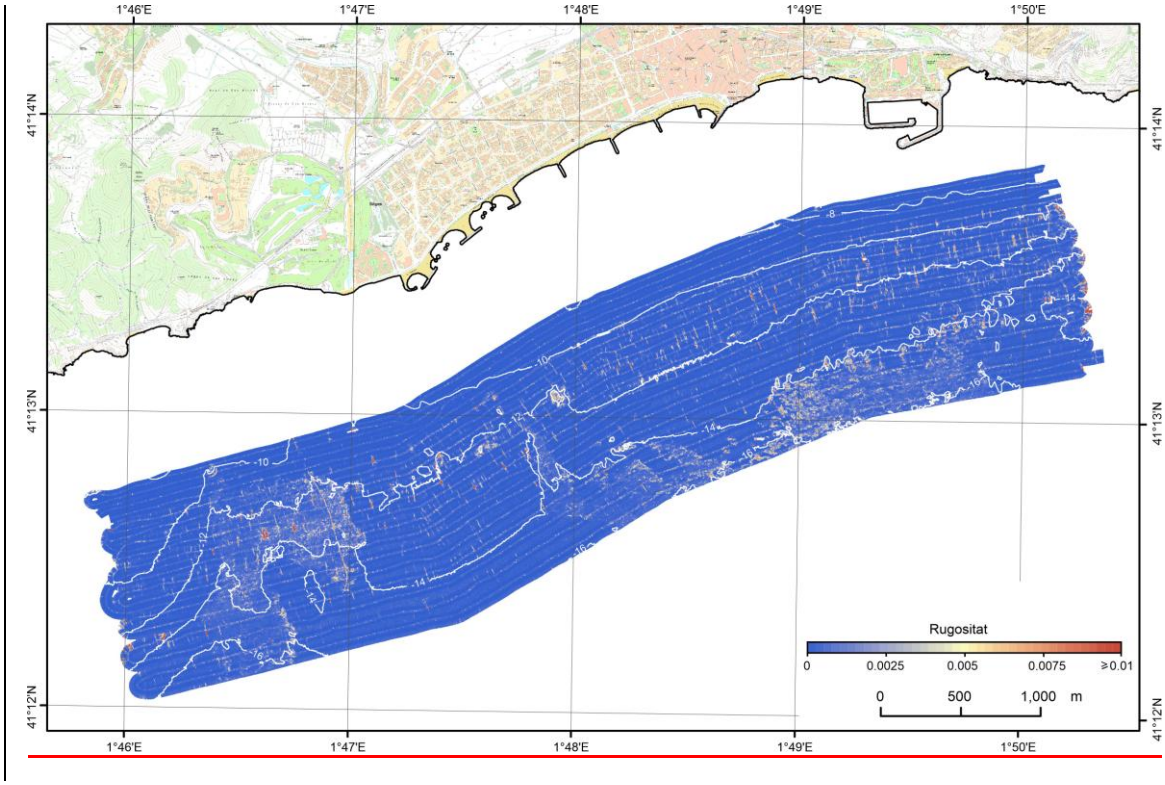


Figura 8.7. Mapa de rugositat del fons de l'àrea d'estudi. Els petits traços de colors càlids perpendiculars a les passades de batimetria de multifeix, de direcció general WSW-ENE (Fig. 7.1), són deguts a entrades de sorolls ambientals durant l'adquisició. Isòbates cada 2 m. Per poder apreciar bé tots els detalls a que es fa referència en el text principal convé ampliar la imatge, usar la versió subministrada en format jpg (cf. Annex III) o anar directament al projecte SIG.

Model Digital del Terreny

Les dades x, y, z adquirides mitjançant batimetria de multifeix formen per si mateixes un Model Digital del Terreny (MDT) que permet l'anàlisi detallada del relleu submarí (cf. mapes batimètric, de pendents, d'orientació dels pendents, i de rugositat), i la seva representació en seccions i visualització en 3D en diferents direccions, i des de diferents angles i perspectives, com il·lustren les Figures 8.8 i 8.9.

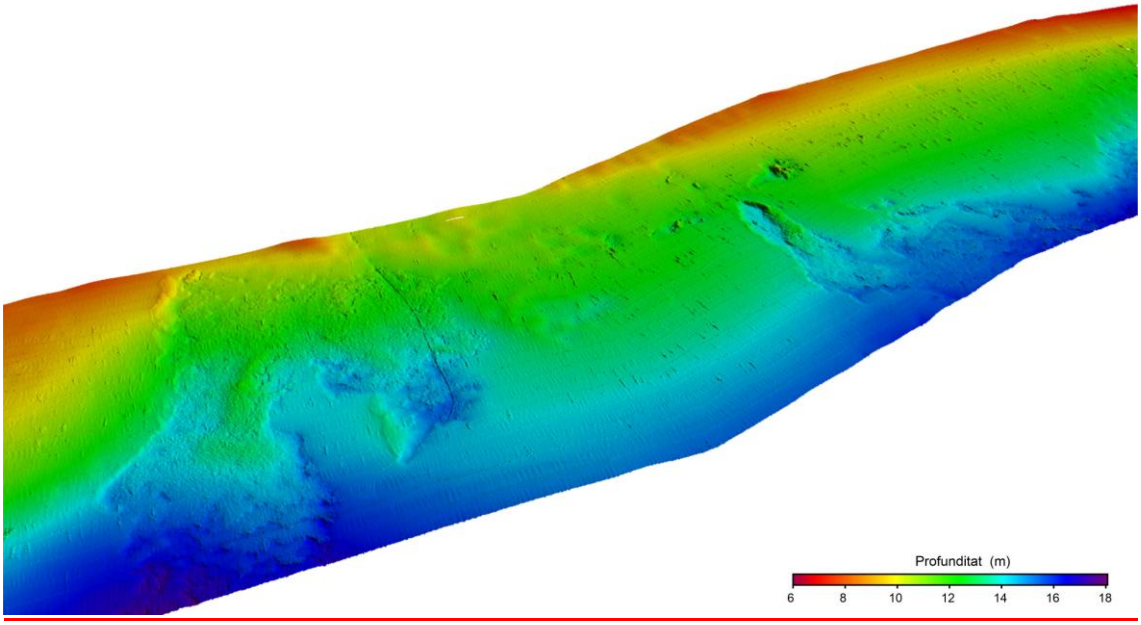


Figura 8.8. Visualització de l'MDT dels sectors occidental i central de l'àrea d'estudi en perspectiva 3D, vist des del sud-oest amb una elevació de la il·luminació de 45°. Observi's el traçat de l'emissari situat en el sector occidental (cap a l'esquerra de la imatge) de l'àrea d'estudi i els afloraments rocosos (cap a la meitat de la imatge) del sector central de l'àrea d'estudi. Per poder apreciar bé tots els detalls a que es fa referència en el text principal convé ampliar la imatge o usar la versió subministrada en format jpg (cf. Annex III).

8.2. Sedimentologia

Mida de gra i paràmetres derivats

La fracció granulomètrica dominant en el conjunt de l'àrea d'estudi és la fracció arena, la qual representa >90% en 29 de 42 mostres, comptant la 36bis, i >50% en 40 de 42 mostres. Només a les estacions de mostratge 8 i 25 és dominant la fracció grava, amb un 82,9 i un 51,4%, respectivament. L'estació 8 és un indret amb rizoma mort de

Posidonia oceanica i claps detrítics de grava biogènica (mostra), mentre que la 25 correspon a detrítics de grava biogènica entre roques. Les observacions *in situ* també han fet palesa la presència de còdols arrodonits en algunes estacions, solts (estacions 5, 8, 10, 16, 21 i 23 —on determina l'hàbitat; cf. aptat. 8.3, fotografies— o formant roca conglomeràtica (estacions 5 i 16). De fet, és probable que els afloraments rocosos de l'àrea d'estudi estiguin formats per dipòsits conglomeràtics costaners cimentats.

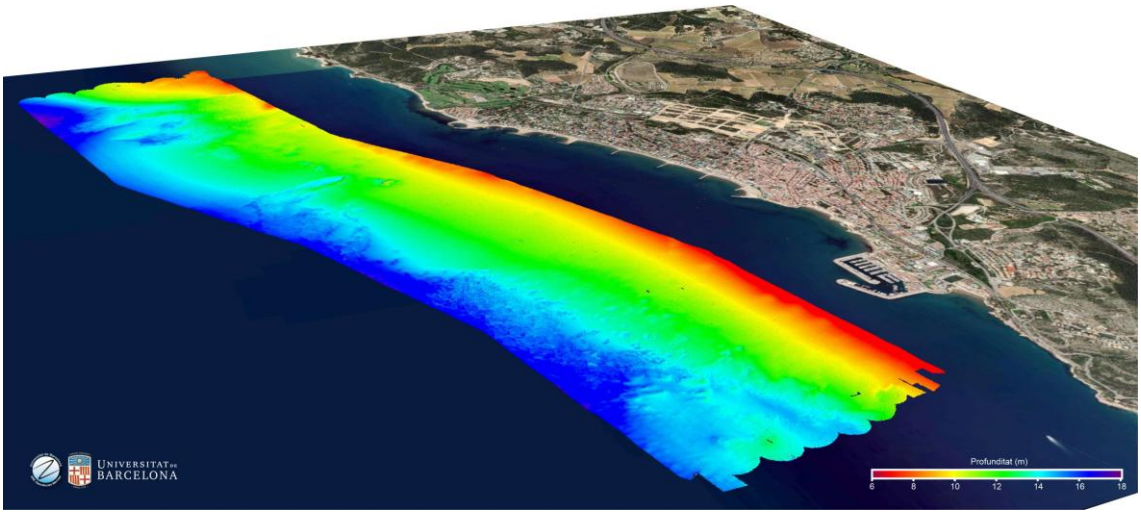


Figura 8.9. Visualització de l'MDT de l'àrea d'estudi en perspectiva 3D, vist des del nord-est, amb una elevació de la il·luminació de 45°, amb l'ortofotomapa del nucli urbà de Sitges, el pot d'Aiguadolç i el seu entorn de rerefons. Per poder apreciar bé tots els detalls a que es fa referència en el text principal convé ampliar la imatge o usar la versió subministrada en format jpg (cf. Annex III).

La fracció llim és gairebé sempre minoritària, amb només 2 mostres que ultrapassen el 10%, que són la 15 (amb un 21,95%), propera a un emissari, i la 23 (amb un 32,63%), situada en una lleugera depressió. La fracció argila és absent o apareix en proporció molt minoritària, per sota de l'1%, excepte les dues mostres més llimoses, ja esmentades, la 15 i la 23, amb un 1,85% i un 2,37% d'argila, respectivament (Taula 7.1 i Annex I).

Del conjunt de 42 mostres, 24 presenten una moda corresponent a arena fina, 4 a arena mitjana, 6 a arena gruixuda, i 8 a grava (Taula 7.1). Les mostres amb més grava es concentren en una zona d'alta reflectivitat prop del límit occidental de l'àrea prospectada (mostres 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14 i 16), al voltant o entre fons rocosos (mostres 21 i 25), i en una altra zona d'alta reflectivitat a la part central de l'àrea

prospectada (estació 28) (Fig. 8.2). També les mostres 36 i 42, al sector oriental de l'àrea prospectada, presenten proporcions apreciables de fracció grava, amb un 5,2% i un 2,7%, respectivament (Fig. 8.10).

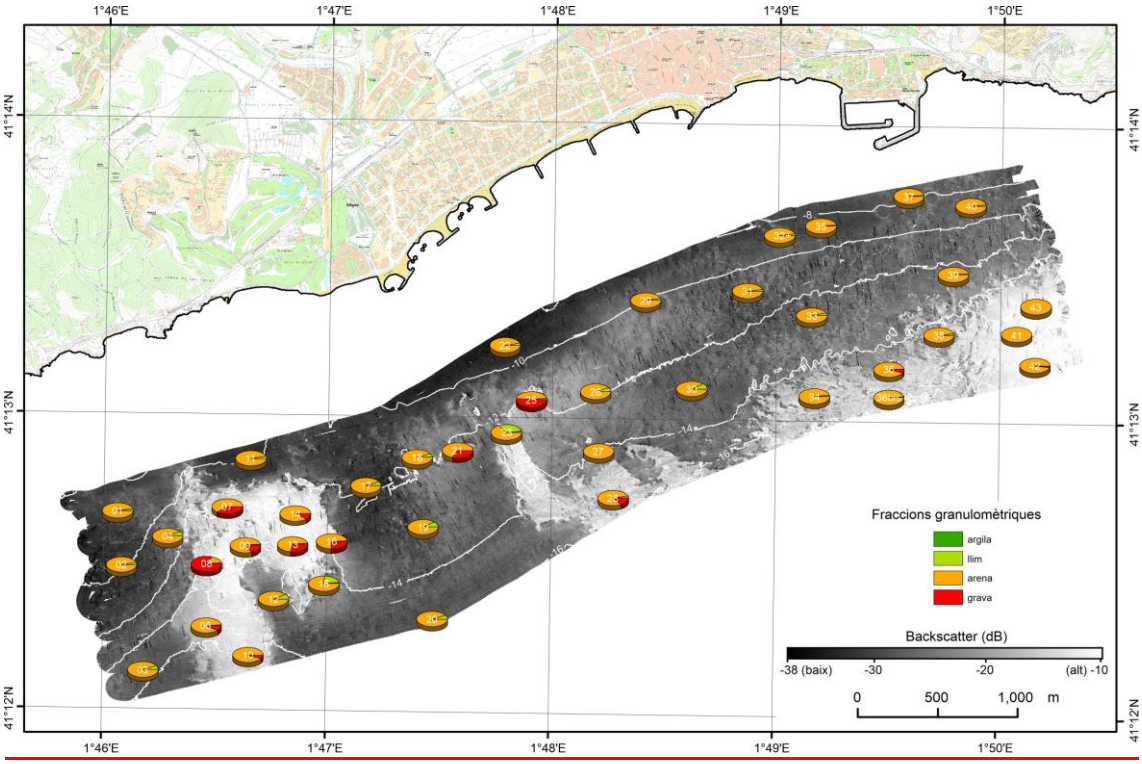


Figura 8.10. Mapa de distribució granulomètrica (fraccions grava, arena, llim i argila) de les 42 mostres obtingudes a les estacions d'observació i mostreig, representades sobre el mapa de reflectivitat (*backscatter*) (Fig. 8.2). Isòbates cada 2 m. Per poder apreciar bé tots els detalls a que es fa referència en el text principal convé ampliar la imatge, usar la versió subministrada en format jpg (cf. Annex III) o anar directament al projecte SIG.

Les arenes gruixudes són dominants al sector oriental més profund (mostres 41, 42 i 43), on formen *ripples* ben pronunciats, i també a les mostres 36 i 36bis, properes a les anteriors. Igualment, corresponen a la moda i/o la mitjana de les mostres 6, 9, 10, 13, 14 i 16, totes elles a la zona d'alta reflectivitat prop del límit occidental de l'àrea prospectada, ja esmentada, i de les mostres, 27 i 28, a la part central de l'àrea prospectada, igualment damunt claps d'alta reflectivitat (Figs. 8.2, 8.10 i Annex I). La resta de mostres estan dominades per arenes fines (1-4, 11, 12, 15, 17-20, 22, 23, 26, 29-35, 37, 39 i 40) o mitjanes (27, 36, 36bis i 38) (Annex I).

La presència d'estructures sedimentàries indicatives de transport a ras de fons, com

ara els *ripples*, és força estesa en els fons de sediments solts de tota l'àrea d'estudi, com mostren les fotografies obtingudes durant les inspeccions *in situ* (cf. Annex I). La mida i l'espaiat dels *ripples* són variables, en funció de la mida de gra dominant a cada indret, el qual al seu torn està relacionat amb l'hidrodinamisme local. Les arenes fangoses i les arenes fines generalment presenten *ripples* de pocs centímetres d'alçada, més o menys ben formats i continus, de vegades degradats i/o amb depressions arrodonides també d'escala centimètrica, com il·lustren les fotografies de les estacions 1-4, 11, 12, 15, 17, 19 i 20, entre altres. En alguns casos, les depressions arrodonides de mida centimètrica poden ésser dominants, com mostren les fotografies de les estacions 3, 12, 17, 19, 20 i 30 (cf. aptat. 8.3, fotografies). En aquests tipus de fons, tant els *ripples* com les depressions arrodonides, o mescles de tots dos, poden formar veritables camps, ocupant extensions considerables. A les arenes detrítiques barrejades amb rizoma mort i alguer viu, els *ripples* solen tenir uns quants centímetres d'alt però són menys continus, pel mateix caràcter de mosaic dels seus llocs d'ocurrència. Les partícules més grolleres, generalment bioclàstiques, solen concentrar-se als socs que hi ha entre *ripples*. Les arenes gruixudes del racó sud-oriental de l'àrea d'estudi, entorn les estacions 41 a 43, es caracteritzen per presentar *ripples* d'uns quants centímetres d'alt, o fins i tot decímetres, ben formats i lateralment continus (cf. aptat. 8.3, fotografies).

La presència d'aquesta mena d'estructures sedimentàries és habitual en els fons litorals sorrencs de Catalunya i d'arreu, a les profunditats d'aigua objecte del present estudi, sotmeses a l'acció de l'onatge, dels corrents d'onatge i de la deriva litoral. És pràcticament segur que el temporal Gloria hagi tingut un paper determinant en la remobilització de sediment i la formació d'estructures sedimentàries a l'àrea d'estudi, com ara els diversos tipus de *ripples* esmentats. Les depressions arrodonides, en canvi, se sobreposen als *ripples* i, per tant, la seva formació és més recent. Probablement hagin estats causades per l'acció d'organismes, versemblantment peixos com ara els molls o diversos espàrids, els quals en cercar l'aliment dins l'endofauna remouen el fons creant depressions de forma més o menys regular.

L'anàlisi de mida de gra ha revelat la presència de sediments bimodals i polimodals,

resultants de barreges de fraccions d'orígens diferents, com ara arenes i fragments biogènics, generalment de closques de mol·luscs (referides com "detrític" o "bioclasts"), més grollers. Així, presenten caràcter bimodal les mostres 7, 14, 16, 21, 36 (barreges d'arena mitjana i gruixada amb grava bioclàstica), i les mostres 23, 29, 31-35 i 40 (barreges d'arena fina i mitjana). Al seu torn, són polimodals les mostres 6, 9, 13 i 28, formades per barreges d'arena heteromètrica i grava bioclàstica. La majoria d'aquestes mostres (6, 7, 9, 13, 14 i 16) provenen de la zona d'alta reflectivitat prop del límit occidental de l'àrea prospectada ja esmentada, i de les zones d'alta reflectivitat a les parts central (28) i oriental (36) de l'àrea prospectada, també esmentada. Les mostres 29, 31-35 i 40 provenen del sector centre-nord-oriental de reflectivitat intermèdia de l'àrea prospectada (Fig. 8.2). Finalment, la mostra 21 és d'un indret rocós.

Pel que fa a l'asimetria, la majoria de mostres tenen valors positius (cap a la dreta), la qual cosa indica que la desviació de la distribució granulomètrica dins de cada mostra és cap a les mides de gra més gruixudes. Hi ha només 12 mostres (1, 2, 4, 11, 12, 15, 17-20, 22 i 26) amb valors negatius (cap a l'esquerra) d'asimetria, és a dir amb desviació de la distribució granulomètrica cap a les mides de gra més fines (Annex I). Totes les mostres amb asimetria negativa corresponen a arenes fines i molt fines.

