



**Universitat de les
Illes Balears**

Facultat de Filosofia i Lletres

Memòria del Treball de Fi de Grau

Dinàmica litoral al Migjorn de Mallorca: el cas de Portocolom (Felanitx)

Eduard Cabalín Manresa

Grau de Geografia

Any acadèmic 2019-20

DNI de l'alumne: 43193697D

Treball tutelat per Maurici Ruiz Pérez
Departament de Geografia

S'autoritza la Universitat a incloure aquest treball en el Repositori Institucional per a la seva consulta en accés obert i difusió en línia, amb finalitats exclusivament acadèmiques i d'investigació	Autor		Tutor	
	Sí	No	Sí	No
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Paraules clau del treball:

dinàmica litoral, canvi climàtic, dragat, temporals de llevant, Portocolom, DSAS ...

Index

I.	<i>Llista de figures.....</i>	3
II.	<i>Llista de taules.....</i>	3
III.	<i>Llista de gràfics.....</i>	3
	<i>Resum.....</i>	4
1	<i>Introducció.....</i>	5
2	<i>Estat de l'art.....</i>	6
3	<i>Plantejament del problema científic.....</i>	7
4	<i>Zona d'estudi.....</i>	8
4.1	<i>Clima.....</i>	9
4.2	<i>Geomorfologia litoral, i batimetria del port.....</i>	11
5	<i>Fonts i metodologia.....</i>	13
5.1	<i>Fonts d'informació.....</i>	13
5.2	<i>Metodologia.....</i>	14
5.2.1	<i>Digitalització dels perfils de costa i establiment d'un nivell d'Incertesa ("Uncy").....</i>	14
5.2.2	<i>Datació de les ortofotos.....</i>	16
5.2.3	<i>Transsectes i Ratis.....</i>	17
6	<i>Resultats i Discussió.....</i>	18
7	<i>Conclusions.....</i>	27
8	<i>Agraïments.....</i>	28
9	<i>Referències bibliogràfiques.....</i>	29

I. Llista de figures.

Figura 1. Mapa de localització de l'àrea d'estudi (Portocolom). Font: Ortofotografia (IGN) 2019 Elaboració pròpia. Pàg. 10.

Figura 2. Batimetria de Portocolom del 1976. Elaboració pròpia a partir de serveis WMS de batimetria de SITIBSA-ideib. Pàg. 12.

Figura 3. Elements del procés del DSAS. Elaboració pròpia. Pàg.15.

Figura 4. Representació dels paràmetres SCE i NSM a l'àrea d'estudi. Font: Ortofotografia (IGN) 2019 Elaboració. Pàg.19.

Figura 5. Representació dels paràmetres LRR i WLR a l'àrea d'estudi. Font: Ortofotografia (IGN) 2019 Elaboració pròpia. Pàg. 20.

Figura 6. Fotografies dels diferents depòsits sedimentaris de sa Llengua des Rivetó. Font: Elaboració pròpies. Pàg.21.

Figura 7. Paràmetre LRR i predicció a 10 i 20 anys. Font: Ortofotografia (IGN) 2019 Elaboració pròpia. Pàg. 24.

Figura 8. Es Rivetó segons el Beta Shoreline Forecasting. Font: Ortofotografia (IGN) 2019 Elaboració pròpia. Pàg. 25.

Figura 9. fotografia des de sa Llengua des Rivetó, es poden apreciar diferents usos del espai. Font: Elaboració pròpia. Pàg. 28.

II. Llista de taules.

Taula 1. Ortofotos emprades per l'estudi. Font: Elaboració pròpia. Pàg.13

Taula 2. Composició d'error per el càlcul de la incertesa. Font: Elaboració pròpia. Pàg.16.

III. Llista de gràfics.

Gràfic 1. Evolució per períodes de l'àrea de sa llengua des Rivetó (m2). Font: Elaboració pròpia. Pàg.23.

Gràfic 2. Evolució del àrea del Rivetó segons les ortofotos, i els registres significatius d'onatge anuals. Font: elaboració pròpia a partir dels registres històrics del puertos.es. Pàg.23.

Resum:

La dinàmica litoral de les Illes Mediterrànies és molt sensible a les alteracions provocades pel canvi climàtic i les actuacions humanes a la costa. En aquest estudi s'analitza la variació de la línia de costa de Portocolom (Felanitx, Mallorca) en les darreres dècades (1989/2019). El treball s'ha realitzat a partir de l'anàlisi de ortofotografies històriques de l'Instituto Geográfico Nacional amb el programa ArcMap (Environmental System Research Institute), i les eines de *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS), de l'U.S. Geological Survey. El DSAS ha permès quantificar els processos erosius o d'acreció de la zona. Els resultats indiquen que els processos d'acreció dominen amb una mitjana d'augment en la línia de costa de 3,91 metres, i de fins a 17,75 metres en el sector septentrional de Portocolom (Es Rivetó). Aquest processos mostren una projecció futura en la seva tendència que podria modificar les activitats portuàries de la zona. En concret poria aïllar les embarcacions de de determinades àrees del port i acabar estancant les aigües de la Cala de Camp Roig. Això suposa la necessitat per part de les autoritats competents de considerar la dinàmica natural de la costa com un instrument clau per la gestió sostenible de les activitats portuàries i recreatives de l'àrea.

Paraules claus:

dinàmica litoral, canvi climàtic, dragat, temporals de llevant, Portocolom, DSAS ...

Abstract:

The coastal dynamics of the Mediterranean Islands are very sensitive to the alterations caused by climate change and human actions on the coast. This study analyzes the variation of the coastline of Portocolom (Felanitx, Mallorca) in recent decades (1989/2019). The work has been based on the analysis of historical orthophotographs of the National Geographic Institute with the ArcMap (Environmental System Research Institute) program, and the tools of the Digital Shoreline Analysis System (DSAS), from the U.S. Geological Survey. The DSAS has made it possible to quantify the erosive or accretion processes in the area. The results indicate that the accretion processes dominate with an average increase in the coastline of 3.91 meters, and up to 17.75 meters in the northern sector of Portocolom (Es Rivetó). These processes show a future projection in their trend that could modify the port activities in the area. Specifically, it could isolate boats from certain areas of the port and end up stagnating the waters of the Cala de Camp Roig. This implies the need for the competent authorities to consider the natural dynamics of the coast as a key instrument for the sustainable management of port and recreational activities in the area.

Keywords:

coastal dynamics, climate change, dredging, east storms, Portocolom, DSAS ...

1 Introducció .

La dinàmica litoral inclou un conjunt de processos que genera canvis de forma constant a la línia de costa. Els agents precursors de la dinàmica litoral venen principalment de la mà de fenòmens climàtics com les borrasques que generen l'onatge i corrents marins que transporten els sediments.

Una de les principals conseqüències de les tempestes al litoral és la pèrdua d'arena o l'acumulació d'aquesta en la línia de costa (Moatti, 2016). De fet, l'incessant moviment alternatiu dels materials que s'origina amb l'avanç i el retrocés de l'onada, no es tradueix únicament a un transport dels mateixos cap a dins o cap a fora de la mar, sinó que s'origina també un moviment al llarg de la riba conegut com deriva litoral o deriva de platja (Strahler, 1975 p.570).

Aquests fenòmens atmosfèrics que provoquen les tempestes depenen de variables intrínseques d'origen natural, però la seva freqüència i intensitat també es veu alterada per factors extrínsecs, com l'activitat humana que es considera la principal responsable del canvi climàtic. Tal i com assenyala ", Amengual (2014) "El canvi climàtic provoca un augment en la freqüència dels temporals, així com esdeveniments extrems en l'altura de l'onatge o la variació en la direccionalitat d'aquests".

La Regió Mediterrània és particularment sensible als valors extrems provocats pel canvi climàtic (Giorgi & Lionello, 2008). Així la costa mediterrània, i per tant Balears, ha sofert i segueix sofrint la força dels agents erosius de forma constant. Aquests agents actuen en menor o major intensitat depenent de la geologia i geomorfologia de la zona costanera. Els agents actuen de manera lenta en zones rocoses i més ràpidament en zones de materials tous com els sediments del quaternari (Servera, 2004).

Aquest estudi es centra en l'àmbit geogràfic de Portocolom (Felanitx, Mallorca, Balears), una localitat portuària entre les comarques de Llevant i Migjorn de Mallorca (Figura 1) on la deriva litoral ha produït en els darrers anys canvis sense precedents en la línia de costa interior del port.

A més en aquest indret a part de les dinàmiques naturals, en el procés sedimentari, entra en joc el factor antròpic del dragatge del fons marí com acció per al manteniment del port que ha estat realitzat en varies ocasions per l'administració pública. De fet, el darrer dragatge del port es va realitzar en el període 2005-2007. Aquesta acció extractiva, en ocasions pot provocar un efecte de major incidència sobre el litoral que altres factors naturals derivats de l'onatge i el vent generat per borrasques.

2 Estat de l'art

Les referències científiques respecte a la dinàmica litoral a Balears són nombroses. Entre els seus precedents és destacable el treball de Rosselló i Verger (Rosselló i Verger, 1970) sobre l'onatge i els seus efectes geomòrfics a la costa de Mallorca, i la seva tesis doctoral del 1964 co-editada el 2018 per l'Institut d'Estudis Catalans i l'Institut d'Estudis Baleàrics sobre la geografia regional del sud i sud-est de Mallorca, (Rossello i Verger, 2018).