Pel que fa a la curtosi, totes les mostres menys tres són leptocúrtiques, és a dir amb un grau elevat de concentració de la mida de gra al voltant dels valors centrals. Les tres mostres platicúrtiques són la 8 (la més rica en fracció grava, heteromètrica), la 15 (a tocar d'un emissari) i la 41 (arena gruixuda). En aquestes tres mostres, el grau de concentració de la mida de gra al voltant dels valors centrals és baix.

Contingut en carbonats

El contingut en carbonats en el conjunt de 42 mostres és marcadament dispers, ja que oscil·la entre el 6,6% i el 70,7% en mostra total. Hi ha un grup de mostres amb més del 40% de carbonats, que són les de les estacions 6, 8, 9, 13, 16, 21, 28 i 36. Totes elles tenen fragments biogènics abundants, sovint de mida grava, i totes provenen de

sectors amb reflectivitat elevada situats prop del límit occidental de l'àrea prospectada (estacions 6, 8, 9, 13 i 16), a la part més profunda del sector central (estació 28), al sector oriental de l'àrea prospectada (estació 36) o al voltant d'un aflorament rocós (estació 21). Només 5 mostres estan per sota del 20% de carbonats, i són les de les estacions següents: 10, 27, 36bis, 41, 42 i 43. Totes aquestes mostres provenen d'indrets amb alta reflectivitat i són formades per arena mitjana i/o gruixuda, eventualment amb grava. La resta de mostres, no citades explícitament en aquest paràgraf tenen continguts de carbonats que oscil·len entre el 20% i el 40% (Figs. 8.2, 8.11 i Annex I).

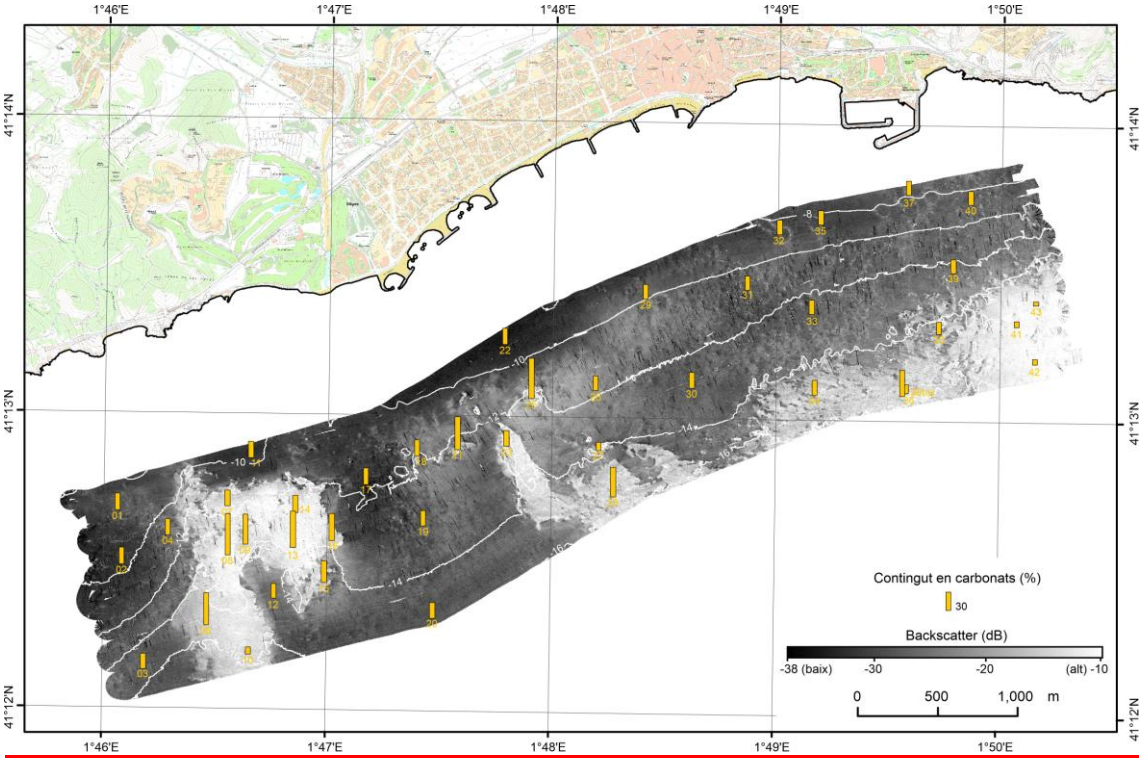


Figura 8.11. Mapa de continguts en carbonats (%) en mostra total de les 42 mostres obtingudes a les estacions d'observació i mostreig, representades sobre el mapa de reflectivitat (*backscatter*) (Fig. 8.2). Isòbates cada 2 m. Per poder apreciar bé tots els detalls a que es fa referència en el text principal convé ampliar la imatge, usar la versió subministrada en format jpg (cf. Annex III) o anar directament al projecte SIG.

L'anàlisi del contingut en carbonats de la fracció menor de 2 mm (és a dir, excloent les graves) en un nombre seleccionat de 13 mostres proporciona en tots els casos valors menors que els de la mostra total, amb diferències entre el 5,4 i el 26,9, la qual cosa indica que els carbonats tendeixen a concentrar-se a la fracció més grollera, sovint

dominada per partícules de naturalesa bioclàstica. En 2 mostres (10 i 27) les diferències són per sota del 10%, en 8 (6, 7, 9, 13, 14, 16, 25 i 36) són entre el 10% i el 20% i en 3 (8, 21 i 28) són de més del 20% (Annex I). Es tracta en tots els casos de mostres de sediments grollers (arena mitjana i gruixuda, i grava en proporcions variables) provinents d'indrets amb alta reflectivitat del fons, predominantment amb rizoma mort de *Posidonia oceanica*, i més ocasionalment amb alguer viu aclarit o roca (Fig. 8.2 i Annex I).

Contingut en matèria orgànica

El contingut en MO en el conjunt de 42 mostres també és prou variable, oscil·lant entre el 0,52% i el 2,52% en mostra total, aquest darrer corresponent a l'estació 15, a tocar d'un emissari submarí. Hi ha 9 mostres amb més d'un 2% de MO, concretament les 13, 15, 17-20, 22, 23 i 37. La majoria corresponen a arena fina amb proporcions variables de llim (arenes fangoses), ocasionalment amb arena mitjana (23). Excepte les mostres 13, 15 i 27, la resta estan situades en indrets amb reflectivitat del fons baixa-mitjana, a diferents profunditats (entre 7,9 i 15,3 m), particularment en un sector situat al sud del sector costaner de Terramar (17-20) i a escassa fondària dins el polígon prospectat (22 i 37) (Figs. 8.2, 8.12 i Annex I).

Per la banda baixa, hi ha 9 mostres amb valors inferiors o iguals al 1% de MO. Destaquen, a la zona d'alta reflectivitat de l'extrem oriental de l'àrea d'estudi, les mostres 41-43, formades per arena gruixuda, amb valors entre 0,52% i 0,70%. La resta de mostres dins d'aquest grup (7, 10, 16, 25, 27 i 36bis) són marcadament grolleres (des d'arena mitjana fins grava) i estan situades en indrets d'alta reflectivitat. Més enllà de les 9 mostres amb més d'un 2% de MO i les altres 9 mostres amb menys d'un 1%, la resta de mostres, 24 en total, tenen continguts compresos entres aquests dos valors (Figs. 8.2, 8.12 i Annex I).

L'anàlisi dels continguts en MO a la fracció <2 mm a les mateixes 13 mostres que pel contingut en carbonats, dona resultats de signe contrari, doncs tot i que en la majoria de casos (9) el contingut a la fracció de mida més petita és menor que a la mostra total,

en altres 4 casos la relació és a l'inrevés. Convé esmentar que només en una de les mostres amb mes d'un 2% de MO s'analitzà la fracció <2 mm (Annex I).

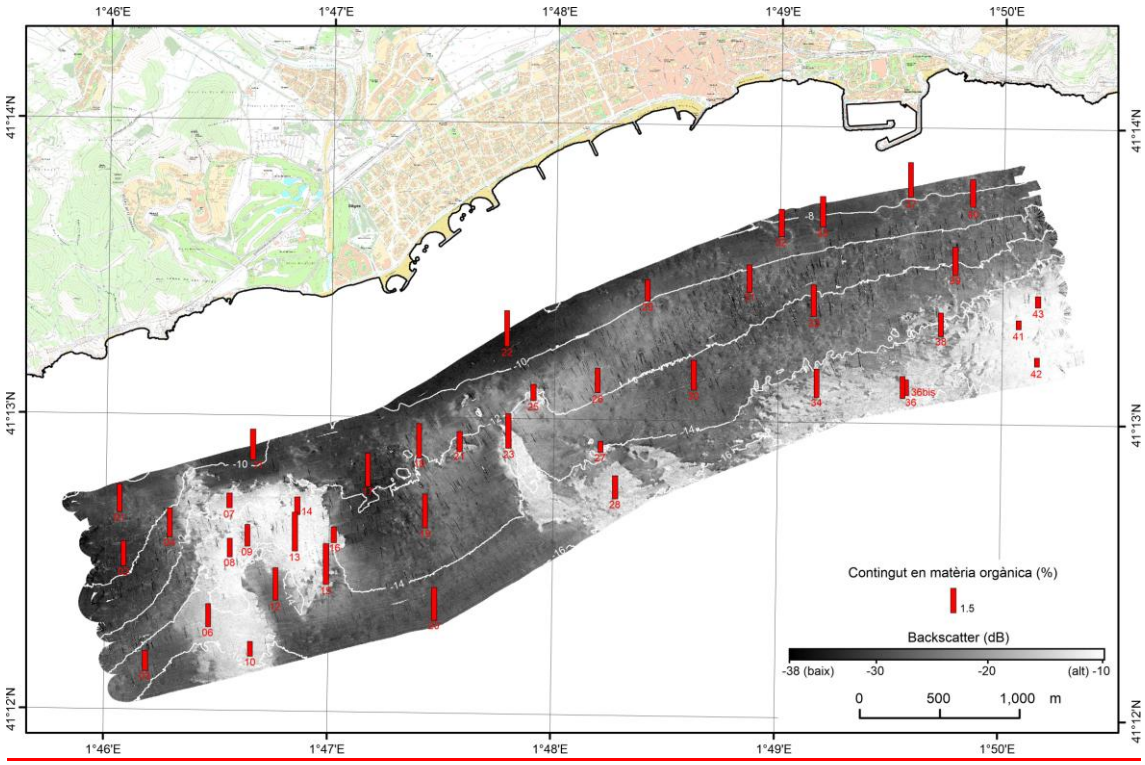


Figura 8.12. Mapa de continguts en matèria orgànica (%)en mostra total de les 42 mostres obtingudes a les estacions d'observació i mostreig, representades sobre el mapa de reflectivitat (*backscatter*) (Fig. 8.2). Isòbates cada 2 m. Per poder apreciar bé tots els detalls a que es fa referència en el text principal convé ampliar la imatge, usar la versió subministrada en format jpg (cf. Annex III) o anar directament al projecte SIG.

8.3. Observacions in situ: hàbitats bentònics

Hàbitats presents i llur distribució

Els hàbitats observats es relacionen a la Taula 8.1.

L'hàbitat de sorres fangoses (SFF) (Fig. 8.13) apareix a la meitat sud de l'àrea d'estudi, a fondàries de 12 a 16 m, al llarg d'una franja que passaria per les estacions 12, 15, 19, 23 —entre còdols— i 30 (Figs. 7.2, 8.1 i 8.2). Segons les característiques mesurades en els sediments recollits en aquestes estacions, el gra mig té un valor al voltant de 100 µm; el percentatge de fins (mides de gra <63 µm) pot arribar al 35% (estació 23) i la

MO superar el 2%. La presència d'aquests sediments, amb un major percentatge de fins i de càrrega orgànica respecte a les sorres fines ben calibrades podria explicar-se per una entrada de MO ja sigui d'origen natural provinent de la degradació de les restes vegetals de *Posidonia oceanica* que es troben en aquesta zona, com d'origen antròpic provinent de les sortides d'un dels emissaris presents, ja que la seva canalització passa per l'estació 15.

Descripció i abreviació	**Hàbitat**	**Codi CORINE**
Sorres fangoses (SFF)	Sorres fangoses, infralitorals	11.222A+
Sorres fines (SF)	Sorres mitjanes, fines i molt fines, infralitorals	11.2223+
Sorres fines (SF + *Cymodocea*)	Sorres fines amb *Cymodocea nodosa*	11.2223+
Sorres gruixudes (SG)	Sorres gruixudes i molt gruixudes, infralitorals	11.2229+
Sorres detrítiques (SD)	Fons detrítics costaners sorrencs	11.2211+
Rizoma mort (RM)	Mata morta de *Posidonia oceanica*	11.347+
Alguer de *Posidonia* (ALG*)*	Alguers de *Posidonia oceanica*	11.34+
Còdols (COD)	Fons de còdols de la zona infralitoral inferior, circalitorals i d'indrets protegits de l'onatge	11.232+
Algues fotòfiles (AF)	Fons infralitorals rocosos, calms i ben il·luminats, sense fucals	11.2414+
Algues hemiesciòfiles (AH)	Fons infralitorals rocosos, calms i mitjanament il·luminats sense fucals	11.2416+
Emissaris (EM)	Conduccions i cables submarins	11.512+

Taula 8.1. Hàbitats distingits en aquest estudi, denominats segons la *Llista dels hàbitats marins de Catalunya* (Ballesteros, 2019).

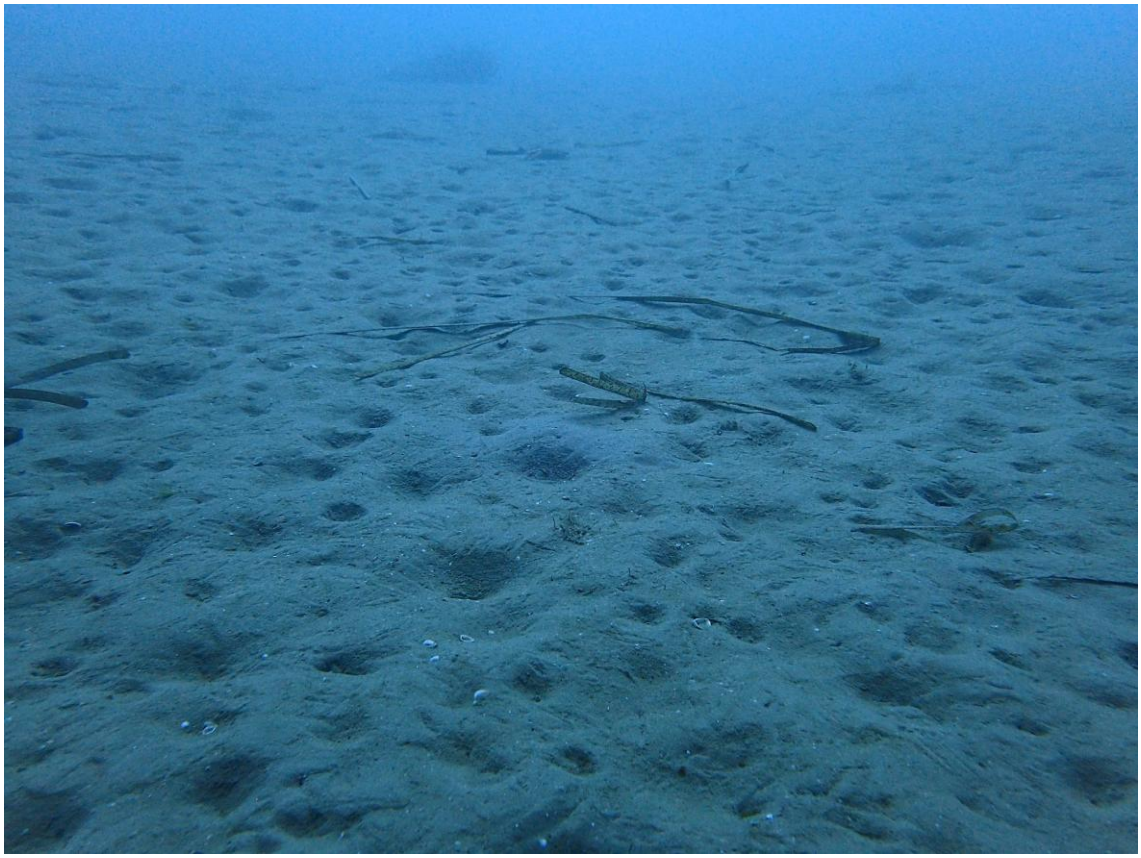


Figura 8.13. Hàbitat de sorres fangoses (SFF) amb nombroses depressions arrodonides centimètriques. Fotografia corresponent a l'estació 19.

L'hàbitat de sorres fines (SF) (Fig. 8.14) és el més abundant a tota l'àrea cartografiada. El seu límit batimètric inferior s'assoleix aproximadament a la cota de menys 16 m (Fig. 8.1). Els resultats de les anàlisis granulomètriques mostren una mida de gra mitja entre 102 µm i 232 µm, amb un percentatges de fins inferior al 9% i la MO rarament ultrapassa el 2% i, si ho fa, és per ben poc. Es tracta, doncs, de la típica comunitat de sorres fines netes, amb càrregues de MO i de fins moderades, sotmesa a un cert grau d'hidrodinamisme tal i com es reflecteix en els *ripples* observats, factors tot ells que condicionen la composició d'organismes que hi habiten.

Molt puntualment, s'ha observat algun espècimen de *Cymodocea nodosa* en l'hàbitat de sorres fines, el qual designem aleshores com sorres fines amb *Cymodocea nodosa* SF + *Cymodocea*).

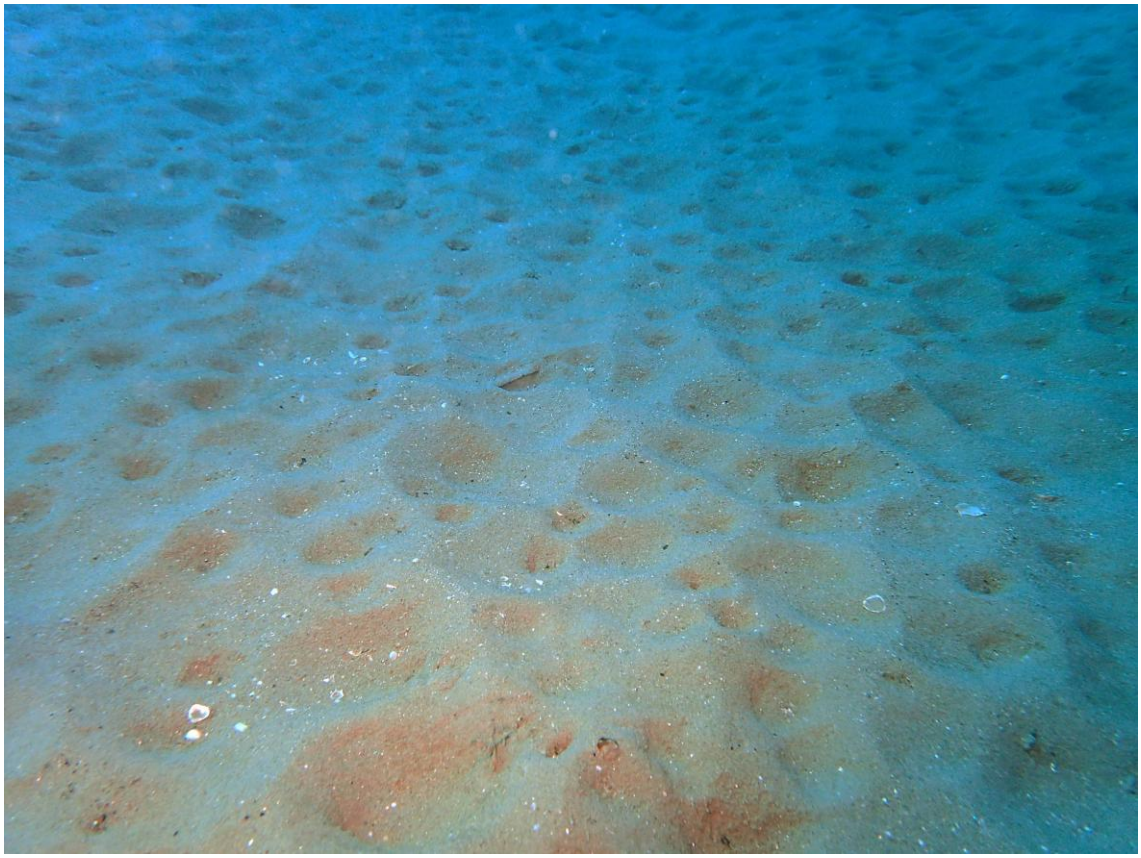


Figura 8.14. Hàbitat de sorres fines (SF) amb traces de *ripples* centimètrics i depressions arrodonides també centimètriques. Fotografia corresponent a l'estació 30.

L'hàbitat de sorres gruixudes (SG) (Fig. 8.15) es troba entre 14 i 16 m als fons situats entre l'espigó nord del Port d'Aiguadolç i el límit nord de l'àrea d'estudi. Tan sols s'ha observat en una altra estació, la 27, al sector central de l'àrea d'estudi, on forma claps envoltats de sorres detrítiques i rizoma mort de *Posidonia* (Figs. 7.2 i 8.1). Els resultats de les anàlisis granulomètriques de les estacions assignades a la categoria de sorres gruixudes mostren valors al voltant de les 1000 µm, i en alguns indrets s'alternen amb clapes de graves. El percentatge de fins és molt baix (0,4%) i la MO no supera l'1%. Es constata, doncs, el baix contingut en MO i fins, com era d'esperar en sorres gruixudes, atesa l'habitualment forta correlació entre la mida de gra i el contingut en MO. Els sediments de gra gruixut són molt més empobrits en MO que els sediments de gra més fi, fet que condiciona els organismes que hi viuen.

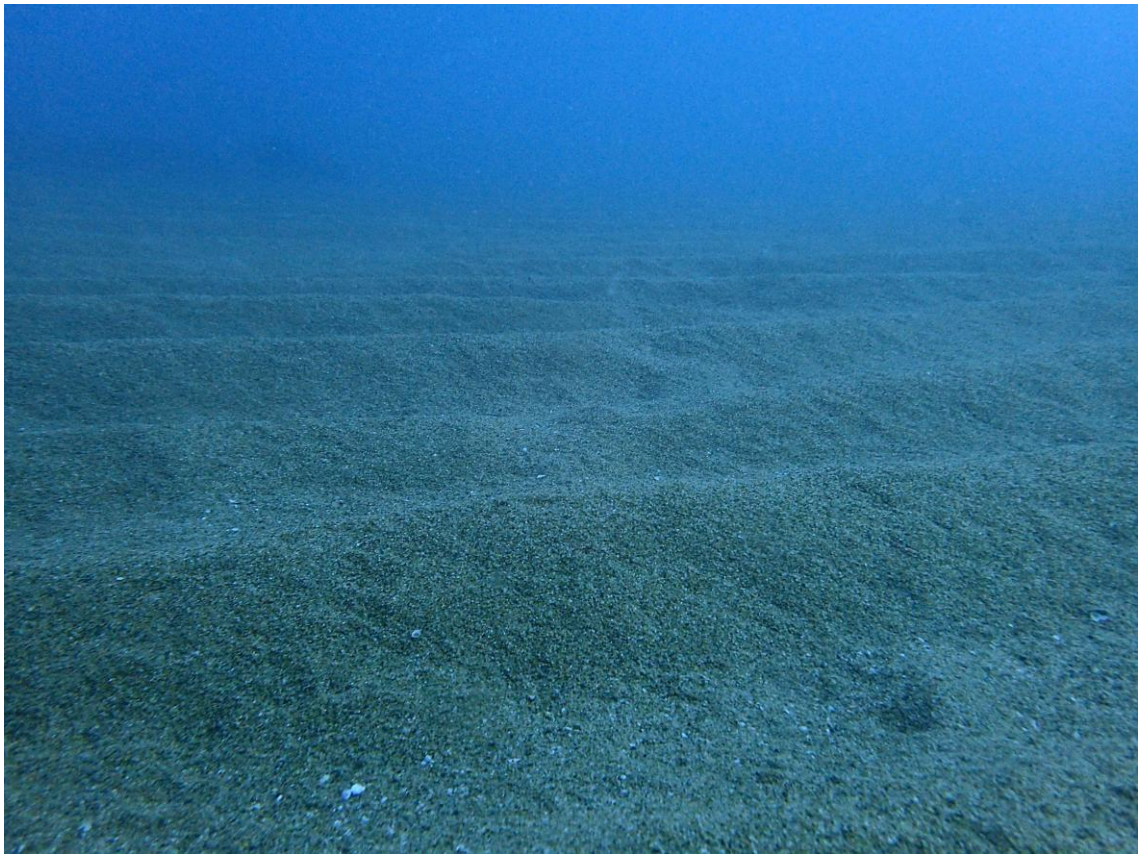


Figura 8.15. Hàbitat de sorres gruixudes (SG). Fotografia corresponent a l'estació 43.

L'hàbitat de les sorres detrítiques (SD) (Fig. 8.16) correspon a fons de sorra de mida mitjana i grollera amb un component detrític significatiu, format per restes carbonatades organogèniques, també anomenades "bioclasts". La seva distribució granulomètrica és, doncs, heterogènia. A l'àrea d'estudi es situa entre 15 i 20 m de fondària, però també a més fondària, sobretot als indrets adjacents a l'hàbitat de rizoma mort (RM) de *Posidonia oceanica* (Figs. 8.1).

La mida mitjana de gra oscil·la entre 952 µm i 9 mm, amb un percentatge mínim de fins del 0,6% i màxim del 3,4%, i amb uns continguts de MO que no superen l'1,5%. Es presenta irregularment per tota la zona d'estudi, sobretot en indrets també ocupats pel rizoma mort de *Posidonia oceanica*.

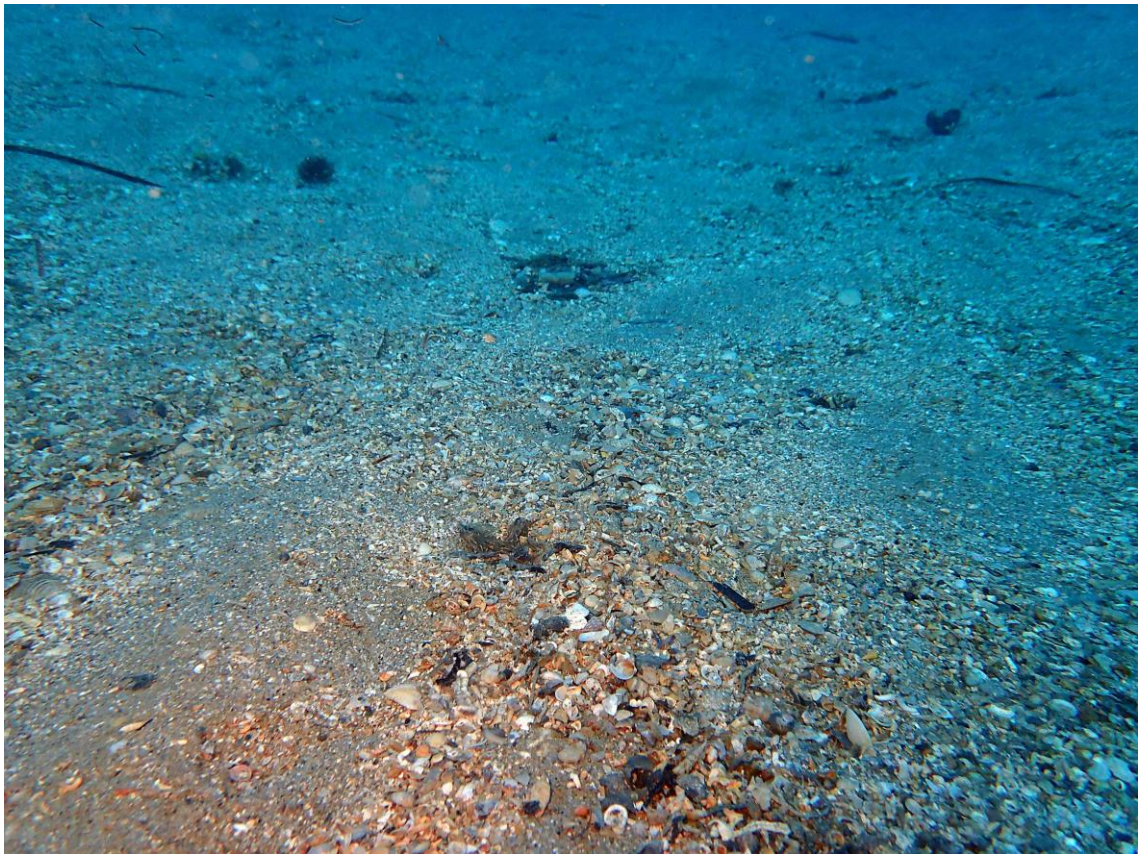


Figura 8.16. Hàbitat de sorres detrítiques (SD). Fotografia corresponent a l'estació 36.

L'hàbitat del rizoma mort (RM) de *Posidonia oceanica* (Fig. 8.17), resultat de la degradació dels alguers, ocupa una superfície notable, sovint barrejat amb l'hàbitat de l'alguer i les sorres detrítiques. Una part apreciable de l'hàbitat de rizoma mort es troba davant la platja de l'Atlàntida, a fondàries compreses entre els 11 i els 16 m, i una altra entre els 14 i 16 m en front dels espigons de Sitges i fins el port d'Aiguadolç (Figs. 7.2, 8.1 i 8.2).

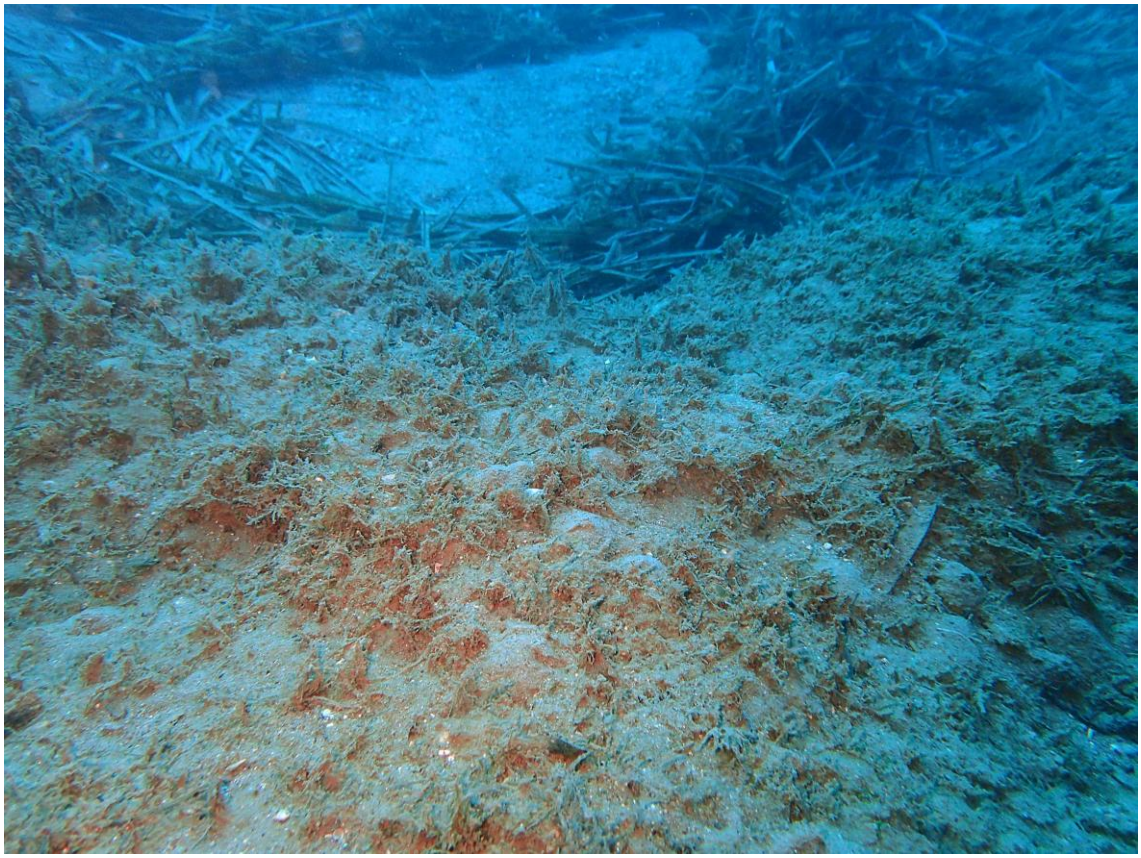


Figura 8.17. Hàbitat de rizoma mort de *Posidonia oceanica* (RM). Fotografia corresponent a l'estació 27.

Els alguers de *Posidonia oceanica* (ALG) (Fig. 8.18), no són gaire abundants a l'àrea d'estudi i estan més o menys degradats deguts a diferents focus de contaminació propers que disminueixen la qualitat i la transparència de l'aigua. Acostumen a presentar-se en clapes localitzades entremig de rizoma mort i ocupen extensions reduïdes. Pel que fa a la distribució dels feixos, hi ha parts més denses i parts desproveïdes de recobriment vegetal. Les clarianes existents entremig de l'alguer estan ocupades per rizoma mort o sorra detrítica.

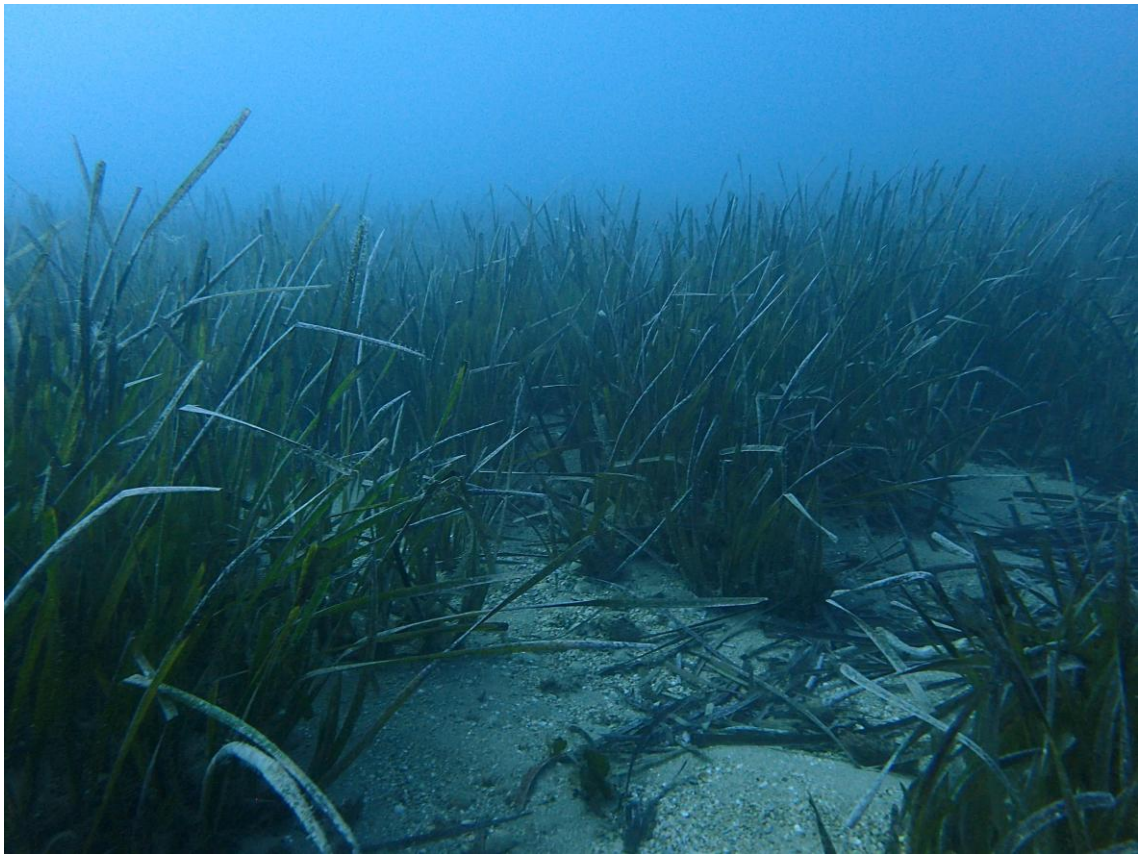


Figura 8.18. Hàbitat d'alguer de *Posidonia oceanica* (RM). Fotografia corresponent a l'estació 13.

L'hàbitat de còdols infralitorals (COD) (Fig. 8.19) mostra una alternança entre els còdols pròpiament dits i el sediment que els envolta i, com a tal hàbitat, es presenta en una sola estació (la 23) (Figs. 7.2, 8.1 i 8.2).

L'hàbitat d'algues fotòfiles (AF) (Fig. 8.20) ocupa roques i blocs rocosos ben il·luminats i a la zona d'estudi es localitza a l'aflorament rocós de l'estació 5 (Figs. 7.2, 8.1 i 8.2).