Destaquen especialment treballs i estudis dedicats a la investigació de la geomorfologia litoral i la classificació de les platges a les Balears tant de forma particular com general (Servera, 2004), (Gómez Pujol & Pons X., 2007). En concret s'ha treballat de forma intensa en l'estudi dels sistemes dunars de les grans platges de les conques quaternàries com són Sa Ràpita, es Trenc, sa Canova d'Artà i sobretot la seva evolució de la costa com és el cas de (Prieto et al., 2016), (Prieto et al., 2018), (Lorenzo-Lacruz et al., 2017) i les més meridionals de l'illa de Menorca com Son Bou (Roig-Munar, 2006).

Altres estudis sobre la configuració i dinàmica dunar a Balears s'ha realitzat a diversos indrets: Son Serra de Marina (Roselló et al., 2017), Cala Torta (Garau, 2015) (Roig-Munar, Francesc Xavier Rodríguez-Perea et al., 2019), (Prieto et al., 2018) i les més meridionals de l'illa de Menorca com Son Bou (Roig-Munar, 2006). També cal destacar alguns estudis en platges de còdols com és el cas del Codolar a Eivissa (Roig-Munar et al., 2012).

També existeixen referències d'estudis sobre la dinàmica litoral i la seva relació amb les comunitats vegetals de les Balears (Roig i Munar, 2001), (Roig i Munar & Prieto, 2005), (Servera, 2004). Són rellevants els treballs de la Societat d'Història Natural de les Illes Balears (SHNIB), (Lorenzo-Lacruz et al., 2017). També són destacables els estudis realitzats per investigadors de la Universitat de les Illes Balears o l'Institut Menorquí d'Estudis entre d'altres (Martín et al., 2020) (Roig-Munar, 2006).

Respecte a l'efecte de les accions humanes sobre el litoral balear existeixen varis estudis sobre la importància d'una regulació sobre les accions de dragat per tal de mantenir la qualitat en la presència de jaciments històrics antics (Riera Rullan et al., 2009) i (Riera Rullán & Martín i Menéndez, 2009).

Malgrat els fenòmens naturals i antròpics tenen una importància notable sobre la dinàmica costera del litoral de Portocolom, les referències bibliogràfiques dedicades a aquesta zona és minva. Destaquem diversos estudis que parlen sobre els dragatges històrics realitzat al port i altres més actuals (2005-2007). Aquests estudis són principalment treballs de camp, de recerca i expedicions arqueològiques dintre del port (Riera Rullan et al., 2009). Cal mencionar també els treballs de Riera i Martín (Riera Rullán & Martín i Menéndez, 2009) i el treball de conscienciació i difusió sobre la importància de cuidar el port davant un dragatge sense control, de la Plataforma en Defensa de Portocolom impulsada per el GOB (Grup Balear d'Ornitologia i defensa de la Naturalesa) (GOB, 2005).

A Portocolom com a cas exemplar de port mediterrani s'ha estudiat la distribució de les espècies vegetals més rellevants: la *Posidònia oceànica*, alga endèmica de les aigües mediterrànies que té presència dintre del port de Portocolom, (Moranta & Vaquer, 2017), i la *Caulerpa taxifolia* alga tòxica invasora (Vicens, 1999).

Els Sistemes de Informació Geogràfica (SIG) com a instrument metodològic per a l'estudi de la dinàmica litoral és essencial quan es pretén tenir un anàlisi de la evolució històrica dels sediments al llarg dels anys. Mitjançant l'ús dels SIG es possible la digitalització de les línies de costa al llarg del temps i avaluar les dinàmiques dels sistemes marins-costaners. L'ús del SIG per a l'estudi del litoral Balear ha estat majoritari en el darrer decenni. L'extensió per ArcMap, DSAS (Digital Shoreline Analysis System) realitzada pel U.S. Geological Survey ha sigut la més utilitzades per avaluar la dinàmica en l'evolució de les platges del Migjorn de Mallorca, (Prieto et al., 2018), (Prieto et al., 2016).

3 Plantejament del problema científic.

El problema científic que es vol resoldre és mantenir i/o millorar la qualitat ambiental del litoral de Portocolom (Felanitx, Mallorca) front als efectes de la dinàmica litoral. Es pretén conèixer les dinàmiques naturals del litoral de Portocolom a partir de l'anàlisi dels processos d'erosió i d'acumulació sedimentaria derivada de factors naturals i antròpics i a partir d'aquests coneixement donar suport a la presa de decisions per al manteniment de l'activitat portuària sense incidir sobre les dinàmiques naturals.

L'objectiu principal és analitzar l'evolució del litoral de Portocolom en els darrers decennis (1989-2020), per a conèixer quina és la tendència i com pot afectar a les activitats que tenen lloc en el port. Les conclusions d'aquest treball seran la base per a, en un futur, determinar la relació entre els canvis a la dinàmica litoral i l'increment de temporals derivats del canvi climàtic i l'acció humana sobre el fons marí del port amb les activitats de dragatge.

Es a dir, des del punt de vista aplicat es planteja com objectiu general donar suport a la presa de decisions a les autoritats competents per a la gestió de les accions sobre el litoral per tal de mantenir la qualitat ambiental de la zona i fer compatibles les activitats recreatives, l'activitat del port i l'amarratge d'embarcacions.

Com a objectius específics es plantegen els següents:

- a. Estudiar la dinàmica litoral /Evolució línia de costa / increment sediment el cas concret de la línia de costa.
- b. Proporcionar material i informació ambiental per servir de base a futurs estudis sobre la incidència en la dinàmica litoral del port dels temporals i dragatges.
- c. Proporcionar una percepció més ampla i documentada sobre la dinàmica litoral per tal d'ajudar a la presa de decisions a les autoritats competents encarregades de les gestions del port i les activitats litorals recreatives a Portocolom.

El treball es realitzarà mitjançant l'aplicació dels Sistemes d'Informació Geogràfica per a la creació d'una base de dades i l'aplicació de funcionalitats analítiques especialitzades en l'estudi de la dinàmica litoral.

4 Zona d'estudi.

Portocolom està situat al municipi de Felanitx, a la comarca del Migjorn. Felanitx és un municipi costaner que limita amb el municipi de Manacor límit nord-oriental, amb Vilafranca de Bonany en el punt més septentrional, amb Porreres al nord-oest, amb Campos en el oest, sud-oest, i amb Santanyí en el límit meridional.

La comarca de Migjorn descriu una geografia física variable composta principalment per la marina de migjorn i llevant que s'estén des del Cap de Ses Salines (Santanyí), fins Sa Punta de n'Amer (St. Llorenç), i la Serra de Llevant que s'aixeca amb altures d'entre els 100-200 metres a Santanyí, arriba al 500 metres al Puig de St. Salvador a Felanitx, i es perllonga cap el nord-est fins el municipi d'Artà.

Portocolom esdevé la única localitat portuària del terme municipal, situada a 10 quilòmetres del nucli urbà de Felanitx. El litoral del municipi cobreix un línia de costa de 20 quilòmetres, sense contar l'àrea interior marítima del port delimitada amb el mar exterior per la bocana del port, que té un aproximadament 75 ha d'aigua, i 5 quilòmetres de perímetre.

L'àrea d'estudi està situada en el litoral septentrional interior de Portocolom (Figura 1). Es tracta d'una franja que compren des de el límit meridional del Arenal des Ases situat a nes Babo, passant per sa Punta des Babo en direcció nord, per ses Casses d'en Suaus, es Rivetó, fins el moll nou de s'Amarador. La línia de costa de l'àrea d'estudi especificada anteriorment té una extensió de 633 metres i una orientació de N a S. La geomorfologia litoral està composta per escull rocosos i acumulacions puntuals de sediment arenós com el cas de sa Llengua des Rivetó, i les platges de s'Arenal des Ases.

Des de la costa cap a la terra es troba primerament una franja de matolls i/o pins (*Pinus Halepensis*), i seguidament la carretera des Far (Ma 4060). Passada la carretera predomina una àrea natural de garriga en l'interior anomenada es Tancat de sa Torre. Des de la costa cap al mar es troba el canal d'aigua que configura la Cala de Camp Roig. Seguidament estan les barraques del nucli urbà de sa Colònia que es distribueixen en la línia de costa direcció nord-est des del moll d'en Perelló fins s'Amarador i el moll nou.

Els primers assentaments urbans foren en el nucli de sa Colònia (figura 1). Aquestes instal·lacions i habitatges de pescadors foren les pioneres a pesar de l'exposició dels assentament costers als atacs dels corsaris de l'època. Posteriorment es va anar eixamplant fins configurar l'Aduana (Aguiló, 1991). La urbanització del port va començar a augmentar amb el comerç de productes com el vi, alcohol, fruits secs com les ametlles, la importació de cereals, i altres aliments de primera necessitat. (Ajuntament de Felanitx, 2020).