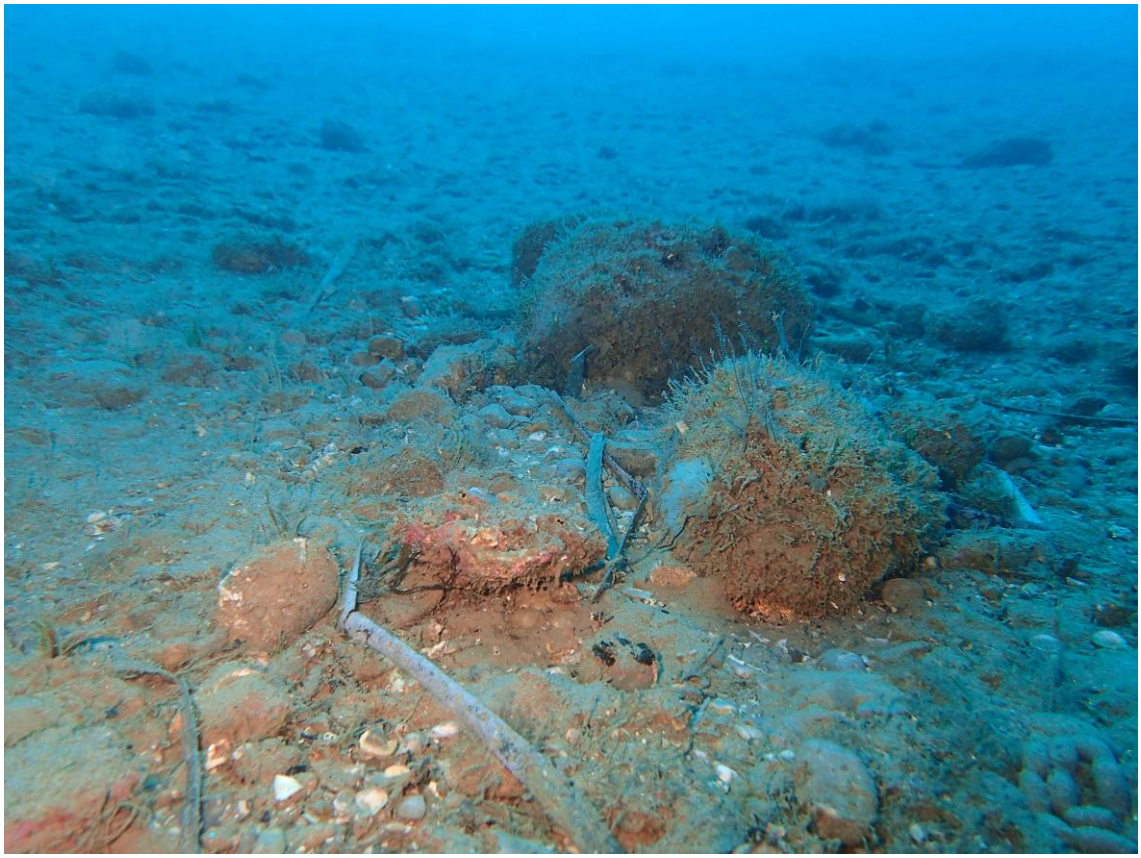


Figura 8.19. Hàbitat de còdols infralitorals (COD). Observin-se els nombrosos còdols i blocs solts arrodonits. Fotografia corresponent a l'estació 23.

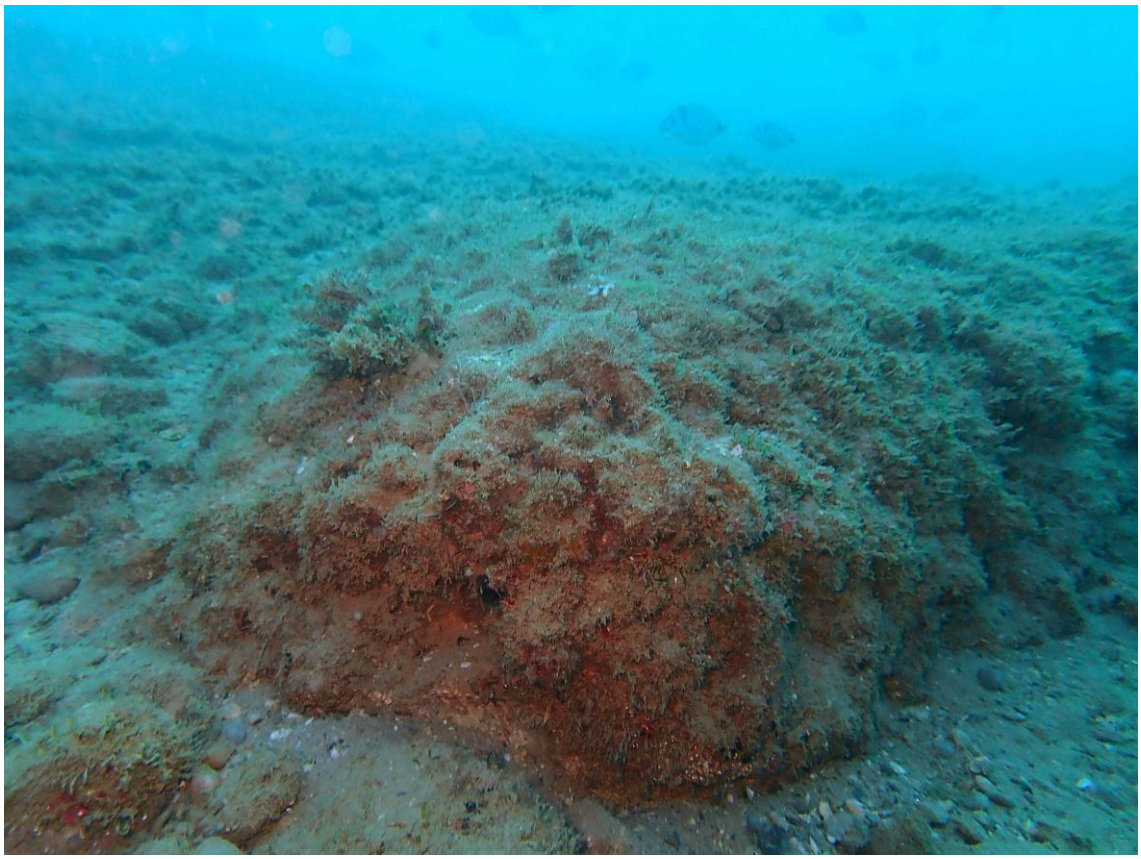


Figura 8.20. Hàbitat d'algues fotòfiles (AF). Fotografia corresponent a l'estació 5.

L'hàbitat d'algues hemiesciòfiles (AH) (Fig. 8.21) substitueix en fondària la comunitat d'algues fotòfiles. A l'àrea d'estudi s'ha trobat als aflorament rocosos de les estacions 18, 21 i 25, i als fons de pedruscall de les estacions 23 i 24, sempre a fondàries superiors als 10 m (Figs. 7.2, 8.1 i 8.2).

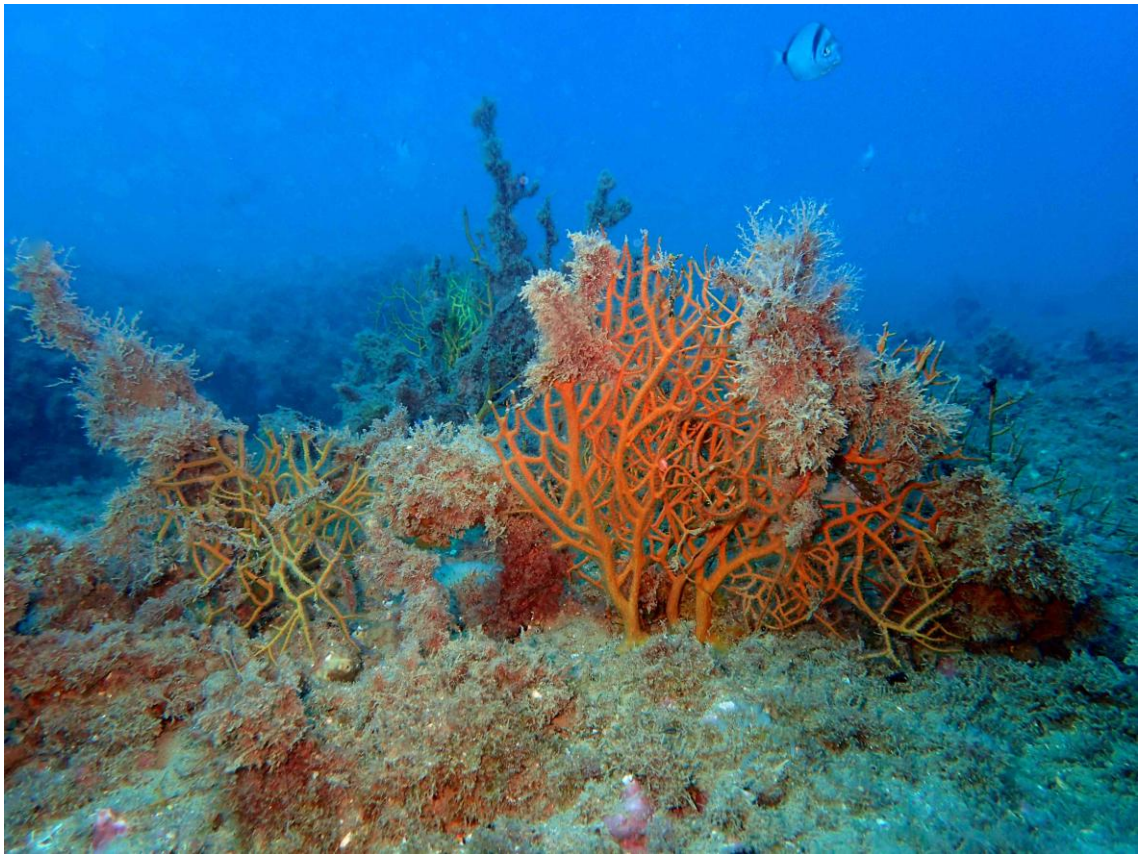


Figura 8.21. Hàbitat d'algues hemiesciòfiles (AH). Fotografia corresponent a l'estació 21.

Un darrer hàbitat són les estructures antropogèniques, que a la zona estudiada estan representades per dos emissaris submarins (EM) (Figs. 8.1, 8.2). El situat a ponent és de canonada única, d'un diàmetre considerable, d'aproximadament 50 cm, presenta ancoratges que el fixen al fons (Fig. 8.22) i descarrega activament al medi fluids rics en matèria en suspensió (cf. aptat. 9), mentre que el situat a llevant consta d'una doble canonada, cadascuna d'uns 12 cm de diàmetre, i presenta difusors verticals aparentment inactius (Fig. 8.23).

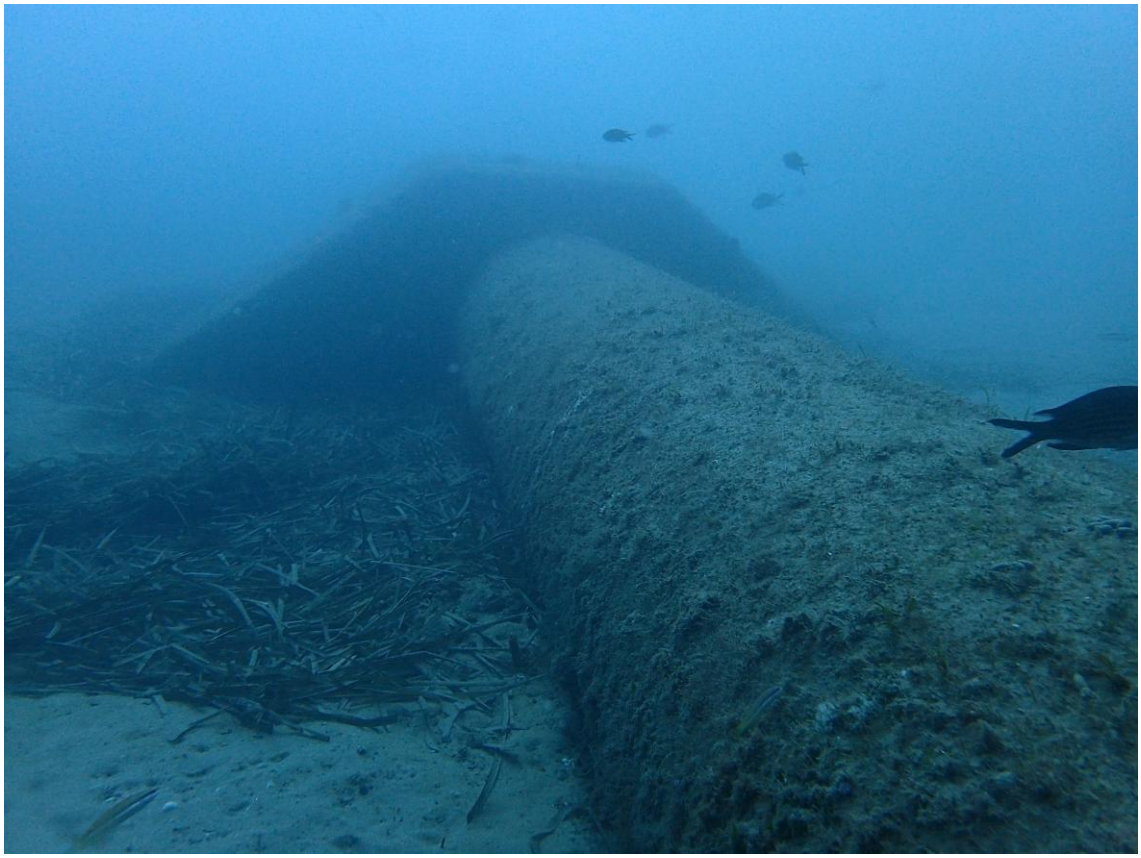


Figura 8.22. Hàbitat d'estructures antropogèniques (EM, emissari). Fotografia de l'estació 15.

Figura 8.23. Hàbitat d'estructures antropogèniques (EM, emissari), situat a llevant de l'àrea d'estudi i aparentment inactiu a la data de l'observació. Fotografia corresponent a l'estació 32.

Paisatges

Els paisatges corresponen a les categories definides a la cartografia d'hàbitats. A la Taula 8.2 en presentem els recobriments totals, conjuntament amb el percentatge que ocupen dins l'àrea d'estudi.

Descripció i abreviació	**Paisatges / combinacions de paisatges**	**Superfície (km^2)**	**% de l'àrea total**
Sorres fangoses (SFF)	Sorres fangoses	0,46	5,22
Sorres fines (SF)	Sorres fines	6,14	69,61
Sorres fines (SF + *Cymodocea*)	Sorres fines amb *Cymodocea nodosa*	0,02	0,23
Sorres gruixudes (SG)	Sorres gruixudes	0,38	4,31
Alguer i paisatges de degradació de l'alguer (ALG, RM, SD i combinacions)	Alguer i paisatges de degradació de l'alguer	1,75	19,84
Còdols (COD)	Còdols	0,03	0,34
Algues fotòfiles (AF)	Algues fotòfiles	Molt minsa	Molt minsa
Algues hemiesciòfiles (AH)	Algues hemiesciòfiles	0,04	0,45
Emissaris (EM)	Emissaris	Molt minsa	Molt minsa
	TOTALS	**8,82**	**100**

Taula 8.2. Paisatges considerats en aquest estudi, amb la seva superfície i el percentatge de l'àrea ocupada per cadascun d'ells respecte a la superfície total prospectada (8,82 km^2), corresponent al polígon que delimita l'àrea d'estudi. Els valors s'han arrodonit al segon decimal. La categoria "Alguer i paisatges de degradació de l'alguer" inclou l'alguer de *Posidonia* (ALG), el rizoma mort (RM), les sorres detrítiques (SD), i les combinacions de RM+SD+ALG, RM+SF i RM+SFF. Els paisatges amb la indicació "molt minsa", AF i EM, ocupen una superfície de 0,00104 i 0,00056 km^2, respectivament, és a dir 1.040 i 560 m^2. Convé tenir en compte que en els mapes hom ha exagerat, per fer-los ben visibles, les amplades dels emissaris.

Val a dir que en aquesta taula hem agrupat els paisatges que corresponen al que antigament eren alguers de *Posidonia oceanica* i que actualment inclouen una sèrie de paisatges diferents (SD, RM, ALG, RM+SD+ALG, RM+SF, RM+SFF), resultat dels

diferents estadis de degradació dels alguers, els quals a l'àrea estudiada tenen el comú denominador del rizoma mort (RM). La quantificació de l'àrea ocupada per cadascun d'ells és difícil de precisar a causa de que es presenten sovint fortament imbricats en l'espai.

El paisatge més abundant a la zona d'estudi, amb un 69,6% de cobertura, són les sorres fines (SF), les quals es presenten per tota l'àrea d'estudi, a totes les cotes batimètriques, essent totalment dominants a fondàries inferiors als 10-12 m. Molt puntualment s'hi troben feixos esparsos de la fanerògama marina *Cymodocea nodosa* (0,2% de cobertura). El percentatge de fins augmenta en algunes zones on s'hi observen sorres fangoses, a fondàries mitjanes i amb una cobertura del 5,2%. Les sorres gruixudes estan només presents, de forma abundant, al sud-est de l'àrea d'estudi, la qual cosa resulta en una cobertura del 4,3%. Els afloraments rocosos, còdols inclosos, amb els diversos hàbitats que els composen, ocupen menys d'un 1% del fons marí a la zona estudiada i, per tant, la seva extensió és molt minsa.

El conjunt de paisatges provinents de l'alguer de *Posidonia oceanica* i les seves fases de degradació, incloent-hi les sorres detrítiques (SD), ocupen gairebé un 20% de l'àrea. Un primer sector es localitza a la zona més profunda situada davant la població de Sitges, entre Aiguadolç i Les Anquines, on hi dominen el rizoma mort (RM) i les sorres detrítiques (SD). El segon sector es distribueix davant del tram de costa situat entre la platja de les Coves i la cala dels Gegants; és aquí on hi trobem encara alguns indrets on l'alguer ocupa superfícies més o menys contínues i està relativament estès, encara que a la zona més superficial hi domina el rizoma mort (RM).

Aquest tipus d'hàbitats i paisatges són habituals davant les costes de naturalesa sedimentària de les províncies de Barcelona i Tarragona, lluny, però, de les desembocadures dels rius (Tordera, Besós, Llobregat, Ebre), i sempre en els intervals de fondària prospectats. Aquí, però, l'abundància de rizoma mort (RM) és més gran que en altres indrets.

Descripció dels hàbitats

Sorres fangoses (SFF)

En aquest hàbitat ben poques espècies són visibles a ull nu, observant-se només alguns orificis a la superfície del sediment, probablement pertanyents a algun organisme filtrador que hi viu enterrat, i algunes traces originades pel moviment d'organismes sobre el sediment, com ara el gasteròpode *Retusa umbilicata.*

L'endofauna de la mostra recol·lectada (19), en canvi, presenta valors de riquesa i abundància elevats, amb 468 individus comptabilitzats, pertanyents a 58 taxons. El grup dels bivalves és el més abundant, essent les espècies *Lucinella divaricata* i *Moerella distorta* les que dominen, assolint totes dues espècies al voltant del 30% de l'abundància total de la comunitat. Del grup dels poliquets, també molt important en aquesta comunitat, amb 23 taxons identificats, en destaquem *Galathowenia oculata*, *Paradoneis armata*, *Mediomastus fragilis, Dialychone acustica, Prionospio caspersi, Scoletoma impatiens* i *Nephtys cirrosa*. Els crustacis, amb un total de 17 taxons identificats, també són un grup representatiu d'aquesta comunitat. Hi abunden els ostràcodes *Leptocythere* spp.*,* també comuns a la comunitat de sorres fines ben calibrades*,* el tanaidaci *Apseudopsis bacescui,* característic d'ambients amb càrrega orgànica, l'amfípode *Ampelisca brevicornis* i el cumaci *Iphinoe trispinosa.* Cal destacar la presència dels amfípodes *Hippomedon massiliensis* i *Leucothoe oculta*, els quals tot i no ser molt abundants tan sols s'han trobat en aquest hàbitat.