El 1954 es construeix el primer establiment hotelier, l'hostal Portocolom, i 40 anys després, en el 1994 ja existien 21 establiments turístics, entre hotels, apartaments i apart-hotels. Amb el pas dels anys la utilitat del port va canviant juntament amb les costums de la població i la societat mallorquina. En poques dècades el turisme arraiga al port i les residències d'estiu els hotels i el "lobby" nàutic comencen a transformar d'una manera més intensa la activitat econòmica del port. Així doncs, la major part de l'activitat econòmica del port ja es de tipus recreatiu, amb fondeigs dels vaixells d'esbarjo.

El major impuls d'urbanització de la zona es deu a la construcció del port esportiu en front al Pla de sa Sínia el 1979, que inclou una obra per poder acollir 252 amarratges. És important assenyalar que en l'actualitat el nombre d'amarratges s'ha duplicat fins a 452.

4.1 Clima

El clima al sud-est de Mallorca és relativament més àrid respecte a les altres comarques de l'illa. Les precipitacions oscil·len entre 300-600 mm, anuals, encara que a Portocolom es solen registrar entre 500-600mm. Cal destacar que el caràcter del clima mediterrani tendeix a sofrir contrastos entre la pluviometria d'un any per l'altre. "El contraste como rasgo característico del clima mediterráneo; después de un año de sequía puede muy bien seguirse otro extraordinariamente lluvioso". (Rosselló i Verger, 1964, pp. 73-75).

L'estació meteorològica automàtica B434 de l'Agència Estatal de Meteorologia (AEMET) situada al Far de Portocolom es troba al capdamunt d'un penya-segat litoral a 17 m d'altitud sobre el nivell del mar. Motiu per considerar-la una localització plenament marítima representatiu.

Segons Alomar Garau (2013), a l'hivern els vents diürns tenen, en termes generals, un caràcter no marítim, i són predominants les freqüències del tercer quadrant (OSO, sobretot, amb un màxim a desembre. Mentre que a l'estiu predominen el S i els vents del primer i segon quadrants (ENE, sobretot), gairebé hegemònics al mes de juliol. Es important conèixer que els vents del S (Sud), per la seva orientació amb l'entrada de la bocana, que s'imposen des d'abril a octubre.

La procedència de les ones al litoral oriental es presenta preferentment del NE (30°) i del SO (210°-220°), si bé hi ha una certa freqüència de les direccions SE i E. (Alomar Garau, 2013). Durant les borrasques provinents del Llevant, Sud-Est i Est, és quant tenim els períodes d'onatge més importants. Els pics d'altura més elevats solen trobar-se entre els 4 i 7 metres d'altura. Aquests temporals solen arribar entre la tardor i la primavera, amb una freqüència casi anual, que en ocasions deixa episodis de riscs marítim. Amb un seguiment més detallat es podria observar el transport de sediments directament relacionat amb els temporals de Llevant tal sobre la variació de la línia de costa en funció d'un clima d'onatge moderat-baix.



Figura 1: Mapa de localització de l'àrea d'estudi (Portocolom).

El litoral marcat com a rocós o arenós compren la línia de costa de l'estudi. A la dreta de la figura s'incorporen tres imatges. La primera a) feta des de s'Amarador mirant cap al Rivetó, la segona b) feta des de sa Llengüa des Rivetó direcció sa Colònia i Cala Camp Roig, la tercera c) des de s'Arenal des Ases en direcció es Babo.

Font: Ortofotografia PNOA 2019 (IGN). Elaboració pròpia.

4.2 Geomorfologia litoral, i batimetria del port.

La geomorfologia litoral del municipi de Felanitx, igual que la dels municipis limítrofs de Santanyí i Manacor, està dominada per la marina de Llevant. La composició geològica d'aquesta marina és de calcàries organogèniques del Miocè superior, mentre que la unitat geomorfològica està principalment caracteritzada per penya-segats que varien en una alçada d'entre els 10 i 30 metres. Segons Servera (2004 p. 61), "En les plataformes actuals predomina l'erosió mecànica com a conseqüència de l'abrasió que l'onatge provoca amb la remobilització del material que es desprèn dels nivells superiors".

A l'interior del Port, on trobem la zona d'estudi, predomina una línia de costa baixa que intermitentment varia entre els esculls de corall del miocè més erosionats, i els sediments de gra entremig i gruixat (Figura 4). El sediment forma acumulacions de mesures diferents en alguns punts de l'interior del port. Així doncs, trobem varies platges que segons els registres històrics han romàs permanentment situades en el tall nord-est/sud-est de l'interior del port. Formades per l'influència del sediment que aporta la deriva litoral condicionada per l'onatge que entra per la orientació sud-est de la bocana. Aquestes són, S'Arenal Petit, S'Arenal (no pertanyents a l'àrea d'estudi) Gran i el Babo i des del 2018 la llengua des Rivetó (situada a l'entrada d'aigua antigament anomenada Cala Camp Roig).

La batimetria del port variar segons la proximitat a la bocana (Figura 2-3). En l'àrea d'estudi com es pot observar en la Figura 2, varia entre els 0,1 metres en el punt més septentrional de cala Camp Roig, fins al 1,4 metres en els esculls entre es Babo i s'Arenal Gros. La darrera batimetria de B.H. Pollux realitzada el 1978, indica valors semblant, amb el franja que indica un canal de 1,7 metres entre la costa oriental des Rivetó i les barraques de sa Colònia.

El Port pertany a la figura de protecció de Lloc d'Interès Comunitari de la costa de Llevant, per la tipologia de costa, de flora, i fauna. Les praderes de *Posidònia oceànica* són la comunitat amb major valor especial d'interès de les aigües properes. Aquestes praderes es presenten en la mitat meridional de la badia, en àrees properes a la bocana i més profundes, entre els 3-4 metres.

Segons Vicens (1999) en la zona del Rivetó, i el Babo, la comunitat vegetal dominant és la espècies invasora *Caulerpa prolifera*, que es troba entre els 0,5-2 metres de profunditat. Es podem trobar alguns peus de posidònia en relatiu bon estat en les aigües entre es moll d'en Perelló i sa Punta des Babo.



Figura 2. Batimetria de Portocolom del 1976
Font: Carta nàutica de Portocolom del 1976. Elaboració pròpia a partir de serveis WMS de batimetria de SITIBSA-ideib.

5 Fonts i metodologia.

5.1 Fonts d'informació

Per al procés de recull, i adquisició d'informació bibliogràfica s'han emprat les plataformes *on-line* de Dialnet, Google Acadèmic, Mendeley, Science Direct entre d'altres.

Taula 1. Informació geogràfica i instruments metodològics utilitzats. Font: Elaboració pròpia

Dades	Font	Data	Nom del fitxer
Pla Nacional Ortofotografia PNOA	Instituto Geográfico Nacional	2019	PNOA-MA-OF-ETRS89-HU31-H50-0725
		2015	PNOA-ANUAL-2015-OF-ETRS89-HU31-H50-0725
		2012	PNOA-ANUAL-2012-OF-ETRS89-HU31-H50-0725
		2010	PNOA-ANUAL-2010-OF-ETRS89-HU31-H50-0725
		2008	PNOA-ANUAL-2008-OF-ETRS89-HU31-H50-0725
		2006	PNOA-ANUAL-2006-OF-ETRS89-HU31-H50-0725
		2002	PNOA-H-SIGPAC-OF-ETRS89-HU31-H50-0725
		1989	72500267532
Consulta WMS	SITIBSA-ideib	2019	Toponímia
Consulta WMS	SITIBSA-ideib	1976	Batimetria
Recull dades onatge	http://puertos.es	1989-2020	Punt SIMAR 2124113
Instruments	Fonts	Data	Descripció
ArcMap extention	https://pubs.er.usgs.gov	2018	Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 5.0 User Guide

Per a la realització de l'estudi s'ha utilitzat cartografia obtinguda a partir de la consulta de diversos serveis cartogràfics (Web Map Services - WMS) proveïts per la l'IDEIB (Infraestructura de dades espacials de les Illes Balears) del Govern de les Illes Balears a través de l'empresa SITIBSA, corresponents a diverses variables territorials: divisió municipal, cartes nàutiques batimetria, toponímia, i la fotografia aèria corresponent a l'any 2001, municipis, batimetria, imatges satèl·lit, i toponímia (Taula 1).

Les ortofotos necessàries per al desenvolupament de l'estudi s'han descarregat en el Centre de Descàrregues del Centre Nacional d'Informació Geogràfica (CNIG).

(<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>).

Per l'anàlisi de fenòmens costers s'ha fet una recerca a la pàgina de Puertos del Estado (<http://puertos.es>) del període d'onatge màxim segons el Punt SIMAR 2124113 com a boia més propera del Port de Portocolom.

5.2 Metodologia

Per a l'assoliment dels objectius plantejats en aquest treball, s'utilitzarà com a instrument metodològic el programa de Sistemes d'Informació Geogràfica ArcMap v. 10.5 amb l'extensió Digital Shoreline Analysis System (USGS, 2018).