Moltes de les espècies trobades en aquest hàbitat són sedimentívores o detritívores, i s'alimenten de la MO particulada del sediment i digereixen, principalment, els bacteris que la formen. El seu caràcter tolerant afavoreix el seu desenvolupament en aquest hàbitat, amb uns percentatges força alts de fins i de càrrega de MO.

A l'Annex V es mostra el llistat d'espècies de les diferents comunitats de fons sedimentaris mostrejades amb draga, així com les seves abundàncies, representades pel número d'individus trobats en una superfície coneguda de 600 cm^2.

Sorres fines (SF)

La macrofauna visible d'aquest hàbitat és també molt escassa. Podem esmentar ofiures (*Ophiura texturata*), l'antozou *Veretillum cynomorium*, alguns decàpodes (*Diogenes pugilator, Paguristes eremita, Macropodia rostrata*), mol·luscs bivalves com l'escopinya verrucosa (*Acanthocardia tuberculata*) i gasteròpodes com el cargol punxenc (*Bolinus brandaris*) i el cargolí d'arenal (*Tritia mutabilis*). La fauna piscícola és molt reduïda, tot i que en alguna estació de les que s'han estudiat en immersió, degut a la presència d'algun aflorament rocós o estructura artificial (emissaris) s'hi observa una densitat de peixos més gran, en concret esparralls (*Diplodus annularis*), variades (*Diplodus vulgaris*), molls de roca (*Mullus surmuletus*) i roncadors (*Pomadasys incisus*). En alguna ocasió s'han observat exemplars de mabres (*Lithognathus mormyrus*) i besucs (*Pagellus acarne*).

La majoria d'organismes que viuen en aquest hàbitat de sorres fines ho fan dins del sediment i no són visibles en immersió. L'anàlisi de l'endofauna de la mostra recollida a l'estació 32, representativa d'aquest tipus d'ambients, ha permès comptabilitzar fins a 37 taxons diferents amb una abundància total de 371 individus. Els mol·luscs, amb un total de 14 taxons identificats i 271 individus, són el grup més ben representat en aquesta comunitat. Cal destacar la dominància de l'espècie *Lucinella divaricata*, que contribueix amb un 39% a l'abundància total. Aquesta espècie, com han pogut constatar els autors d'aquest informe en altres estudis realitzats al llarg de la costa catalana, és la més representativa d'aquesta comunitat, juntament amb *Spisula subtruncata*. En el marc d'aquest estudi, però, la presència de *Spisula subtruncata* és gairebé insignificant als fons marins de Sitges, la qual cosa podria estar relacionada amb la diferent època de mostratge en que s'han recollit les mostres (novembre) en comparació amb estudis previs (primavera). La forta estacionalitat del bivalve *Spisula subtruncata*, que gairebé desapareix durant la tardor i l'hivern, no s'observa en canvi en el cas de *Lucinella divaricata*, que manté una població estable al llarg de l'any. Juntament amb *Lucinella divaricata* també s'han trobat en densitats notables els bivalves *Dosinia lupinus*, *Fabulina fabula*, *Thracia phaseolina*, *Caecum traecha*,

Moerella distorta i la tellerina (*Donax trunculus*). Quant als altres grups taxonòmics, cal destacar la presència dels crustacis ostràcodes *Leptocythere* spp., l'amfípode *Perioculodes longimanus* i els poliquets *Paradoneis armata*, *Owenia fusiformis*, *Prionospio caspersi* i *Spio decorata*, així com diverses espècies no identificades pertanyents al grup dels nematodes.

La mostra de l'estació 32 està dominada per organismes filtradors, tot i que els organismes sedimentívors també hi són presents, tot i que en menor abundància. Els filtradors s'alimenten de les partícules en suspensió a la columna d'aigua, aprofitant un cert grau d'hidrodinamisme i mercès també als corrents que ells mateixos són capaços de generar. La majoria d'aquestes espècies estan considerades com a indicadores de bona qualitat ambiental a causa de la seva sensibilitat a les pertorbacions de tipus antròpic i, especialment, a la presència de MO. Cal assenyalar que no hem observat un efecte directe de l'emissari sobre les comunitats que hi ha en aquesta zona. Potser l'escassa fondària (9,2 m) a que es troba aquesta estació i l'hidrodinamisme per l'onatge tinguin un efecte de rentat dels sediments, reduint així l'acumulació de partícules fines i MO provinents de l'emissari (en cas que estigui en funcionament), i evitant una possible eutrofització local. Tot i això, la presència d'organismes detritívors, com ara les espècies d'espiònids *Spio decorata* i *Prionospio caspersi*, indica un cert grau d'estrès.

A l'Annex V es mostra el llistat d'espècies de les diferents comunitats de fons sedimentaris mostrejades amb draga, inclosa l'estació 32, així com les seves abundàncies, representades pel número d'individus trobats en una superfície coneguda de 600 cm^2.

Sorres fines amb Cymodocea nodosa (SF + Cymodocea)

En algunes estacions d'observació i mostratge apareix amb presència escassa i de manera esparsa, la fanerògama *Cymodocea nodosa*. Ocupa una àrea molt petita, formant taques disperses i poc denses entre els 8 i 13 m de fondària enfront del Port d'Aiguadolç (estació 33) i a l'extrem sud de l'àrea d'estudi (estació 1). Cal assenyalar

que tots els feixos de *Cymodocea* observats estaven colgats de sediment, entre 5 i 7 cm per damunt del que seria habitual. Aquest recobriment podria estar relacionat amb els moviments de sediment produïts a rel del temporal Gloria, ocorregut entre el 19 i el 23 de gener de 2020. Caldria fer un seguiment per estudiar si el recobriment sedimentari observat pot acabar provocant la desaparició dels feixos de *Cymodocea nodosa* existents.

La composició dels organismes que viuen al sediment és idèntica a la de les mostres de l'hàbitat de sorres fines sense *Cymodocea*. Això no obstant, les fulles de la fanerògama acullen una sèrie d'epífits que no apareixen, òbviament, en absència de l'espècie que els dona suport. El més abundant i freqüent és *Laomedea angulata,* seguit per *Halecium pusillum* i *Obelia dichotoma.* Presents, però en menor grau, hi ha també *Aglaophenia harpago, Sertularella* cf. *ellisi, Clytia hemisphaerica, Dynamena pourtalesi, Halecium labrosum, Pachycordyle pusilla, Obelia geniculata* i altres pertanyents a la família Campanularidae.

Sorres gruixudes (SG)

La macrofauna visible d'aquesta comunitat és molt escassa. Hi són presents ocasionalment els equinoderms *Sphaerechinus granularis,* ofiures com *Amphipholis squamata* i *Ophiotrix fragilis,* decàpodes (*Paguristers eremita*) i alguns bivalves (*Callista chione* i *Pitar rudis*). La fauna piscícola també és molt pobre.

En aquest hàbitat, la majoria d'organismes que hi viuen són de mida petita i són dins del sediment. A la mostra recol·lectada (estació 43), hi ha aparegut un total de 40 taxons diferents amb una abundància total de 274 individus. Es tracta de la comunitat típica de "sorres de llancetes". Juntament amb l'espècie que dona nom a aquesta comunitat, la llanceta, el procordat *Branchiostoma lanceolatum*, trobem nombrosos nematodes, molt abundants i típics de les sorres gruixudes. Aquests organismes són un reflex d'ambients sotmesos a un fort hidrodinamisme, al qual hi estan molt ben adaptats. També hi ha poliquets, entre els que podem esmentar com a més abundants *Pettiboneia urciensis*, *Exogone verguera*, *Goniadella galaica*, *Eunereis longisima*, *Eunice*

vittata, *Lumbrinerides* sp.1 i *Parapionosyllis labronica*, totes elles especies carnívores i dotades d'estructures mandibulars que els hi permeten alimentar-se d'organismes més petits. Curiosament, hem trobat també un gran nombre de reclutes de garotes, l'amfípode *Cerapopsis longipes*, el cumaci *Bodotria pulchella,* mentre que entre els bivalves destaca *Thracia phaseolina*.

La majoria de les espècies que viuen en aquest hàbitat són considerades com a bioindicadores de bona qualitat ambiental, a causa de la seva sensibilitat als continguts elevats de MO en el sediment.

A l'Annex V es mostra el llistat d'espècies de les diferents comunitats de fons sedimentaris mostrejades amb draga, inclosa l'estació 43, així com les seves abundàncies, representades pel número d'individus trobats en una superfície coneguda de 600 cm^2.

Sorres detrítiques (SD)

En aquest hàbitat, caracteritzat per la presència abundant en el sediment de fragments grollers carbonatats organogènics, o bioclasts, hom ha trobat entre les espècies epibentòniques més destacables algun gasteròpode com ara el cornet (*Hexaplex trunculus*), la garota violeta (*Sphaerechinus granularis*), estrelles de mar (*Echinaster sepositus*), ofiures (*Ophioderma longicaudum, Ophiotrix* fragilis) i, per últim, holotúries grans (*Holothuria tubulosa*) i petites (*Cucumaria planci*). A més, s'observa el sempre present *Paguristes eremita,* i altres decàpodes com *Galathea intermedia, Pilumnus spinifer* i *Pisidia* sp. També hi són presents *Eualus* sp., *Atetecyclus rotundatus*, *Ilia nucleus*, *Dardanus arrosor* i *Macropodia linaresi*.

L'endofauna és representada pel grup dels anèl·lids poliquets, destacant per la seva freqüència i abundància *Aponuphis bilineata, Aonides oxycephala* i *Exogone verugera* i, en menor grau, *Eunice vittata, Euclymene* spp*., Protodorvillea kefersteini, Mediomastus fragilis, Magelona minuta* i *Notomastus latericeus.* Els amfípodes i els mol·luscs bivalves són el segon i tercer grup per abundància en aquest hàbitat.

Destaquem amfípodes del gènere *Gammaropsis* i espècies com *Centraloecetes dellavallei, Cerapopsis longipes* i, en menor grau, *Nototropis guttatus*. Pel que fa als bivalves, hi són presents les espècies *Gouldia minima, Cerastoderma edule* i *Spisula subtruncata*, aquesta última amb una abundància menor que a la comunitat de sorres fines ben calibrades. No hi manquen els cumacis, els isòpodes, els gasteròpodes, els sipuncúlids (*Aspidosiphon mülleri*) i les petites ofiures (*Amphipholis squamata, Amphiura filiformis*). La composició tròfica està dominada per suspensívors i carnívors.

Rizoma mort de Posidonia oceanica (RM)

El poblament del rizoma mort es pot equiparar al d'una comunitat d'algues fotòfiles amb multitud d'espècies pròpies d'ambients rics en sorra. En quant al poblament vegetal, destaquem, per una banda, algues com *Dictyota dichotoma*, *Dictyopteris polypodioides* i *Flabellia petiolata* i, per altra banda, amb molt poca o nul·la presència, la fanerògama *Posidonia oceanica*. Pel que fa a les poblacions animals, hi ha les mateixes espècies que a l'alguer de *Posidonia oceanica* però amb menys abundàncies, llevat de les holotúries.

Alguer de Posidonia oceanica (ALG)

L'espècie dominant de l'alguer és la fanerògama *Posidonia oceanica,* coneguda popularment amb el nom d'*alga*. Com ocorre en el cas de *Cymodocea nodosa* mencionat més amunt, en alguna de les estacions prospectades *in situ* també s'ha observat recobriment i abrasió per arenes de feixos de *Posidonia*, com ara l'estació 38, circumstància igualment atribuïble al temporal Gloria.

Associada a les fulles de *Posidonia oceanica* hi creix una comunitat epifítica especial que ha estat batejada amb el nom de *Giraudio-Myrionemetum orbicularis* Ben, 1971. Aquesta comunitat és composta per un elevat nombre d'algues, hidraris, briozous, tunicats i poliquets de mida petita. D'una manera general, hom pot distingir-hi tres tipus morfològics bàsics d'organismes: els incrustants, els erectes i els pulvinulars. Els organismes incrustants recobreixen la fulla i són fonamentalment algues cianofícies del

gènere *Lyngbya,* i rodofícies com *Anthithamnion ogdeniae, Champia parvula, Chylocladia verticillata, Pneophyllum fragile, Hydrolithon farinosum,* espècies del gènere *Polysiphonia* i altres menys abundants, com *Ceramium codii, Erythotrichia carnea* i *Titanoderma pustulatum*. No hi manquen certs feòfits, com *Sphacelaria cirrosa* i *Dictyota linearis*, i algun tunicat, com ara *Botryllus schlosseri*. Les espècies erectes i pulvinulars se situen generalment damunt seu, com els hidraris *Clytia hemisphaerica, Sertularia perpusilla*, *Sertularia distans* i *Obelia geniculata*, i els briozous *Electra posidoniae*, *Chorizopora brongniartii, Microporella ciliata* i *Umbonulla ovicellata.* Hi ha altres espècies d'algues que creixen a les parts apicals de la fulla, sovint sobre les coral·linals incrustants (*Sphacelaria cirrosa*, *Falkenbergia rufolanosa, Crouania attenuata*).

Els rizomes vius de *Posidonia oceanica* duen associat un poblament ben especial i variable segons la densitat dels feixos, la fondària de l'alguer, el substrat sobre el qual s'instal·la i altres paràmetres. En són espècies comunes petites algues filamentoses o laminars, com ara *Acrosorium venulosum* i *Dictyota dichotoma*. També hi ha algues grosses, com ara *Peyssonnelia* spp., *Flabellia petiolata i Dictyopteris polypodioides*. Hi són presents les esponges, com *Dysidea avara* i *Cliona viridis*, els briozous, com *Turbicellepora magnicostata, Schizobrachiella sanguinea, Schizomavella* spp., *Reteporella septentrionalis* i *Rhynchozoon neapolitanum*, i els tunicats de la família Didemnidae. Dins el grup dels mol·luscs gasteròpodes, abunden els cornets (*Hexaplex trunculus*) i les pades (*Cerithium vulgatum*). També hi apareixen alguns decàpodes com *Paguristes* sp., *Pilumnus spinifer* i *Piscidia* sp., entre altres. L'alguer manté també una rica fauna vàgil. Hi destaca el principal consumidor de *Posidonia oceanica,* el vogamarí vermell (*Paracentrotus lividus)*. Una altra garota present, *Sphaerechinus granularis*, s'alimenta bàsicament de les algues epífites dels rizomes. Altres organismes de l'alguer són les ofiures (*Ophiothrix fragilis*, *Ophioderma longicaudum*), els asteroïdeus (*Echinaster sepositus*) i, sobretot, les holotúries (*Holothuria tubulosa*, *Holothuria polii*), que digereixen els detrits resultants de la descomposició, per part dels microorganismes, de les excrecions dels herbívors. Entre els hidraris destaca *Sertularella* spp. No s'han observat nacres (*Pinna nobilis*), probablement a causa de les recents mortalitats provocades pel paràsit haplosporidi *Haplosporidium pinnae*.

La fauna piscícola de la comunitat de *Posidonia oceanica* és molt pobre. Els peixos més representatius són les julioles (*Coris julis*) i les castanyoles (*Chromis chromis*), i també esparralls (*Diplodus annularis*), molt freqüents dins els alguers.

Còdols (COD)

El poblament dels còdols és escàs ja que molts d'ells estan recoberts per una fina capa de sediment. En línies generals, els organismes que hi viuen són presents també —i més abundants— a l'hàbitat d'algues hemiesciòfiles. De fet, els còdols tenen un poblament empobrit respecte d'aquest hàbitat, amb presència de nombrosos hidraris, el tunicat *Pycnoclavella communis*, l'alga verda *Caulerpa cylindracea* i diverses espècies del gènere *Dictyota*. L'única espècie més o menys exclusiva dels còdols és l'alga verda *Acetabularia calyculus*.

Algues fotòfiles (AF)

Aquest hàbitat té una estacionalitat molt marcada, amb un creixement algal important a la primavera però amb un estadi de repòs a l'època del present mostratge. En base als inventaris realitzats en aquest estudi i en altres efectuats durant la primavera en el mateix indret (cf. aptat. 5) podem citar les algues *Codium vermilara* i *Dicyota cyanoloma* com a més comunes. En menor grau hi són presents *Padina pavonica, Bryopsis duplex, Chondracanthus acicularis, Caulerpa cylindracea* i *Dictyota dichotoma*, i també *Acetabularia acetabulum* i *Halopteris scoparia*. Entre la fauna, hi ha la gorgònia taronja (*Leptogorgia sarmentosa*), els antozous *Anemonia sulcata* (ortigues de mar) i *Aiptasia diaphana*, els hidraris *Aglaophenia* sp. i el plomall de mar *Sabella spallanzani*, així com els mol·luscs bivalves *Arca noae* (peu de cabrit), *Ostraea edulis* (ostra plana) i els mol·luscs gasteròpodes *Stramonita haemastoma* (corn de tenassa) i *Hexaplex trunculus* (cornet), molt característics de la zona. També s'hi troben glans de mar com *Balanus perforatus,* briozous com *Schizoporella errata*, i tunicats com *Phallusia fumigata* i *Pyura dura*. Tampoc hi manquen les garotes (*Paracentrotus lividus*) i les holotúries (*Holothuria tubulosa*).

Els peixos, no gaire nombrosos, estan representats pels sards (*Diplodus sargus*), les julioles (*Coris julis*), els tords (*Symphodus mediterraneus*), les vaques (*Serranus scriba*) i alguns blènnids (*Parablennius pilicornis* i *Parablennius rouxii*).

Algues hemiesciòfiles (AH)

Les espècies d'algues dominants són gairebé sempre les algues incrustants *Lithophyllum incrustans* i *Mesophyllum alternans*; també hi són abundants *Caulerpa cylindracea*, sovint dominant, *Codium bursa*, *Dictyota dichotoma, Dictyota fasciola, Dictyota implexa, Halopteris scoparia, Halopteris filicina*, *Jania* spp. i, en menor grau *Flabellia petiolata, Peyssonnelia rosa-marina, Peyssonnelia squamaria, Taonia atomaria* i *Zanardinia typus*, entre d'altres. Són també molt comunes petites espècies no identificades que formen un recobriment fi però continu sobre les roques (*turf*). Aquest *turf* està composat d'una barreja d'algues filamentoses (sobretot Ceramials però també petits tal·lus de *Caulerpa cylindracea*) i hidraris, essent abundantíssim sobre totes les roques. La fauna sèssil és relativament abundant. Cal remarcar la presència de les gorgònies *Eunicella verrucosa* i *Leptogorgia sarmentosa* a les estacions 21 i 25, a 11,4 i 10,4 m de fondària, respectivament (Figs. 7.2 i 8.1). Això no obstant, la seva presència és del tot testimonial si comparem la seva abundància actual amb la que hi havia fa 16 anys, i també menys. A les roques encara s'hi observen els peus dels esquelets d'antigues gorgònies, totalment recoberts de *turf* i pràcticament indistingibles. No hi ha gorgònies totalment sanes i la majoria tenen només un petit percentatge de zona viva. Són també abundants l'anemone *Aiptasia mutabilis,* els briozous, sobretot *Turbicellepora*, i les esponges (*Chondrosia reniformis*, *Cliona viridis, Dysidea avara, Crambe crambe, Phorbas tenacior, Spongia virgultosa*). També hi ha molts d'hidraris, com ara *Aglaophenia* sp., *Eudendrium* sp. i *Sertularella* sp., molts poliquets serpúlids (*Spirobranchus triqueter*, *Protula* spp*., Serpula* spp*., Sabella spallanzanii,* i altres), bivalves (*Rocellaria dubia*) i garotes com *Paracentrotus lividus* i *Sphaerechinus granularis*. També hi són presents les estrelles de mar vermelles (*Echinaster sepositus*), relativament comunes, les ofiures *Ophiothrix fragilis*, les holotúries *Holothuria tubulosa*, les planàries *Prostheceraeus roseus,* els tunicats

Pycnoclavella communis, abundantíssima, i *Pyura dura*, el cranc ermità *Pagurus anachoretus* i el pop de roca *Octopus vulgaris*.