El model DSAS genera de forma automatitzada línies transsectes perpendiculars a una línia de costa base o promig obtinguda a partir de diverses línies de costa d'una sèrie temporal de la mateixa zona. Les interseccions dels transsectes amb les diferents línies de costa permeten calcular la taxa de canvis experimentats a la costa i fer prediccions futures en la seva evolució (Bouchahma et al., 2012)

La implementació del DSAS ha estat realitzada en les següents fases:

- Digitalització dels perfils de costa de forma individual. Al nostre cas 8 perfils. La digitalització es realitza a partir d'una ortofotografia que serveix de base. Cada fitxer inclou un nivell d'incertesa derivat de la resolució de l'ortofoto utilitzada i la qualitat de la digitalització (Figura 3). (Apartat 5.2.1.). A més de la digitalització es necessària la datació precisa de cada ortofotografia (Apartat 5.2.2.).
- Unió de tots els perfils de costa digitalitzats (al nostre cas 8) en un sol arxiu (aplicació de la instrucció *Merge d'ArcMap*) i la generació d'un àrea d'influència de 20 metres (aplicació de la instrucció *Buffer d'ArcMap*), per a la obtenció d'una línia de costa base (*Base Line*). (Figura 3).
- Generació dels transsectes. Al nostre cas s'ha elegit una equidistància de 10 m. (Figura 3).
- Càlcul dels indicadors de dinàmica litoral i desenvolupament d'un model de predicció (Apartat 5.2.3.).

5.2.1 Digitalització dels perfils de costa i establiment d'un nivell d'incertesa ("Uncy")

La primera fase consisteix en la digitalització dels perfils de costa del litoral d Portocolom corresponents a diversos períodes de temps. "La línia banyada per l'aigua es considerada com la línia de costa i es digitalitza manualment amb ArcMap" (Himmelstoss et al., 2018). La digitalització de les línies de costa de les ortofotos descarregades dona lloc a la creació de 8 arxius vectorials.

S'ha d'especificar per a cada línia de costa un valor global d'incertesa, que ha de tenir en compte tant les incerteses posicionals com les de mesurament. Per calcular la incertesa s'ha seguit una metodologia basada en el càlcul del umbral d'error del estudi. Per el que s'ha aplicat la formula (1):

$$Et = \sqrt{(Ed + Er)^2} \quad (1)$$

Et: Uncertainty

Ed: Error de digitalització

Er: Error d'escaneig/píxel

Per calcular el valor de l'error de digitalització, es dibuixen dues línies per a cada ortofoto, i després es calcula la distància entre les dues línies en 5 punts diferents. Finalment calculem la mitjana dels 5 punts per obtenir la distància mitja entre les dues línies. D'aquesta manera tenim un valor sobre el llinar d'error de cada ortofoto. A partir dels valors aconseguït amb la mitjana es digitalitzen un nou punt centrat entre els 10

punts realitzats i, procedim a dibuixar un tercer traçat entre les dues anteriors per aconseguir una major precisió.

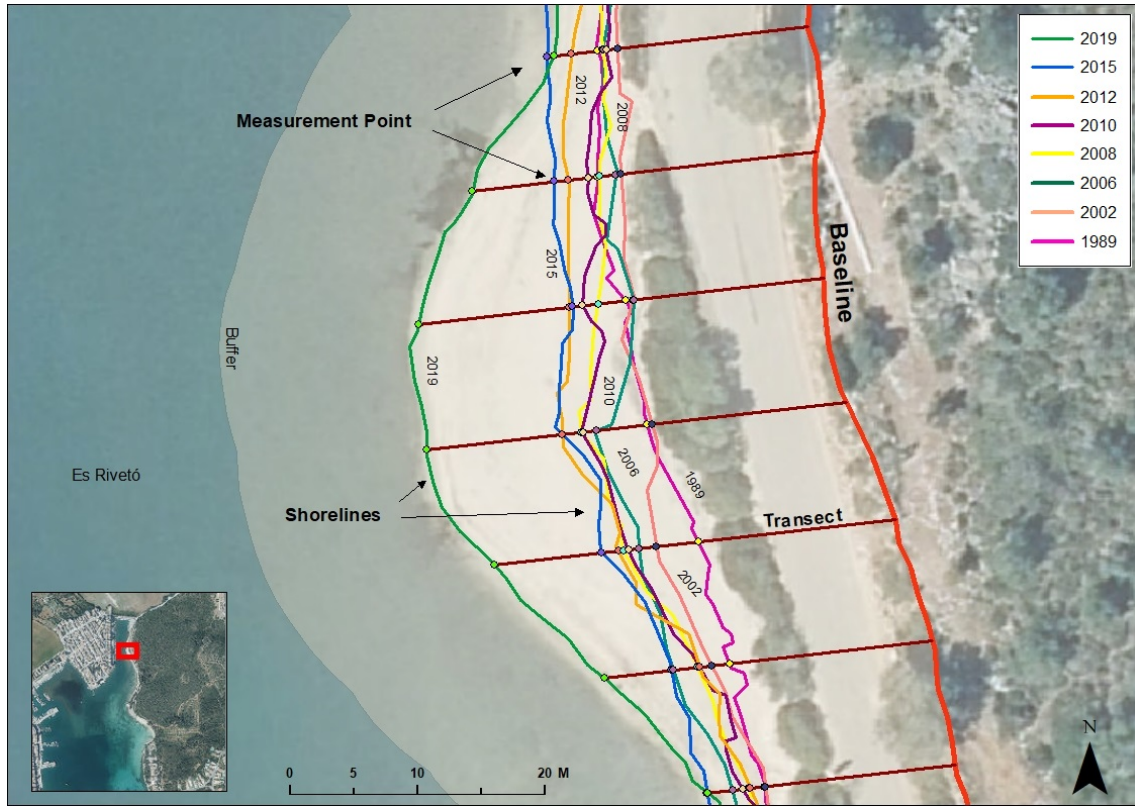


Figura 3. Elements del procés d'aplicació del DSAS.
Font: Ortofotografia PNOA 2019 (IGN) Elaboració pròpia.

L'error de resolució de les ortofotos es descriu a les seves metadades obtingudes a la pàgina del CNIG d'on s'han descarregat. Com es pot observar a la Taula 2 amb el pas dels anys i la millora de les càmeres dels vols aeris, la resolució millora i l'error de píxel es redueix considerablement.

Taula 2. Càlcul del *Uncertainty*.
S'han aplicat els error a la fórmula per aconseguir els valors d'incertesa.
Font: Elaboració pròpia.

Ortofoto	Err. Digitalització (m)	Err. Resolució (m)	Uncertainty
1989	0,798	0,5	1,13
2002	0,791	0,4	1,02
2006	0,562	0,5	0,77
2008	0,615	0,5	0,87
2010	0,456	0,25	0,45
2012	0,701	0,25	0,74
2015	0,513	0,25	0,51
2019	0,526	0,15	0,54

5.2.2 Datació de les ortofotos.

L'extensió DSAS demana la datació per dia mes i anys de cada ortofoto emprada. El marge de datació dels vols aeris segons el centre de descàrregues, poden tenir un interval poc precís en la seva majoria. Per exemple, en l'ortofoto del 2002 únicament informen que es va fotografiar un el període del gener al desembre del 2002, en canvi en l'ortofoto del 2008 el període del vol és des del juliol al octubre.

Per tal de reduir aquest marge al mínim, i obtenir una datació més específica s'ha realitzat una anàlisi detallada de cada una de les ortofotografies. Els elements a tenir en compte són: l'observació de gent i turistes en les platges, la instal·lació de la plataforma de la platja del arenal del port, la quantitat de vaixells fondejats, la instal·lació dels para-sols a la platja de Cala Marçal, i l'estat de les aigües de les piscines dels hotels i particulars (verdes o blaves). La consideració conjunta dels factors anteriors permet determinar aproximadament el mes aproximat en que va ser realitzada cada una de les ortofotografies. Una vegada coneixem el mes de la ortofoto introduïm el darrer dia de cada mes per defecte en la datació de manera que el DSAS ja pot treballar amb una data concreta.

Així queden les dates aproximades de les ortofotografies considerades en aquest estudi:

- 1989: Sitibsa (01-12/1989). Es pot observar que està realitzada entre el **07-08** per la gent a les platges, la quantitat de vaixells. 08/31/1989.
- 2002: Sitibsa (07-10/2002). Descartem el mesos d'estiu per la falta gent a les platges, pocs vaixells, piscines verdes en alguns casos, però tenim la plataforma, per tant suposem que data del **10**. 05/31/2012
- 2006: Sitibsa (07-10/2006). Mesos d'estiu, trobem la plataforma, gent, vaixells i piscines blaves. Per tant està realitzada entre els mesos **07-08**. 8/31/2006.
- 2008: Sitibsa (07-10/2008). Mesos d'estiu, plataforma, gent, vaixells, i piscines blaves per tant també està realitzada durant el període **07-08**. 08/31/2008
- 2010: Sitibsa (09-12/2010, 01-04/2011). Finals d'estiu, gent però no excessiva, plataforma, aigua de les piscines blava, alguns vaixells per damunt de la mitjana de l'hivern. Suposem que està realitzada el **09/10** del 2010. 09/30/2010
- 2012: Sitibsa (04-05/2012). No hi ha gent, si tenim els para-sols instal·lats (o en instal·lació), no hi ha plataforma, alguns vaixells, i piscines blaves. Suposem que es més probable que sigui del **05** no és descarta el 04. 05/31/2012
- 2015: Sitibsa (04-05/2015). Poca gent, no plataforma, algun vaixells entrant a la bocana, piscines majorment blaves, s'estima que la ortofoto sigui del **04**, no es descarta el 05. 04/30/2015
- 2019: Sitibsa (27/03-14/05/2019). No gent, no plataforma, pocs vaixells, alguna piscina verda, podria ser **03-04**. 04/30/2019.

5.2.3 Transsectes i Ratis.

El transsectes són sectors perpendiculars a la línia base que divideixen la costa en funció del interval desitjat, que mostren l'evolució espacial/temporal de les diferents digitalitzacions. Segons Douglas & Crowell (2000) ; Thieler & Danforth (1994), a partir d'aquí, el DSAS ofereix varies estadístiques fonamentals per el anàlisi de la zona d'estudi (Prieto et al., 2016). En l'àrea d'estudi s'han aplicat 63 transsectes en intervals de 10 metres per cobrir els 633 metres de línia de costa.

Els indicadors estadístics que hem utilitzat en aquest estudi són els següents:

- El Shoreline Change Envelope (SCE) mostra quins transsectes que tenen una variació més alta entre les diferents línies de costa, sense tenir en compte les dates. Per tant, indica en quines zones hi ha hagut més dinamisme en funció de si han sofert acreció o erosió de sediment.
- El Net Shoreline Movement (NSM) representa la distancia entre les línies de costa tenint en compte les dates. D'aquesta manera existeix una mostra explícita de la variació més recent respecte a la més antiga, però no és necessari que coincideixin en línies de màxima variació.
- El paràmetre de Linear Regression (LLR) s'empra per calcular les tendències en els canvis de la línia de costa, de manera que es pot obtenir un rati de quina serà la predicció futura per la línia de costa de manera més acurada. Aquest paràmetre resulta útil en períodes llargs d'estudi, i es considera un dels mètodes més fiables. "En el càlcul d'aquest mètode la regressió lineal es calculada a través de la intersecció de punts de cada transsecte i la pendent constitueix la taxa del canvi expressada en metres/any". (Martín Prieto et al., 2015).
- El darrer paràmetre emprat és el Weighted Linear Regression (WLR). La informació representada per la recta de regressió ponderada és útil per conèixer quines zones de l'àrea de la costa ha sigut històricament més o menys vulnerables als canvis soferts. Per exemple si existeix una zona en la que històricament la acreció ha pogut tenir un comportament més intens. Es a dir detecta possibles zones de vulnerabilitat erosiva (Viridis, 2012).

Una vegada obtinguts els indicadors comentats, també és interessant aplicar l'eina del DSAS anomenada Beta Shoreline Forecasting. El (BSF), o Pronòstic de la Costa Beta, crea horitzons de la costa futura calculats amb les bandes de incertesa per obtenir una interpretació avançada dels canvis prevists.

6 Resultats i Discussió.

Els resultats mostren que al llarg del període de 1989-2019 el Shoreline Change Envelope (SCE) i Net Shoreline Movement (NSM) presenten els valors extrems en la variació de la línia de costa a les àrees del Rivetó i s'Arenal des Ases (Figura 4).

El SCE mostra que el major rang de distància entre les digitalitzacions de la costa es troba en la zona des Rivetó, especialment en la Llengüa des Rivetó. S'Arenal des Ases, situat en el sud de l'àrea d'estudi, mostra valors alts en variació litoral. També s'ha de dir que dintre del arenal, la platja més septentrional representa entre 2 i 4 transectes amb valors quasi tan alts com la Llengua del Rivetó.

El NSM ens mostra que aquestes zones assenyalades també han experimentat el major dinamisme als processos erosius i sedimentaris entre les dates considerades (1989-2019). En concret els valors de NSM obtinguts ens constata certa tendència a l'acumulació de sediments amb el pas del temps en aquests sectors.

A la Figura 4, en relació als paràmetres SCE i NSM, la llegenda mostra que l'interval màxim de variació del sediments es troba, entre els 10 i els 18 metres. Els valors positius dels paràmetres aplicats indiquen que en la línia de costa septentrional de Portocolom existeix un procés d'acreció de sediments. Aquesta accreció es pot apreciar amb major intensitat sobre els sectors des Rivetó i del Arenal des Ases, on els valors positius són elevats si els comparem amb la resta de la línia de costa de l'àrea d'estudi.

La mitjana d'acreció de sediments segons el NSM indica que la línia de costa ha augmentat en 3,91 metres, mentre que únicament el 7,94% dels transectes generats mostren valors negatius d'erosió. L'erosió, es presenta en intervals molt propers al valor 0. Aquests intervals d'entre -3.0 i +2 metres s'apropen a valors neutres.

Com s'explica en el manual de l'extensió DSAS (Himmelstoss et al., 2018), els valors més propers a 0 de cada estudi poden pertànyer a valors condicionats per el "Uncy" explicat en l'apartat 5.2.1, ja que per la seva proximitat a 0, el valor d'incertesa pot determinar la decantació del signe +/- del valor d'un transecte. No obstant, la interpretació pot incorporar un factor de subjectivitat depenent de cada àrea d'estudi, ja que les característiques particulars influeixen en que els marges d'error siguin majors o menors. En el cas de Portocolom i en general a la mar Mediterrània, la incertesa té valors menors per la falta de mareas, i/o la menor continuïtat d'onatge.

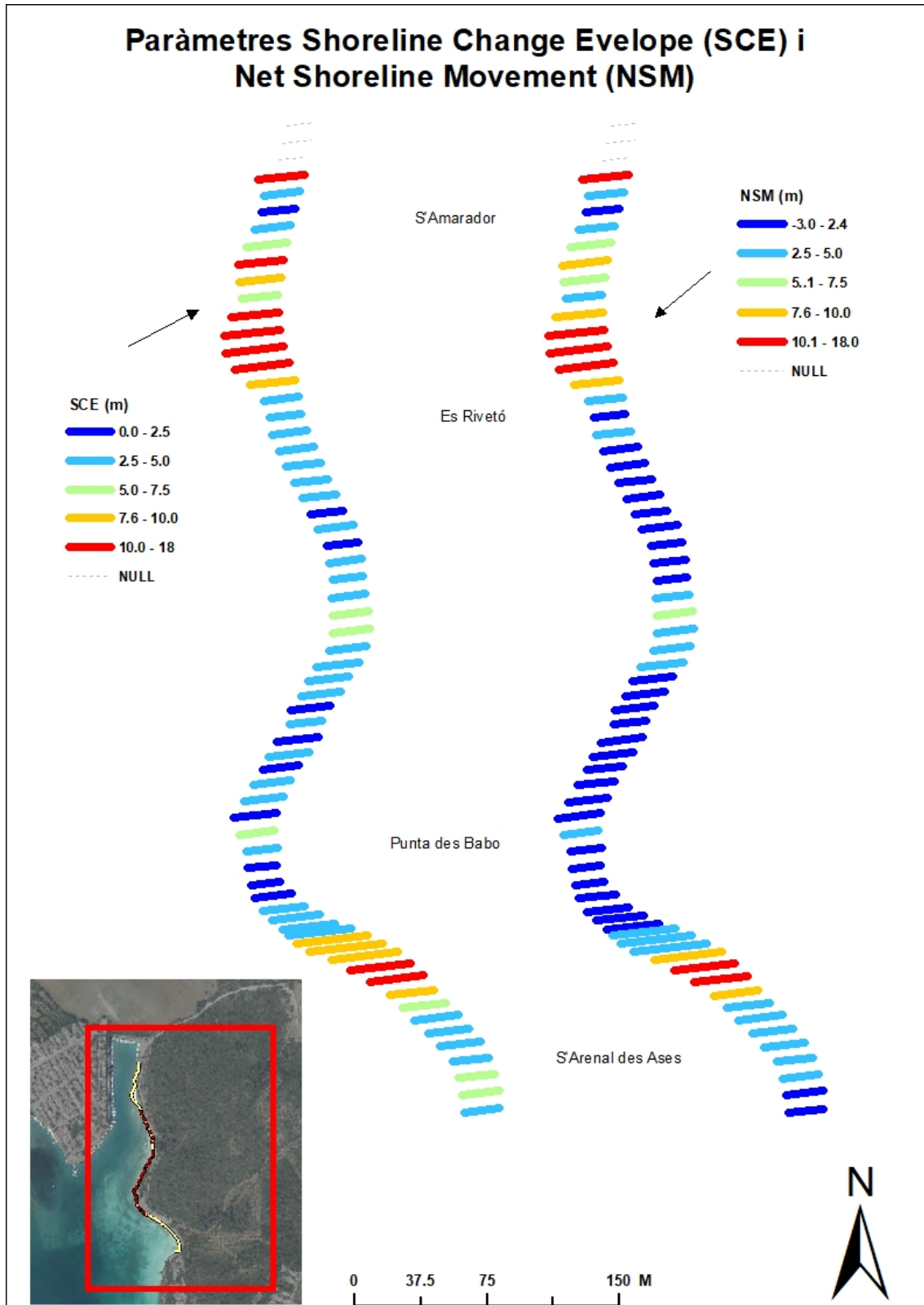


Figura 4. Representació dels paràmetres SCE i NSM a l'àrea d'estudi. L'aigua es troba en la posició esquerra respecte a cada representació. En la part inferior esquerra es pot apreciar la distribució de la costa amb ortofoto.