La fauna piscícola d'aquesta comunitat és més diversa que a l'anterior. El grup més rellevant és el dels espàrids, amb sards (*Diplodus sargus*) i variades (*Diplodus vulgaris*), seguit dels molls de roca (*Mullus surmuletus*), les julioles (*Coris julis*), llavions (*Symphodus tinca*), tords porcellana (*Symphodus mediterraneus*), serrans (*Serranus cabrilla*), vaques (*Serranus scriba*), morets vermells (*Apogon imberbis*) i castanyoles (*Chromis chromis*). També hi ha *Parablennius zvonimiri*, pròpia de fondàries menors.

Emissaris (EM)

Els emissaris travessen diferents hàbitats i tenen molt poc recobriment vegetal o animal. Concentren, però, una gran quantitat de fauna íctica, essent remarcable una espècie només observada en aquest hàbitat, que utilitza les conduccions per amagar-se: el roncador (*Pomadasys incisus*). Les espècies acompanyants són, sobretot, molls de roca (*Mullus surmuletus*) i esparralls (*Diplodus annularis*).

8.4. Mapa d'hàbitats

El mapa d'hàbitats integra informació sobre el relleu i la resposta acústica del fons marí; sobre la naturalesa física del fons i les propietats dels sediments que en ell hi ha; i sobre els organismes que hi viuen, la manera en que estan associats i, en algun cas, la seva presència o absència i el seu estat de conservació (p. ex. el rizoma mort de *Posidonia oceanica*). El mapa d'hàbitats (Fig. 8.24) constitueix, per tant, una representació sintètica del conjunt d'observacions efectuades i coneixements adquirits en el marc d'aquest estudi, tot i tenint també en compte, en allò que sigui rellevant, informacions prèvies. El mapa de la Figura 8.24 mostra, doncs, la distribució geogràfica dels hàbitats definits a la Taula 8.1 i també dels paisatges que per si sols o per combinació de dos o més hàbitats s'expliciten a la Taula 8.2.

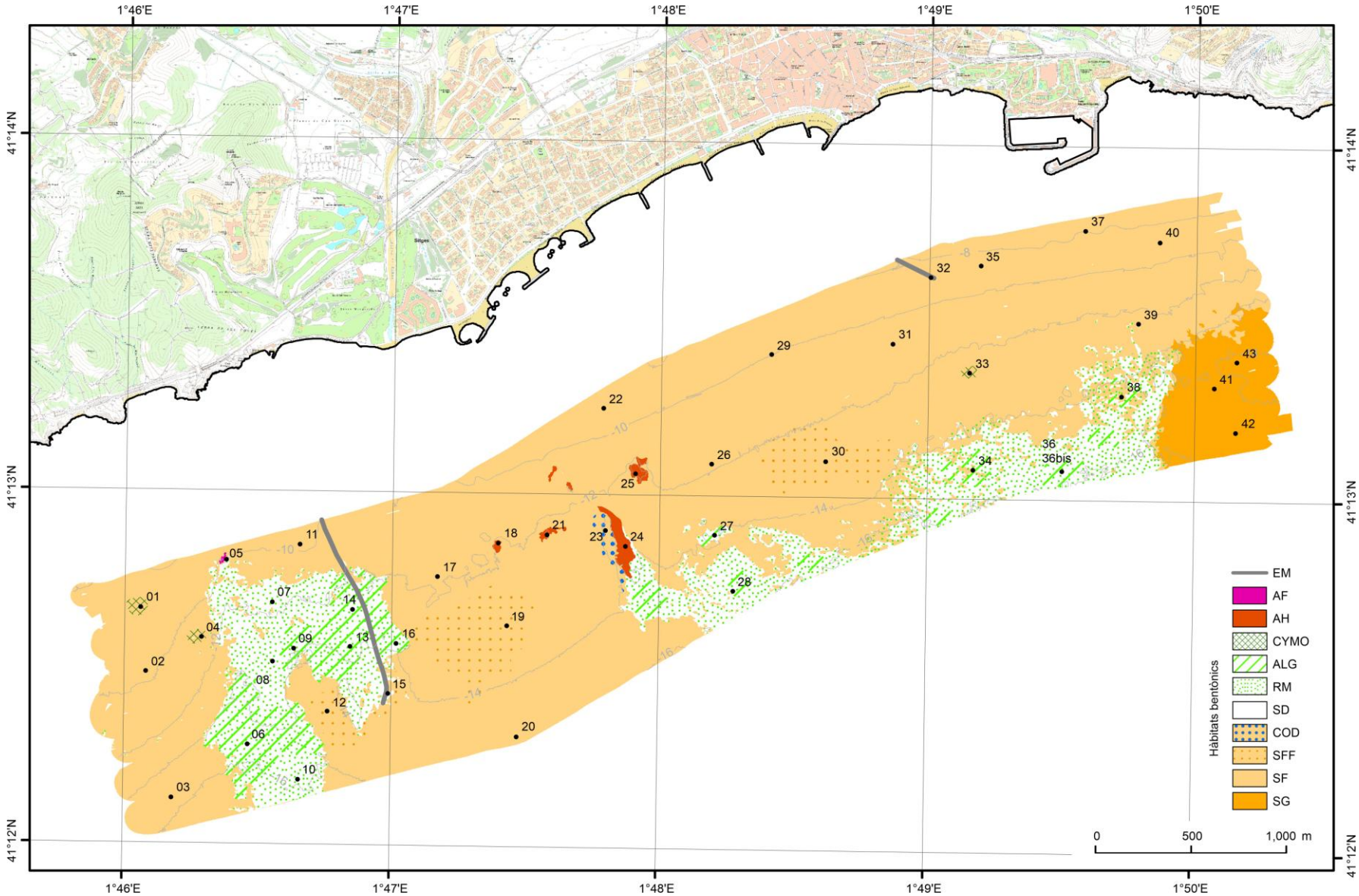
El mapa mostra la prevalença a l'àrea d'estudi de l'hàbitat anomenat de sorres fines

(SF; Fig. 8.14 i Taula 8.2), localment de caràcter fangós (SFF; Fig. 8.13), amb paviments de còdols (COD; Fig. 8.19) o amb feixos dispersos de Cymodocea *nodosa* (CYMO, cf. aptat. 9.3). Aquests elements o característiques sobreposades localment al substrat dominant s'indiquen al mapa d'hàbitat en forma de trames regulars de punts (SFF i COD) o engraellats (CYMO) damunt el color de fons (marró clar) de les sorres fines (SF) (Fig. 8.24).

Il·lustra també la notable extensió de l'hàbitat de rizoma mort (RM; Fig. 8.17 i Taula 8.2) de *Posidonia oceanica* amb sorres detrítiques (SD; Fig. 8.16), assenyalats amb un puntejat irregular verd i color blanc, respectivament, indicant així que el rizoma se sustenta i es presenta conjuntament amb sorres detrítiques. Seguint el patró esmentat més amunt, la presència ocasional de mata viva de *Posidonia oceanica* (ALG; Fig. 8.18) s'il·lustra amb una trama superposada de ratlles verdes en diagonal. Atès el caràcter sovint molt puntual de la presència de *Posidonia* viva, i la indistingibilitat de les mates isolades mitjançant mètodes acústics, no és possible capturar-les totes i cadascuna en un mapa, per la qual cosa, en aquest aspecte concret, el mapa d'hàbitats combina informació de presència verificada, allà on ha estat trobada durant les immersions, i informació de caràcter indicatiu, allà on podria ocórrer damunt el substrat de rizoma mort i sorres detrítiques.

El mapa documenta, finalment, la localització i extensió dels hàbitats de sorres gruixudes (SG; Fig. 8.15), marcat amb color taronja, i de fons rocosos, com són el d'algues fotòfiles (AF, Fig. 8.20), amb una única ocurrència, marcada amb color lila, i el d'algues hemiesciòfiles (AH, Fig. 8.21), amb quatre ocurrències comprovades i dos més de probables, marcades amb color taronja fosc. Finalment, s'indica la localització de l'hàbitat sobre substrat artificial corresponent als dos emissaris identificats (EM, Figs. 8.22 i 8.23), tot i exagerant les seves amplades per fer-los ben visibles a l'escala del mapa.

Figura 8.24 (pàgina següent)**.** Mapa d'hàbitats de l'àrea d'estudi. Vegeu explicació en el text principal. Isòbates cada 2 m. Per poder apreciar bé tots els detalls a que es fa referència en el text principal convé ampliar la imatge, usar la versió subministrada en format jpg (cf. Annex III) o anar directament al projecte SIG.


1°46'E
1°47'E
1°48'E
1°49'E
1°50'E
41°14'N
41°13'N
41°12'N
EM
AF
AH
CYMO
ALG
RM
SD
COD
SFF
SF
SG
Hàbitats bentònics
0
500
1,000 m

9. Valoració dels resultats

9.1. Relleu i resposta acústica del fons marí

En el marc del present estudi, l'eina acústica emprada, la batimetria de multifeix d'alta resolució, té tres grans avantatges: (i) és ràpida i efectiva, (ii) proporciona un recobriment total, del 100%, de l'àrea d'estudi (Fig. 3.1), i (iii) facilita la tria i assegura la representativitat de les estacions on efectuar tasques d'observació i mostratge *in situ*. És una eina ideal, per obtenir una visió de conjunt del relleu submarí, els tipus de fons i altres variables d'interès, com ara el pendent o la rugositat del fons, amb una georeferenciació absolutament precisa. A més, es combina perfectament amb l'observació i el mostreig *in situ*, els quals aporten, per una banda, el millor grau de detall possible sobre les comunitats i estructures sedimentàries del fons marí i, per una altra, mostra física dels sediments per analitzar al laboratori i contrastar amb la resposta acústica del fons, com palesa aquest estudi. Per tant, les dues aproximacions, una amb el millor recobriment possible, i l'altra amb el major grau de detall possible, es complementen a la perfecció, i no només això, sinó que s'alimenten mútuament. L'observació *in situ* permet verificar les dades acústiques i la seva interpretació, i ajuda a delimitar amb criteri diferents tipus de fons i hàbitats bentònics, mentre que la cartografia acústica amb recobriment complet permet estendre geogràficament les observacions puntuals, amb poc o cap marge per a la inventiva. El mateix podríem dir pel que fa a la relació entre dades acústiques i mostres de sediment, atès que en fons sedimentaris, la resposta acústica depèn directament del tipus de sediment del fons. Més àmpliament, la resposta acústica és altament sensible al tipus de fons, a la seva rugositat i a la presència de determinades comunitats que el cobreixen, com ara l'alguer.

Els mapes batimètric (relleu submarí), de reflectivitat i de segmentació mostren ben a les clares quatre patrons principals, que corresponen a: **(a)** fons amb escàs relleu (essencialment *ripples* i depressions arrodonides centimètriques), reflectivitat baixa o intermèdia, formats per arenes fines i mitjanes amb continguts generalment escassos de llims i argiles i moderats de MO (>1,5% o >2%), que sustenten els hàbitats dits de

sorres fangoses (SFF), sorres fines (SF) i sorres fines amb *Cymodocea nodosa* (SF + *Cymodocea*) —aquest darrer només identificable amb el suport de l'observació *in situ*—, els de més extensió a l'àrea d'estudi; **(b)** fons amb una clara microtopografia (relleu irregular) d'ordre centimètric a submètric, rarament més, reflectivitat alta o molt alta, formats per mosaics de rizoma mort, alguer viu i claps d'arenes mitges i grolleres, amb proporcions variables de grava, que sustenten els hàbitats dits de rizoma mort (RM), alguer de *Posidonia oceanica* (ALG) i sorres detrítiques (SD) amb continguts alts de carbonats (sovint >50%), els segons més extensos a l'àrea d'estudi; **(c)** fons amb formes de fons a penes apreciables al mapa batimètric i reflectivitat molt alta i uniforme, formats per arenes grolleres amb *ripples* ben formats, lateralment continus, d'uns quants centímetres d'alçada, pobres en carbonats (≤10%) i MO (≤0,7%), que sustenten l'hàbitat dit de sorres gruixudes (SG), restringits a la cantonada sud-oriental de l'àrea d'estudi; i **(d)** fons isolats amb relleu irregular d'ordre submètric a mètric, reflectivitat alta o molt alta, formats per afloraments rocosos de petita extensió, ocasionalment amb minses bosses de sediment, envoltats de sediments amb característiques variables, que sustenten els hàbitats dits d'algues fotòfiles (AF) i d'algues hemiesciòfiles (AH).

Als anteriors cal afegir-hi, amb ocurrències puntuals o lineals, **(e)** una única estació amb reflectivitat molt alta-alta, amb fons de còdols, al peu d'un aflorament rocós d'on probablement provenen el còdols. De còdols (i blocs), però, també se n'ha observat en altres estacions, tant solts com incorporats a roques conglomeràtiques; i **(f)** els fons artificials durs formats pels dos emissaris identificats, discernibles a tots els mapes basats en dades acústiques i, especialment, en els mapes de pendents i rugositat, on es diferencien nítidament dels fons adjacents. Aquests darrers mapes refermen en uns casos, i complementen en altres, allò que els mapes batimètric (relleu submarí), de reflectivitat i de segmentació mostren.

De fet, és la combinació de totes aquestes cartografies, mútuament complementàries, el que enriqueix l'estudi, i permet identificar i diferenciar, els diferents tipus de fons i els elements més rellevants que hi ha damunt, constituint així la millor base, pel que fa a recobriment, del mapa d'hàbitats. Ho il·lustra el cas dels fons d'arenes gruixudes

del racó sud-oriental de l'àrea d'estudi, que es diferencien bé als mapes batimètric, de reflectivitat i de segmentació, mentre que no donen cap resposta diferencial als mapes de pendents i rugositat, cosa que, si només es disposés d'aquests mapes, podria dur a confondre'ls amb els fons d'arenes fines i arenes fangoses. També ho il·lustra el ja esmentat cas dels emissaris, especialment el situat a ponent de l'àrea d'estudi, molt obvis en uns mapes i menys en altres.

9.2. Substrats sedimentaris, rocosos i artificials

Els dipòsits sedimentaris que constitueixen el substrat físic de l'àrea d'estudi es caracteritzen per un domini gairebé absolut de la fracció arena, formada per partícules entre 63 µm i 2.000 µm de diàmetre, com correspon a un ambient litoral de relativament poca fondària a les nostres latituds, aigües avall d'un delta ben desenvolupat, en aquest cas el del riu Llobregat, i d'una zona de *bypass* de sediment com és la costa de penya-segats del massís del Garraf. Així, com s'ha indicat abans (cf. aptat. 8.2), la fracció arena representa >90% en 29 de 42 mostres, comptant la 36bis, i >50% en 40 de 42 mostres. La fracció grava només és dominant en dues mostres, i té una presència apreciable (>10%) en altres sis mostres. Per la seva banda, la fracció llim és, amb comptades excepcions, molt minoritària, mentre que la fracció argila és merament testimonial. Tot plegat evidencia la capacitat de la dinàmica litoral a l'àrea d'estudi per rentar els sediments, tot i evitant que es dipositin les fraccions més fines, si més no dins l'àrea d'estudi, i transportant-les enllà.

La composició dels sediments de l'àrea d'estudi indica una doble procedència, majoritàriament al·lòctona pel que fa a les partícules terrígenes (no carbonatades) i majoritàriament autòctona pel que fa a les partícules carbonatades (bioclasts), la mida de les quals, força grollera en general, indica un transport molt escàs o nul, aspecte que queda refermat per la seva associació amb el rizoma mort i l'alguer de *Posidonia*. Pel que fa a la MO, és ben coneguda la seva afinitat pels fins, cosa que semblen corroborar els continguts mesurats a les mostres dels hàbitats de sorres fines fangoses i sorres fines, sempre per damunt de l'1,5% i, de vegades, del 2%. En canvi, els sediments més grollers presenten, amb comptades excepcions, continguts

de MO que se solen situar entre l'1% i el 2%, tot i que de vegades lleugerament per sota o per damunt. Els continguts més baixos, iguals o per sota del 0,7%, corresponen a les sorres gruixudes del racó sud-oriental de l'àrea d'estudi, i a una mostra aïllada, de l'estació 27, dominada per sorres mitjanes i gruixudes (Annex I). A les mostres dominades per sediments grollers, però, l'existència d'una major concentració de MO en la fracció <2 mm no és gens concloent.

Des del punt de vista sedimentològic, l'àrea d'estudi està dominada pel binomi sorres fines (SF) i sorres fangoses (SFF), present en 24 estacions de 43, que ocupa 6,14 + 0,46 km^2, és a dir el 69,61 + 5,22 % de la superfície del polígon prospectat (Taula 8.2). Aquests dos tipus de sorres apareixen sovint mesclades de manera indestriable i formant un continu de variació, localment amb *Cymodocea* (estacions 1, 4 i 33) o combinades amb rizoma mort (RM) (15, 34 i 38) o entremig de còdols (23), amb modes granulomètriques entre 105 i 154 µm, excepte les estacions 38 i 39, que tenen una moda més elevada, ja que l'arena fina es barrejada amb una proporció apreciable d'arena mitjana. Els continguts en carbonats són relativament baixos i molt consistents, situant-se sistemàticament entre el 24 i el 30%, amb una única excepció, l'estació 15, a tocar d'un emissari, en el límit d'un sector dominat per una combinació d'hàbitats que inclou el rizoma mort, les sorres detrítiques i l'alguer (RM+SD+ALG).

Aquests dipòsits presenten ocasionalment *ripples* simètrics (oscil·latoris) o lleugerament asimètrics de pocs cm d'alt i alguns cm de longitud d'ona, indicadors de moviment i transport tractiu de les partícules sedimentàries per l'onatge i els corrents d'onatge i deriva litoral (cf. aptat. 8.2). Cal tenir present que el temporal Gloria, i altres temporals, activen de manera notable el transport de sediments als fons marins costaners. Tot i que en aquest estudi no s'han aplicat tècniques que permetin conèixer el gruix dels sediments superficials, la gran extensió ocupada pel binomi sorres fines – sorres fangoses (SF-SFF), així com la seva connexió amb la platja submergida més soma, entre 10/8 m de fondària i la línia de costa, apunten a que són els materials volumètricament més abundants a l'àrea d'estudi i el seu entorn proper.