Font: Ortofotografia PNOA 2019 (IGN), elaboració pròpia.

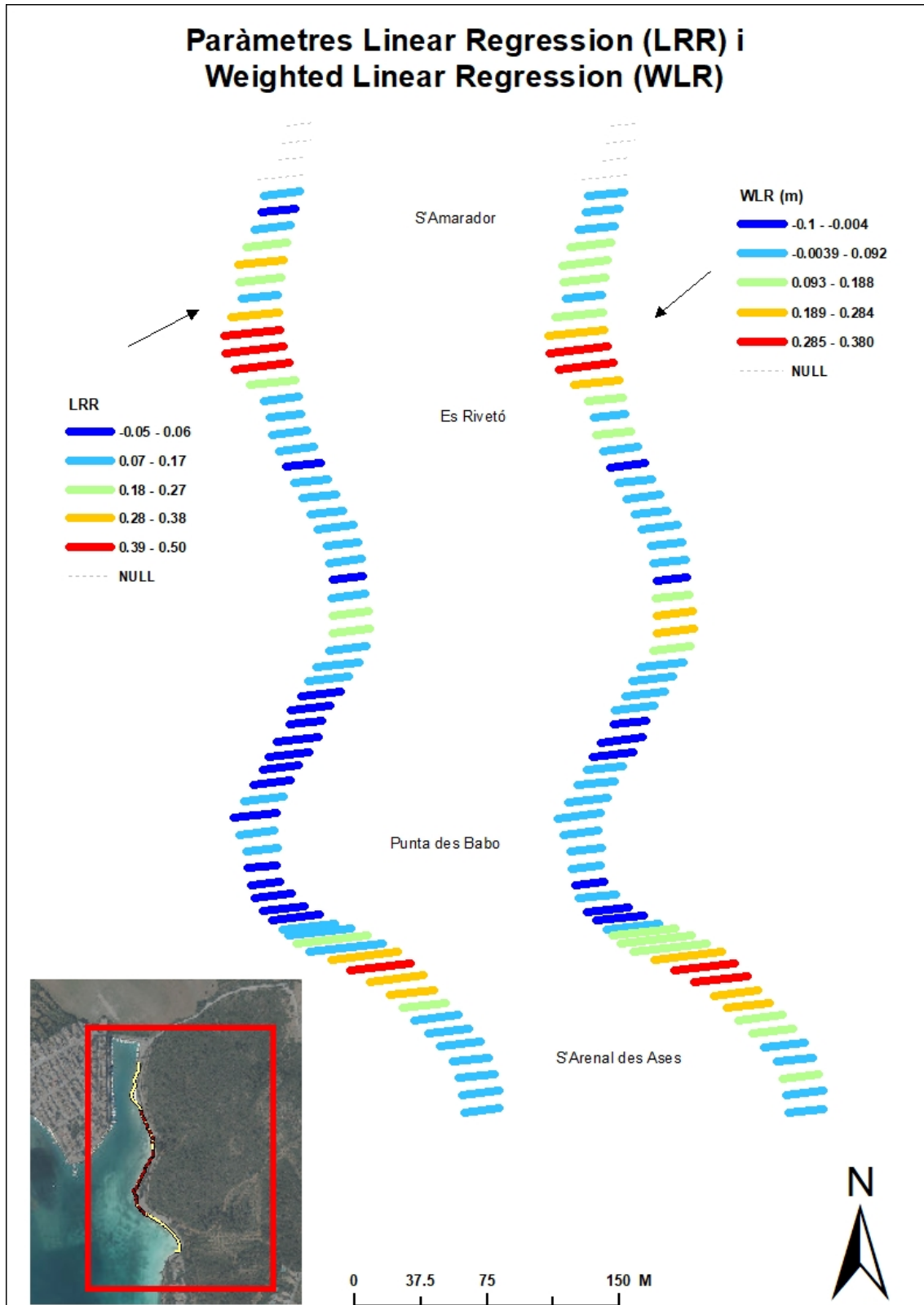


Figura 5. Representació dels paràmetres LRR i WLR a l'àrea d'estudi. L'aigua es troba en la posició esquerra respecte a cada representació. (En la part inferior esquerra es pot apreciar la distribució de la costa amb ortofoto).

Font: Ortofotografia PNOA 2019 (IGN), elaboració pròpia.

El paràmetre de Regressió Lineal (LRR), representat en la Figura 5, expressa amb tonalitats més vermelloses aquelles àrees de la zona d'estudi que tendeixen a sofrir acreció amb major quantitat amb el pas dels anys. "El paràmetre LRR, s'entén com un dels més fiables a l'hora de predir les tendències futures en els transectes" (Prieto et al., 2018).

En la Figura 5, es pot apreciar com segons el paràmetre de Regressió Lineal Ponderada (WLR) la zona on històricament ha hagut més variació i dinamisme de la costa és el sector del Rivetó (especialment sa Llengua des Rivetó). També cal mencionar el sector de la platja de s'Arenal des Ases, on s'observa un valor alt en variació històrica de la costa. Els dos sectors assoleixen els valors màxims de variació històrica de fins 0,38 metres per any. Entre ses antigues cases den Suau, i es Rivetó, existeix una petita zona on dos transectes mostren variació positiva d'entre els 0,093 i els 0,284 metres. Aquesta darrera no representa un canvi rellevant, però mostra uns valors intermedis en relació a la mostra de dades. La majoria del escull rocós mostra uns valors molt baixos de dinamisme, on l'acumulació de sediment ha sigut quasi nul·la.

En quant a sector des Rivetó, aquest torna a mostrar els valors més extrems en acreció per acumulació de sediment. La mitjana segons la regressió lineal en els transectes més exposats és de 0,39 a 0,50 metres anuals. Si apropem la vista a la llengua formada per el Rivetó, observem com s'acumula el sediment formant una entrada d'arena a la Cala Camp Roig. Les acumulacions temporals de nou sediment deixen esglaons ben diferenciats entre ells, amb diferents tipologies de mesures del gra (figura 6).

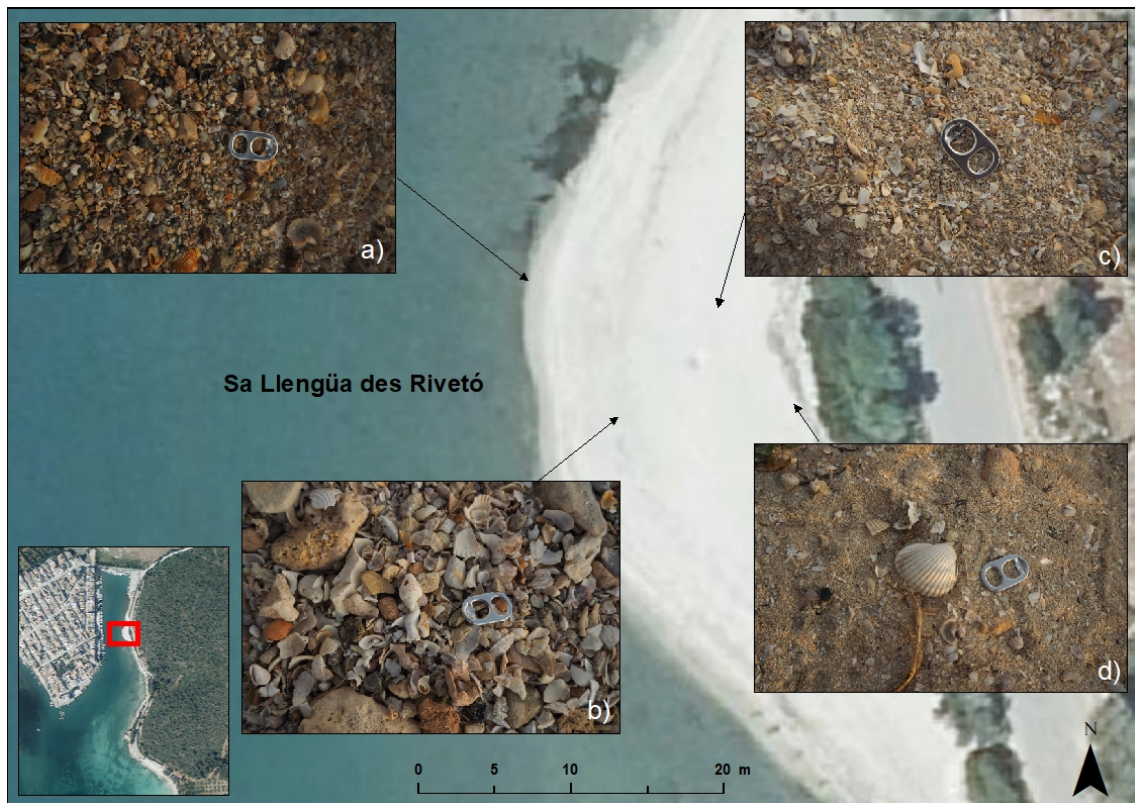


Figura 6. Fotografies dels diferents dipòsits sedimentaris de sa llengua des Rivetó (31/05/2020). A partir d'una anella de llauna es pot apreciar com la textura del gra varia entre mitjà i gruixat. Font: elaboració pròpia.