Segueixen, tant per nombre d'estacions (11/43, incloent-hi les estacions 7, 8, 10 i 13) com de superfície ocupada (1,58 km^2, 17,91%), les sorres detrítiques (SD) associades a rizoma mort (RM) i claps d'alguer viu (ALG), concentrades en els sectors d'alta reflectivitat situats a l'oest i al centre i, aparentment en menor mesura (una estació, la 36), a l'est de l'àrea d'estudi. Es tracta, molt majoritàriament, de sediments amb una distribució granulomètrica bimodal o polimodal, indicadora de barreja de partícules de diferents procedències, amb un possible efecte del temporal Gloria. Destaca també la presència de partícules carbonatades de mida grava i sorra granada, o bioclasts, no només a les sorres detrítiques (SD) sinó també en estacions (21 i 25) corresponents a l'hàbitat d'algues hemiesciòfiles (AH). Els continguts en carbonats són força variables, depenent de la composició específica de cada mostra d'aquestes sorres detrítiques, situant-se en una forquilla que va des de més del 10% fins el 71% (Annex I). No sembla, en tot cas, que aquesta mena de dipòsits siguin volumètricament molt abundants, doncs la seva ocurrència, com ja s'ha assenyalat, es limita als indrets on hi ha *Posidonia* viva o morta i, en molta menor mesura a l'entorn dels afloraments rocosos que sostenen la comunitat d'algues hemiesciòfiles.

Les sorres detrítiques (SD) riques en bioclasts i, més en general, els fragments biogènics grollers, són en realitat "dipòsits residuals", *sensu* sedimentològic, terme que s'aplica als materials que romanen *in situ* després que els constituents més mòbils, o altres elements que els fixaven, hagin estat remoguts. És a dir, són el que ha quedat, des del punt de vista sedimentari, d'antics hàbitats, com ara l'alguer o les algues hemiesciòfiles, actualment malmesos o desapareguts, segons l'indret. Ja hem fet notar que aquest tipus de dipòsits sempre apareix associat amb rizoma mort i mates vives d'alguer, o amb l'hàbitat d'algues hemiesciòfiles (Annex I). Dit d'una altra manera, les sorres detrítiques són un indicador de la degradació d'hàbitats preexistents, de l'erosió del substrat que els sustentava (cas de l'alguer) i/o de la mort, trencament i esmicolament dels organismes amb esquelet que els caracteritzaven, per exemple gorgònies, mol·luscs, briozous i equinoderms en el cas de la comunitat d'algues hemiesciòfiles.

L'hàbitat dominat, des del punt de vista sedimentològic, per sorres gruixudes (SG) no detrítiques (sense bioclasts) es concentra al límit sud-oriental de l'àrea d'estudi, entre 14 i 16 m de fondària, on es representat per les estacions 41, 42 i 43, i ocupa 0,38 km^2 (4,31% de la superfície prospectada) (Taula 8.2). Es tracta de sorres netes, soltes, amb una moda entre 1.000 i 1.800 µm, pobres en carbonats (≤10%) i amb poca MO. Aquestes sorres es caracteritzen per la presència en superfície de *ripples* molt ben formats, laxes i de mida apreciable. Així, mostren alçades centimètriques i longituds d'ona entre submètriques i mètriques (Fig. 8.15). Tot plegat indica el seu caràcter mòbil. És altament probable que durant el temporal Gloria aquests dipòsits hagin estat remobilitzats de manera notable. Les seves característiques fan pensar en un antic dipòsit terrigen de platja retreballat. Aquests materials tenen continuïtat cap a l'est i el sud de l'àrea d'estudi i, recentment, han sigut objecte de dragatge en un sector proper al límit oriental del polígon prospectat, segons indiquen dades accessòries de batimetria de multifeix adquirides durant la navegació cap i des de l'àrea d'estudi.

Hi ha també set afloraments rocosos de petites dimensions, entre 10 i 15 m de fondària, aproximadament, la majoria dels quals es concentren al sector central de l'àrea d'estudi, entre les latituds 1°47'E i 1°48'E, és a dir immediatament al sud de les platges defensades amb espigons de la Riera Xica, la Barra, Terramar i les Anquines. Cinc d'aquests afloraments han estat objecte d'observació i mostratge *in situ* del sediment envoltant, mentre que els dos restants, de mida molt reduïda, han estat identificats només a la cartografia batimètrica de multifeix. Aquests afloraments corresponen als hàbitats d'algues fotòfiles (AF, estació 5, l'aflorament situat a menor fondària) i d'algues hemiesciòfiles (AH, estacions 18, 21, 24 i 25). Els sediments circumdants, quan n'hi havia suficients per a mostrejar-los, estan formats per arenes de diferents mides, des de fines a gruixudes, segons l'estació, i àdhuc grava (estació 25).

Dos emissaris completen el ventall de substrats durs, un d'ells provinent del sector de Terramar-punta de les Coves, amb 1 km de longitud, i l'altre provinent del sector de platja de la Ribera-Bassa Rodona, amb 200 m de recorregut, en tots dos casos dins el

polígon objecte d'estudi. Les immersions han permès observar *in situ* les característiques físiques i l'estat d'aquests emissaris (Figs. 8.22, 8.23 i 9.1).

No és objecte d'aquesta subsecció referir-se *per se* als substrats d'origen biogènic, com ara el rizoma mort (RM) de *Posidonia oceanica*, que es tracten a la subsecció següent.

9.3. Estat de conservació dels hàbitats

L'hàbitat anomenat sorres fangoses (SFF), és a dir, sorres amb certa quantitat de llims i argiles, i també continguts apreciables de MO al sediment, identificat en una secció reduïda de l'àrea d'estudi, mostra que l'acumulació de fangs permet la presència d'espècies de caire més tolerant i oportunista respecte a la contaminació que no pas en altres fons sedimentaris. Vora l'emissari que passa per l'estació 15 (Figs. 7.2 i 8.1) s'acumularien sediments fins i MO associada, provinents dels efluents expulsats per difusors distribuïts al llarg del mateix (Fig. 9.1). Sembla plausible que la presència abundant de fracció fina i MO estiguin relacionades amb la descàrrega que es produeix al final de la canonada. Cal esmentar que, a més de l'estació 15, aquest hàbitat ha estat identificat en altres indrets, com ara les estacions 12, 19 i 30, a fondàries compreses entre 12,8 i 14,3 m (Figs. 7.2 i 8.1, i Annex I) en fons amb reflectivitat intermèdia (Fig. 8.2). Convé esmentar també que hi ha un continu de variació entre l'hàbitat SFF i el de sorres fines (SF), per la qual cosa establir el límit entre un i altre no és del tot senzill.

Per la seva banda, els fons sedimentaris corresponents als hàbitats de sorres fines (SF), sorres gruixudes (SG) i sorres detrítiques (SD) no mostren cap signe de pertorbació, tant si es té en compte els organismes que hi habiten com l'anàlisi visual il·lustrat mitjançant el recull fotogràfic que s'adjunta a aquest informe (Annex IV). Són molt semblants als observats al llarg de tota la costa catalana en hàbitats de sorres fines, sorres gruixudes i fons detrítics sorrencs costaners. Algunes espècies típiques d'aquests hàbitats no han estat, però, observades a les mostres preses per a aquest estudi, fet que pot ser atribuïble a l'estacionalitat que presenten la majoria

d'organismes que viuen al fons marí, essent la tardor i l'hivern l'època en que menys organismes hi ha, tant en nombre d'espècies com d'individus.

Figura 9.1. Descàrrega al medi de material en suspensió per l'emissari de l'estació 15.

La variant de l'hàbitat de sorres fines amb *Cymodocea nodosa* (SF + *Cymodocea*) mostra una distribució molt reduïda a la zona, i més remarcablement, una baixíssima densitat de feixos d'aquesta fanerògama. Tant la superfície ocupada per aquesta variant de l'hàbitat de sorres fines com la densitat de feixos són molt inferiors a les observades per Ballesteros i Fernàndez (2004). La raó ens és desconeguda, ja que *Cymodocea nodosa* és una fanerògama relativament resistent a les pertorbacions. És possible, però, que el temporal Gloria, el passat mes de gener de 2020, hagi modificat aquests dos paràmetres. Efectivament, tots els feixos de *Cymodocea nodosa* observats estaven profundament enterrats a la sorra, fins a 7 cm (Fig. 9.2), la qual cosa suggereix un episodi d'enterrament recent que es podria atribuir a aquest temporal. L'elevada resiliència d'aquesta espècie fa pensar que les seves poblacions es recuperaran durant els propers anys si no hi ha reiteració de grans temporals.

Figura 9.2. Feixos de *Cymodocea nodosa* enterrats a la sorra, probablement com a conseqüència de la remobilització de sediments causada pel temporal Gloria. Fotografia corresponent a l'estació 1.

Hem d'assenyalar també que no hem detectat una influència destacable de l'emissari proper a l'estació 32 (Figs. 7.2 i 8.1) i que la comunitat que s'hi ha observat és la típica de fons de sorres fines. En aquest cas, la situació de l'estació a poca fondària (9,2 m) i l'hidrodinamisme provocat per l'onatge explicaria que aquests sediments es mantinguin nets, és a dir, amb una càrrega de fracció fina baixa.

El rizoma mort de *Posidonia* (RM) és un estadi de degradació de l'alguer, per mortalitat dels seus feixos. En situacions òptimes la quantitat de rizoma mort és escàs, sovint en un percentatge inferior al 5% de l'alguer viu. La considerable extensió de rizoma mort a l'àrea d'estudi indica episodis antics de mortalitats importants de *Posidonia oceanica*. Això no obstant, la comparació de la cartografia d'hàbitats representada a Ballesteros i Fernàndez (2004) i l'obtinguda en aquest estudi sembla indicar que hi ha hagut una lleugera recuperació de l'alguer ja que on l'any 2004 hi

havia només rizoma mort ara s'observen petites taques de *Posidonia* entre el rizoma mort predominant. Això podria indicar una disminució de les pressions que hi havia a l'àrea d'estudi a finals del segle passat i que malmetien aquesta fanerògama marina. Entre els molts efectes que podrien establir la recuperació de l'alguer hi ha la supressió de la pesca d'arrossegament a l'àrea d'estudi (propiciada per una major vigilància o/i per la conscienciació de la flota pesquera) i la recuperació de la qualitat de l'aigua mercès a la construcció i posada en servei de les depuradores d'aigües residuals i industrials de l'àrea metropolitana de Barcelona, així com la disminució de lixiviats provinents de l'abocador de la vall de Joan, al veí massís del Garraf. Donat que la recuperació de *Posidonia* és molt lenta, tot i que la situació favorable es mantingui, la recuperació total dels alguers pot trigar segles, atenent també al fet que els alguers de l'àrea d'estudi encara no tenen una bona condició ecològica. A més, la recurrència de temporals forts, com ara el Gloria, amb recobriment (amb sediment) i abrasió (per partícules sedimentàries en moviment) extensives dels feixos, i descalçament dels rizomes, pot dificultar encara més la recuperació d'aquesta mena de comunitats.

Les fulles de *Posidonia* viva tenen una elevada quantitat d'epífits, la densitat de feixos és baixa i la fragmentació de l'alguer elevada, paràmetres tots ells indicadors d'una baixa qualitat de l'hàbitat. De fet, les dades obtingudes per l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) en la implementació de la Directiva Marc de l'Aigua (Romero et al., 2007) indiquen un estat ecològic "pobre" en els alguers de Sitges, valoració feta utilitzant una gran diversitat d'indicadors de l'estat ecològic i fisiològic de les plantes.

Els fons de roca (algues fotòfiles, AF; algues hemiesciófiles, AH; i còdols, COD) tampoc estan en una bona condició ecològica. Les algues fucals —les millors indicadores d'una bona qualitat de l'aigua— hi són totalment absents i el recobriment algal majoritari es pot identificar com a *turf* (literalment, *gespa*), la qual cosa indica una pobre qualitat ecològica. Les espècies que creixen sobre la roca, tant vegetals com animals, són espècies resistents a la sedimentació i a unes condicions de llum reduïdes per la fondària a què es troben. Les gorgònies han sofert una mortalitat pràcticament total, la qual cosa ha fet desaparèixer els "jardins de gorgònies" que

Ballesteros i Fernàndez (2004) esmentaven. Només alguns exemplars mig morts i les restes dels peus de les antigues gorgònies —ara recobertes per *turf*— recorden l'existència d'aquests "jardins" avui desapareguts (Figs. 9.3 i 9.4). Les causes d'aquesta desaparició s'han de cercar possiblement en l'estesa regressió dels hàbitats dominats per gorgònies a tota la mar Mediterrània, sobretot en aigües situades a menys de 35-40 m de fondària, atribuïdes a l'alta freqüència d'anomalies tèrmiques positives dels darrers anys i a la introducció del patogen *Vibrio corallyliticus* (Bally i Garrabou, 2007; Kersting, 2016).

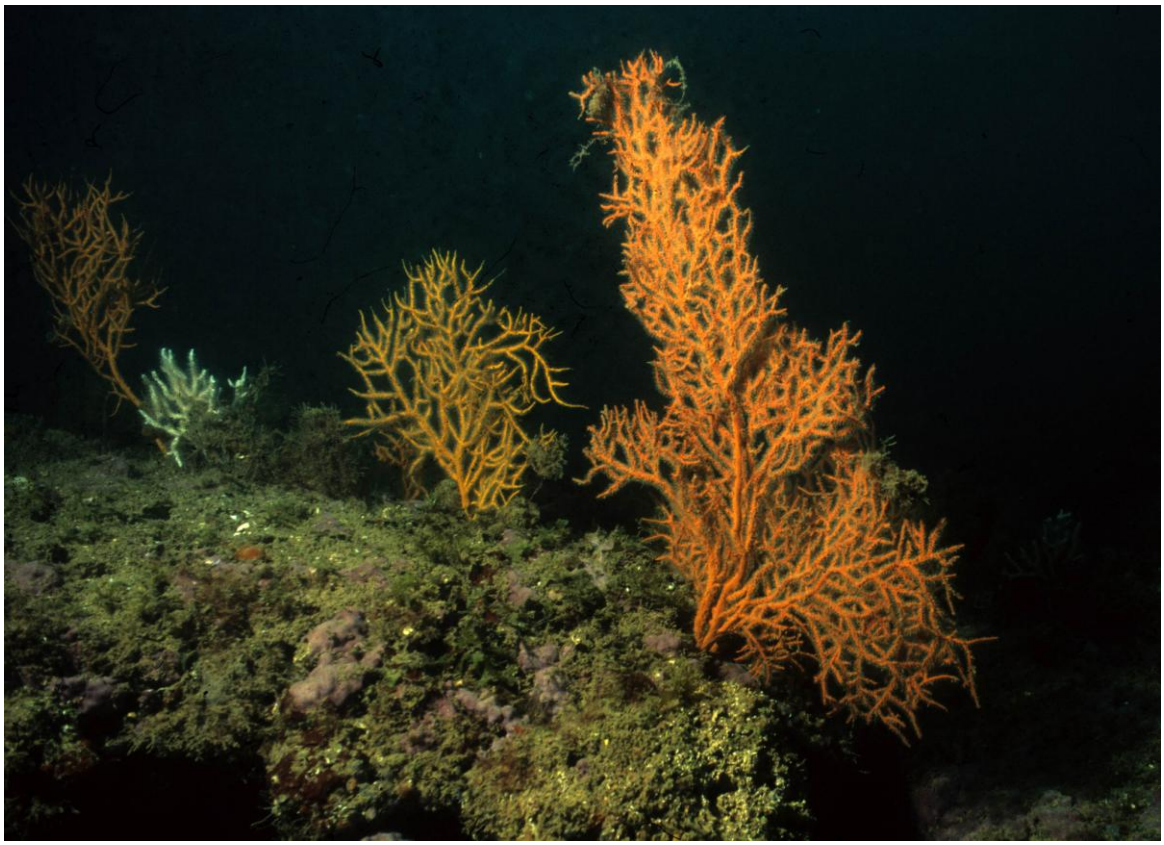


Figura 9.3. Jardí de gorgònies en l'hàbitat d'algues hemiesciòfiles (AH) fotografiat l'any 2004 a l'estació 25.

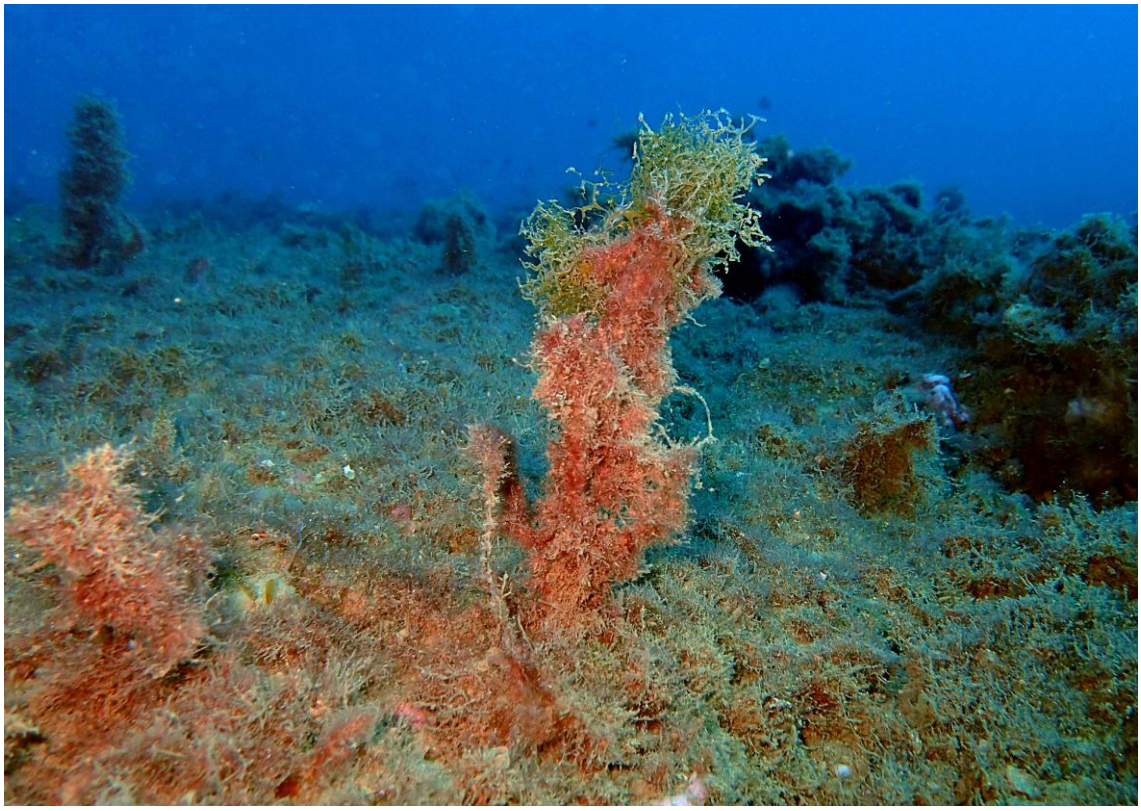


Figura 9.4. Hàbitat d'algues hemiesciòfiles (AH) amb les restes de les gorgònies mortes, fotografiat l'any 2020 a l'estació 25.

Una altra causa de desaparició podria ser la pesca amb palangres i/o xarxes, arts que arrenquen les gorgònies en llevar-los del fons, sobretot en situacions de forts corrents o mala mar que dificulten la recuperació de l'art. Això és constatable visualment per l'elevada quantitat de fils de pesca que s'observen entortolligats a les gorgònies (Fig. 9.5).