En la Figura 6, s'identifiquen mitjançant 4 fotografies les diverses tipologies de la textura del gra de sediment acumulat en la Llengua del Rivetó. En la seva composició predominen la proporció de materials bioclàstics (grans d'arena provinents d'éssers vius). Si comparem en la fotografia d) el sediment amb l'anella de la llauna, podem observar com la textura de l'arena és més fina que en el cas de la fotografia b), on els materials bioclàstics presenten una descomposició menor. En 3 de les 4 textures presents, a) b) i c) domina el sediment de mesura gruixuda. Els sediments més recents es poden apreciar en la fotografia a) banyats per l'aigua del Rivetó.

Segons els resultats observats, la dinàmica litoral tendeix a formar una acumulació de sediment en el fons septentrional del Rivetó, compactant-se amb la construcció del moll nou de s'Amarador (situat al nord de la costa estudiada). Es pot observar en la figura 8 com la compactació de sediment ha format un cordó litoral amb una barra d'arena que s'estén des del moll nou de s'Amarador fins quasi ses Cases d'en Suau formant una platja seca.

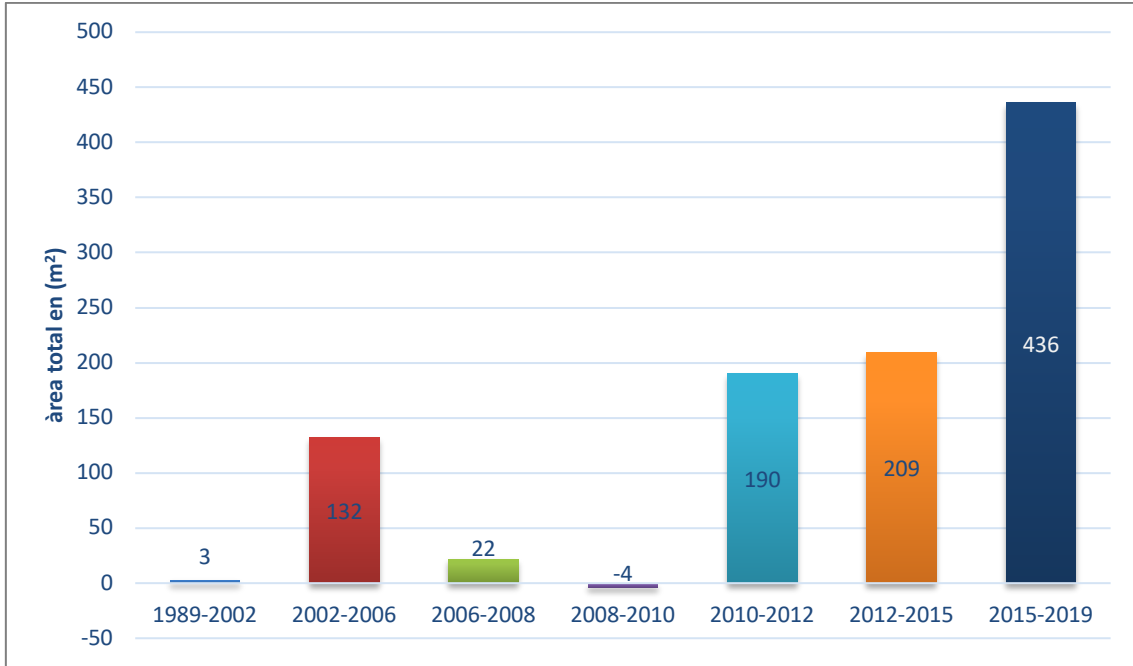
En definitiva, els paràmetres tant de LRR, WLR com SCE i NSM, coincideixen en que l'àrea amb major evolució de la línia de costa en metres ha sigut en la Llengua des Rivetó. Des del 1989 fins el 2019, 30 anys d'evolució, els valors d'acreció total és de 17,75 metres. Una xifra considerable si es té en compte que la longitud del pas d'aigua de cala Camp Roig era de 65 metres en el 1989, (sense contar l'espai ocupat per les barraques), i en el 2019 és de 49 metres. L'acumulació de sediment que ha format la Llengua des Rivetó, suposa una pèrdua de extensió en el pas d'aigua navegable.

L'acreció experimentada a l'Arenal des Ases, també té els valors màxims en tots els paràmetres estudiats, però pel tipus d'activitats que es duen a terme en aquest sector, no es considera zona crítica.

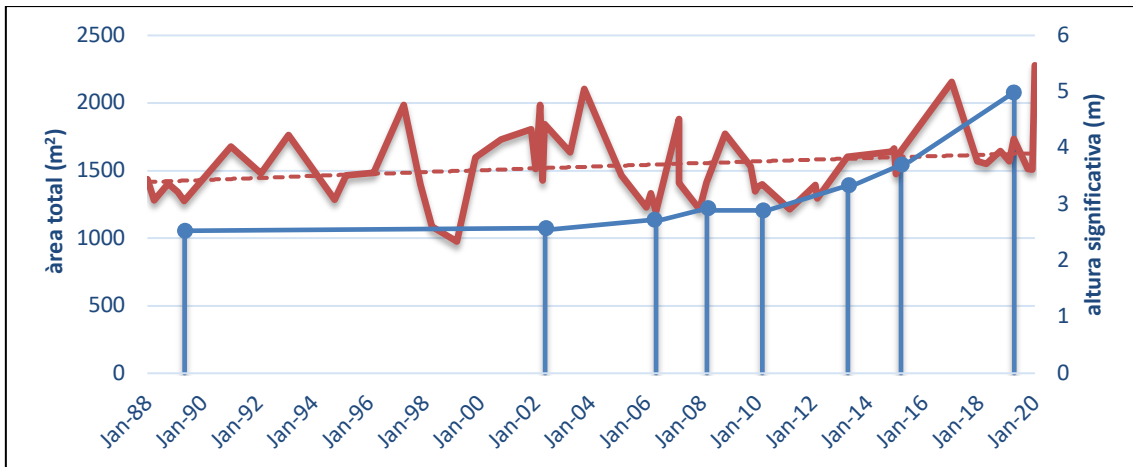
En el Gràfic 1 es presenta l'evolució de l'àrea del sector des Rivetó, des del moll nou de s'Amarador fins el punts més meridional de la Llengua. En el 2002, es mostra una variació quasi nul·la respecte al 1989, mentre que el 2006 s'aprecia un augment de 132 m² respecte al 2002. El 2008 indica que la tendència exponencial del creixement de volum en el període anterior es rebaixa fins a només un increment de 22 m². La tendència segueix a la baixa amb una erosió de -4 m² el 2010. A partir del 2012 és quan la tendència mostra una accreció clara i exponencial de sediment, fins el 2019.

Per a la interpretació d'aquestes dades s'ha de tenir en compte que una retirada del sediment marí en el dragat del 2005 al 2007 amb un increment de profunditat podria haver influït en la deriva litoral i el transport de sediment. No obstant, el Gràfic 1 no mostra el moviment o intercanvi de sediment en l'àrea d'estudi, si no únicament els registres en el sector del Rivetó.

Durant els següents anys es registra un increment exponencial en la creació de nova àrea de platja emergida. El 2019 duplica els registres anteriors, amb un increment de 471 metres quadrats respecte el 2015.



Gràfic 1. Evolució temporal dels processos d'acreció-erosió (m² de sediment) de l'àrea des Rivetó (m²). El gràfic mostra l'àrea acumulada en m² respecte a la digitalització anterior a partir del 2002. Font: Elaboració pròpia.



Gràfic 2: Evolució de l'àrea del Rivetó segons les ortofotos, i els registres significatius d'onatge anuals. Evolució del sediment (m²) del àrea del Rivetó (blau) i els registres d'onatge (m) (vermell) de la boia (Punt SIMAR 2124113).

Font: Elaboració pròpia a partir dels registres històrics de puertos.es

En el Gràfic 2, es mostra el registre del onatge a la zona durant els darrers 32 anys en relació amb l'acumulació de sediment. Es pot veure com els pics d'onatge tenen una tendència lleugera a ser més extrems amb el pas dels anys. Amengual, (2014), conclou que hi ha un descens general de l'altura mitja de l'ona en el clima relacionada amb una reducció de la força del vent en la majoria de l'àrea del Mediterrani estudiada. No obstant, aquests resultats, reflecteixen un augment dels valors extrems d'onatge. No s'ha pogut trobar una relació directa en la dinàmica litoral amb els registres d'onatge malgrat es planteja com a un objectiu futur realitzar una anàlisi d'una sèrie temporal més ampla. Les coeficients de correlació onatge/acreció no han estat prou significatius.