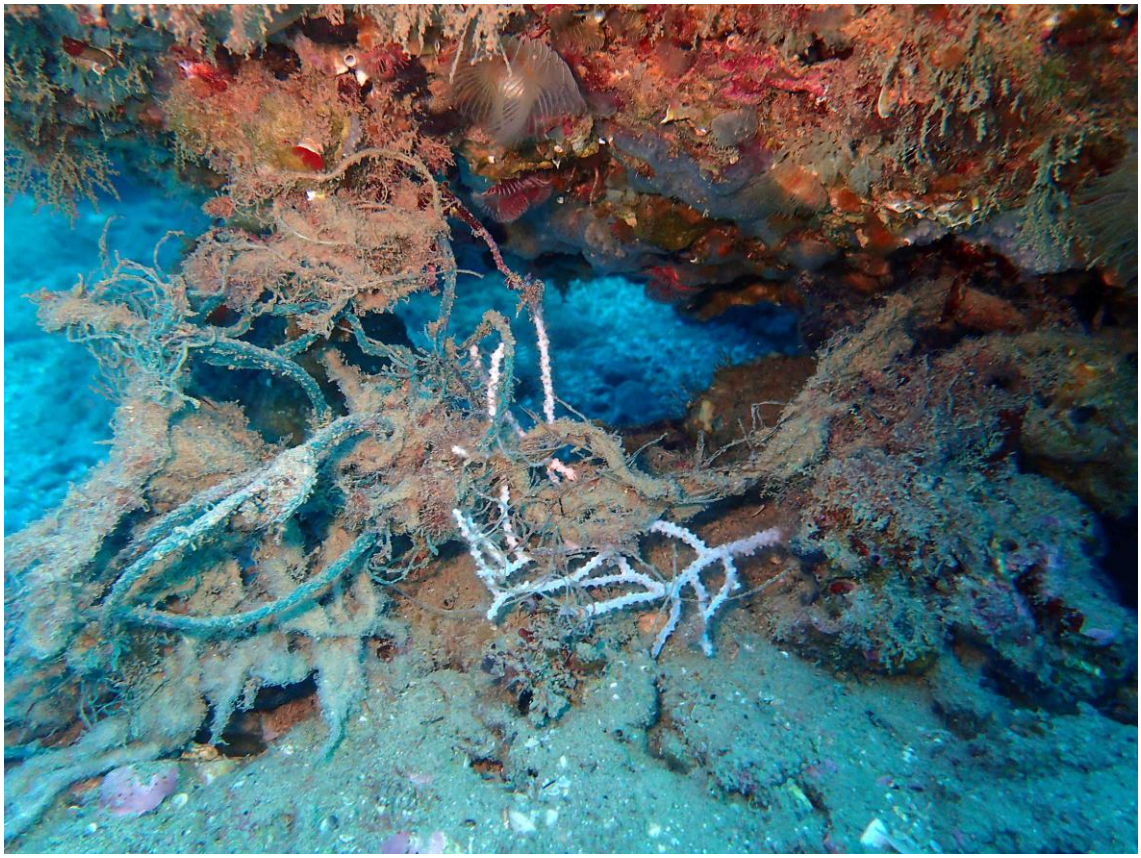


Figura 9.5. Restes d'arts de pesca entortolligades en gorgònies mortes. Fotografia corresponent a l'estació 21.

10. Conclusions i recomanacions

Les dades i observacions recollides en el present estudi condueixen a les següents **conclusions principals**:

I. Es diferencien quatre tipus principals de **resposta acústica** dels fons marins investigats, de molt alta, alta, intermèdia i baixa reflectivitat, les quals són diagnòstiques de les característiques dels sediments i els hàbitats de l'àrea d'estudi. Així, les reflectivitats baixes i intermèdies corresponen a fons d'arenes fines i arenes fangoses, mentre que les reflectivitats altes i molt altes corresponen a rizoma mort de *Posidonia oceanica*, afloraments rocosos i sediments gruixuts, depenent dels indrets concrets.

II. Els **tipus de fons i hàbitat dominant** (69,61% de la superfície total) a l'àrea d'estudi, pel que fa a la seva extensió, és el de sorres fines, ocasionalment fangoses i rarament

amb presència de feixos de *Cymodocea nodosa* (Taula 8.2).

III. El **rizoma mort** de *Posidonia oceanica* ocupa una extensió apreciable de l'àrea d'estudi, on forma tres claps als sectors occidental, central i oriental de la mateixa, entre 10 i 16 m de fondària, segons l'indret. Les dades obtingudes indiquen la continuïtat del rizoma mort cap a majors profunditats, ja fora del polígon prospectat.

IV. Els **sediments més grollers**, de mida arena mitjana-gruixuda i grava, es presenten: (i) com a sorres detrítiques riques en carbonats allà on fa unes poques dècades hi havia alguer de *Posidonia oceanica* i ara, majoritàriament, rizoma mort, i al peu dels escassos afloraments rocosos identificats, i (ii) com a sorres gruixudes netes, amb molt poc carbonat i MO, al sector sud-oriental de l'àrea d'estudi.

V. Els **afloraments de roca** són escassos i de reduïdes dimensions, estant tots ells situats a la meitat occidental de l'àrea d'estudi, entre 9,5 i 13 m de fondària. Sustenten comunitats d'algues fotòfiles (1 afloraments) i d'algues hemiesciòfiles (4 afloraments segurs i 2 probables).

VI. ***Posidonia oceanica*** mostra signes de recuperació incipient respecte a la situació observada l'any 2004 (Ballesteros i Fernàndez, 2004), els quals s'expressen per la presència de petits alguers i mates aïllades entre el rizoma mort predominant. Aquesta millora incipient podria haver estat propiciada per la supressió de la pesca d'arrossegament a l'àrea d'estudi, la recuperació de la qualitat de l'aigua mercès a la construcció i posada en servei de les depuradores d'aigües residuals i industrials de l'àrea metropolitana de Barcelona, i la disminució de lixiviats provinents de l'abocador de deixalles de la vall de Joan. Tot i així, la recuperació completa pot trigar segles, assumint que la situació favorable es mantingui.

VII. En canvi, les **poblacions de gorgònies** pròpies de la comunitat d'algues hemiesciòfiles, com ara *Eunicella verrucosa* i *Leptogorgia sarmentosa*, han patit un fort declivi les darreres dues dècades. On abans hi havia colònies de gorgònies sanes i de bon port ara només hi ha els peus dels seus esquelets, recoberts de *turf* i

pràcticament indistingibles (Figs. 9.3 i 9.4). No hi ha gorgònies totalment sanes i la majoria tenen només un petit percentatge de zona viva. Les causes d'aquest declivi podrien ser les mateixes que han provocat la regressió dels hàbitats dominats per gorgònies a tota la mar Mediterrània, sobretot a menys de 35-40 m de fondària: una alta freqüència d'anomalies tèrmiques positives els darrers anys, la introducció del patogen *Vibrio corallyliticus*, i l'arrencament per arts de pesca enganxades (Fig. 9.5).

VIII . Els efectes del **temporal Gloria** als fons marins objecte d'estudi, 10 mesos després de la seva ocurrència, s'expressen pel recobriment sedimentari de faneròganes, sobretot *Cymodocea nodosa* i més infreqüentment *Posidonia oceanica*, i per l'escapçament de feixos d'aquestes espècies per l'acció abrasiva de les partícules d'arena en moviment. En el cas de *Cymodocea nodosa*, l'alta resiliència de l'espècie permet pronosticar que les seves poblacions es recuperaran els propers anys, sempre i quan no hi hagi reiteració de grans temporals. L'abundància a qualsevol fondària de *ripples* de diferents mides indicadors de transport tractiu a ras de fons, d'aspecte encara fresc en molts indrets, també podria atribuir-se, si més no en part, al Gloria, especialment els de més bona mida, formats en arenes gruixudes a profunditats ja apreciables (13 a 15 m), com els de la cantonada sud-oriental del polígon prospectat (Fig. 8.15).

IX. El tipus de **brossa marina** més comú a l'àrea d'estudi són les restes d'arts de pesca abandonades o enganxades en els escassos afloraments rocosos existents i en els organismes que hi viuen o hi vivien, com ara gorgònies de bon port (Fig. 9.5).

X. Dels dos **emissaris** observats, el situat a ponent, de més diàmetre i més recorregut dins la zona d'estudi, aboca activament fluids i partícules en suspensió al medi (Fig. 9.1), cosa que afavoriria l'acumulació local de fins i concentracions elevades (2,5%) de MO, observades en el sediment més proper.

Pel que fa a les **recomanacions**, i en el benentès que en el millor dels casos els equilibris entre grups de pressió amb interessos sobre un entorn de naturalesa altament dinàmica com és el litoral i gestió pública no són senzills d'assolir i, encara

més, de fer-los sostenibles a mig i llarg termini, però pensant també en els deures de les administracions públiques envers la ciutadania, l'equip de treball de l'estudi considera pertinents les següents:

(i) **Prioritzar la recuperació dels hàbitats**, i especialment dels més sensibles, com ara els alguers de *Posidonia oceanica*[2], els poblaments de *Cymodocea nodosa* i els poblaments de substrat dur amb gorgònies, tot i cercant les col·laboracions i complicitats supramunicipals necessàries, per exemple amb l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB), el Port de Barcelona o l'ACA, ateses la gran influència sobre la qualitat ambiental de l'ecosistema marí de Sitges dels abocaments provinents d'efluents d'EDARs (p.ex., l'EDAR del Prat de Llobregat) de l'AMB i de les actuacions i activitats portuàries, tot i atenent també a les competències sobre la gestió i la qualitat de les aigües de l'ACA.

(ii) **Evitar actuacions**, en allò que estigui a l'abast de l'Ajuntament, que puguin comprometre la incipient recuperació de l'alguer de *Posidonia oceanica* o, si tals actuacions es consideren inevitables, prendre mesures per mirar de minimitzar el seu impacte, tot i reduint també les pressions (p. ex. desguassos d'emissaris propers) tant com sigui possible. Una bona qualitat ecològica és condició *sine qua non* per la sostenibilitat a mig i llarg termini dels hàbitats costaners i de les activitats que suporten.

(iii) Dur a terme un **estudi anàleg i més extensiu** del que aquí es presenta, que inclogui el conjunt dels fons marins del municipi, des de la línia de costa fins 25 m de fondària[3] o fins i tot més, i també la franja compresa entre el límit de terra del polígon ara prospectat i la línia de costa, a fi i efecte de (a) conèixer en la seva totalitat el relleu submarí en aquesta àrea més extensa; (b) determinar els tipus de

[2] Es tracta d'una espècie i hàbitat protegit per llei a Catalunya (ordre del 31 de juliol de 1991) i, per tant, d'obligada protecció, i també per altres figures de protecció d'àmbit estatal i europeu (http://posidoniaoceanica.com/legislacion/). *Cymodocea nodosa* també és protegida per la mateixa llei.

[3] De manera que abraci el límit inferior de l'alguer el qual, donades les característiques ambientals generals no devia superar els 20-22 m de fondària abans que qualsevol acció humana comprometés la seva supervivència.

materials que formen el fons (sediments, roques, rizoma mort, substrats artificials) i la seva extensió, amb atenció especial per determinats tipus de dipòsits i substrats, com ara les sorres gruixudes del sector sud-oriental de l'àrea d'estudi, el rizoma mort de *Posidonia oceanica* o els fons de roca; (c) dimensionar en la seva totalitat l'extensió dels hàbitats, i (d) avaluar el seu estat de conservació.

(iv) Fer un **seguiment periòdic** de l'estat dels fons marins del municipi i dels hàbitats que s'hi desenvolupen, amb atenció especial a les comunitats més vulnerables, i actualment més degradades, com ara l'alguer de *Posidonia oceanica* i les de substrats rocosos. Per afinitat amb els cicles d'avaluació de la Directiva Marc de l'Estratègia Marina europea se suggereix una periodicitat de 6 anys. Per les tècniques i l'estratègia de treball emprades, i pels resultats assolits, el present estudi, recolzat en l'estudi antecedent de l'any 2004, hauria de ser el punt zero del seguiment suggerit.

(v) Fer per **incrementar la vigilància** per evitar dragatges de sorres no declarats, i altres activitats perjudicials dels hàbitats i pertorbadores de les dinàmiques naturals dels fons marins de Sitges, dins l'àrea d'estudi i, més àmpliament, l'àrea indicada al punt (ii), tot i aplicant el principi precautori.

(vi) **Difondre a la ciutadania** els resultats d'aquest estudi, a efectes informatius i de conscienciació sobre l'estat dels hàbitats marins de Sitges, tot i valorant les millors vies per a fer-ho, com ara presentacions i debats públics, col·locació de panells informatius a les platges, realització i difusió d'un documental divulgatiu, o activitats adreçades al món educatiu local, per via presencial i no presencial, segons s'escaigui en cada moment i circumstància.

11. Agraïments

L'equip de treball d'aquest estudi (cf. aptat. 4) vol expressar el seu agraïment al patró i al mecànic de l'embarcació emprada per a l'adquisició de les dades de batimetria de multifeix, pel seu suport i dedicació en tot moment. També volem agrair explícitament la tasca feta per Montserrat Guart, responsable del Laboratori de

Sedimentologia del Departament de Dinàmica de la Terra de la Universitat de Barcelona, per l'àgil i eficient tractament de les mostres de sediment, així com la de Maria Paola Satta en la identificació dels crustacis de les mostres de sediment.

12. Bibliografia

Ballesteros, E., 2019. *Llista dels hàbitats marins de Catalunya*. Generalitat de Catalunya, Departament de Territori i Sostenibilitat, Barcelona, 39 p.

Ballesteros, E. i Fernàndez, N., 2004. *Avaluació de l'estat de les comunitats bentòniques de la zona del Garraf en vistes a la possibilitat d'establir-hi una reserva marina*. CEAB-CSIC, 46 p. + annexos (inèdit).

Bally, M. i Garrabou, J., 2007. Thermodependent bacterial pathogens and mass mortalities in temperate benthic communities: a new case of emerging disease linked to climate change. *Global Change Biology* 13, 2078-2088. Doi: 10.1111/j.1365-2486.2007.01423.x.

Bigot, L., Conand, C., Amouroux, J.M., Frouin, P., Bruggemann, H. i Grémare, A., 2006. Effects of industrial outfalls on tropical macrobenthic sediment communities in Reunion Island (Southwest Indian Ocean). *Marine Pollution Bulletin* 52, 865–880. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2005.11.021.

Canals, M. i Miranda, J. (eds.), 2020. *Sobre el temporal Gloria (19-23.01.20), els seus efectes sobre el país i el que se'n deriva*. Report de Resposta Ràpida (R^3), Institut d'Estudis Catalans, Col·lecció "Informes", Informe de la Secció de Ciències i Tecnologia, Barcelona, 196 p.

Heiri, O., Lotter, A.F. i Lemcke, G., 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology* 25, 101–110.

Kersting, D.K., 2016 (coord.). *Cambio climático en el medio marino español: impactos, vulnerabilidad y adaptación*. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 112 p. + annexos

LacCore, 2013. *Loss-on-ignition standard operating procedure*. LacCore, National Lacustrine Core Facility, University of Minnessota, EUA, 5 p.

López, G.I., 2017. Grain size analysis. In A. S. Gilbert (ed.): *Encyclopedia of Geoarchaeology*, Springer, p. 341-348. Doi: 10.1007/978-1-4020-4409-0.

Romero, J., Martínez-Crego, B., Alcoverro, T. i Pérez, M., 2007. A multivariate index based on the seagrasss *Posidonia oceanica* (POMI) to assess ecological status of coastal waters under the Water Framework Directive (WFD). *Marine Pollution Bulletin* 55, 196-204. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2006.08.032.

http://ideihm.covam.es/wms/cartaENCp5: *Web Map Service* de l'*Instituto Hidrográfico de la Marina*.

http://posidoniaoceanica.com/legislacion/: web sobre legislació i figures de protecció de *Posidonia oceanica* i altres faneròganies marines en els àmbits autonòmic, estatal i europeu.

13. Llistat d'abreviatures

ACA: Agència Catalana de l'Aigua
AF: algues fotòfiles
AH: algues hemiesciòfiles
ALG: alguer de *Posidonia*
AMB: Àrea Metropolitana de Barcelona
CARIS: *Computer Aided Resource Information System*
CEAB: Centre d'Estudis Avançats de Blanes
COD: còdols
COVID-19: *coronavirus disease 2019*
CSIC: *Consejo Superior de Investigaciones Científicas*
DGPS: *Digital Global Positioning System*
EDAR: Estació Depuradora d'Aigües Residuals
EM: Emissaris
ENE: est-nord-est
ESRI: *Environmental Systems Research Institute*
GIS: *Geographic Information System* (programari)
GRC-GM: Grup de Recerca Consolidat en Geociències Marines
HIPS: *Hydrographic Information Processing System* (programari)
ICGC: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya
LOI: *Lost on ignition*
LS: *laser scanner*
MO: matèria orgànica
NNW: nord-nord-oest
RM: rizoma mort (de *Posidonia oceanica*)
RTK: *Real Time Kinematic*
SD: sorres detrítiques
S.D.: sense determinar
SF: sorres fines
SFF: sorres fangoses
SG: sorres gruixudes
SIG: Sistema d'Informació Geogràfica (programari)
SIPS: *Sonar Information Processing System* (programari)
SIS: *Seafloor Information System* (programari)
sp.: espècie no especificada del gènere corresponent
spp.: dues o més espècies del gènere corresponent
SSE: Sud-sud-est
SVP: *sound velocity profiler*
UB: Universitat de Barcelona
µm: micra o micròmetre
WSW: oest-sud-oest

Annexos

Els annexos que acompanyen el present informe s'entreguen separadament en suport digital.

Annex I. Taula resum de les metadades de les estacions d'observació i mostratge, i dels resultats de les observacions i les anàlisis de sediments, i altra informació d'interès

S'entrega separadament en fitxer Excel.

Annex II. Resultats de les anàlisis de mida de gra dels sediments i paràmetres derivats

S'entrega separadament en una carpeta que inclou, per a cadascuna de les mostres analitzades, un document pdf, un document bmp i un fitxer Excel.

Es tracta de les mostres recollides a 41 de les 43 estacions d'observació i mostratge, concretament les estacions 1 a 4, 6 a 23, i 25 a 53. En total són 42 mostres, ja que a les estacions 5 i 24 no hi havia sediment (fons de roca) i a l'estació 36 es recolliren dues mostres (36 i 36bis).

Annex III. Mapes i visualitzacions 3D en format jpg

S'entrega separadament en una carpeta que inclou, en format jpg els mapes i visualitzacions 3D corresponents a les figures 3.1, 7.1, 7.2, 8.1 a 8.12, i 8.24 d'aquest informe.

Annex IV. Recull fotogràfic de les observacions *in situ*

S'entrega separadament en una carpeta que inclou 43 subcarpetes, corresponents a altres tants estacions d'observació i mostratge. Cada subcarpeta inclou, en format jpg, una o més fotografies, prèviament seleccionades, il·lustratives dels tipus de fons, hàbitats i paisatges de les diferents estacions. S'identifiquen individualment les fotografies emprades per il·lustrar el present informe.

Annex V. Comptatges d'organismes dels sediments

S'entrega separadament en document pdf.

Annex VI. Projecte SIG

El projecte SIG de l'estudi s'entrega, com a tal, separadament d'aquest informe.