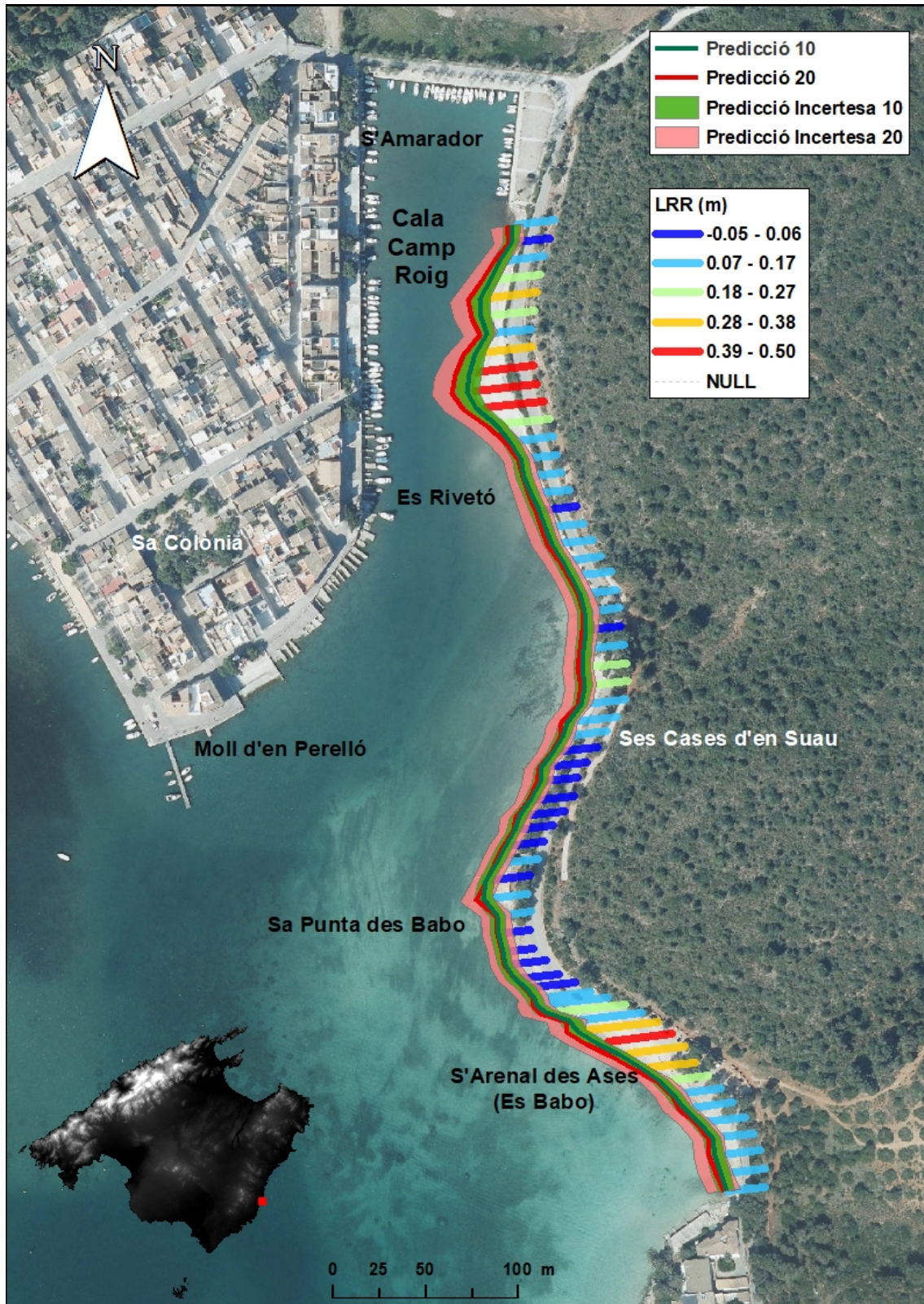


Figura 7. Paràmetre LRR i predicció a 10 i 20 anys.
Predicció de 10 i 20 anys en tota l'àrea d'estudi.
Font: Ortofotografia PNOA 2019 (IGN), elaboració pròpia.

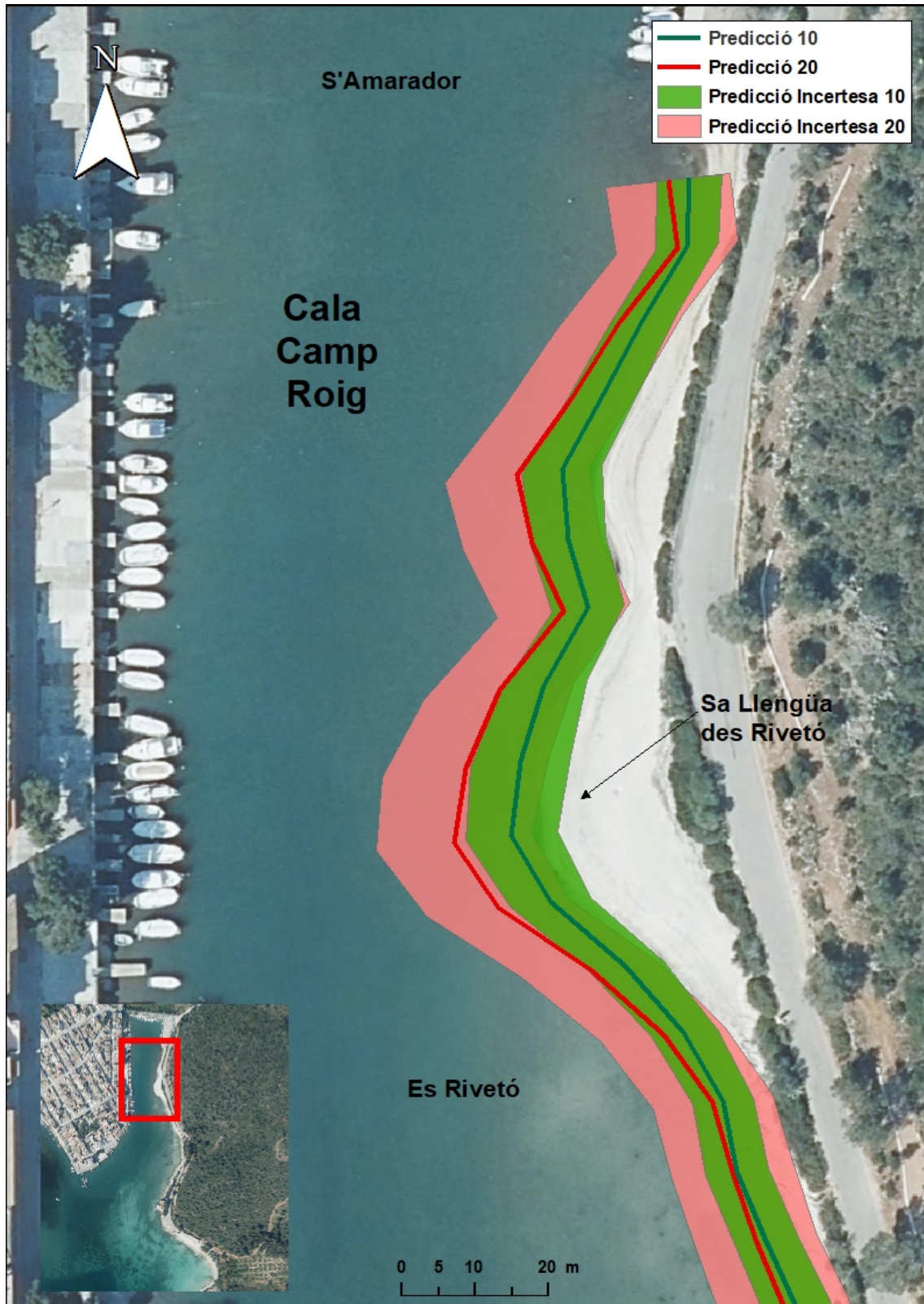


Figura 8: Es Rivetó segons el Beta Shoreline Forecasting. Zoom al sector des Rivetó de la predicció de 10 i 20 anys. Font: Ortofotografia PNOA 2019 (IGN), elaboració pròpia.

Així per la falta de dades, no es pot definir una relació directa entre l'onatge, i el dragatge de sa Bassa Nova i es Rivotó. No obstant, segons el Gràfic 2, uns anys més tard de finalitzar el dragatge (2005-2007) es presenta un increment exponencial de l'àrea de sediment en la Llengua des Rivotó. Suposem que aquest augment podria estar afavorit en part per la retirada en el 2006 dels molls antics situats al litoral des Rivotó. Fet que podria haver donat lloc a la deriva litoral en direcció septentrional, i a una dinàmica en el transport del sediment entre la platja submergida, i la platja seca. L'increment de temporals podria també afavorir l'activació de corrents i conseqüentment a la deriva litoral.

L'àrea d'estudi es podria catalogar com una línia de costa *Sheltered*, descrites segons (Morales, 2019), com aquelles que estan més protegides dels agents naturals erosius o transformadors de la línia de costa. Aquesta presenta una baixa exposició al temporals provinent del mediterrani oriental. No obstant, les ondulacions arriben a la l'area d'estudi constantment amb major o menor mesura, depenent de la força i orientació del temporal.

Els temporals d'orientació S, SE, i ESE, son els més adequats per impulsar la deriva litoral de l'interior del port. Com indica Riera et al. (Riera Rullan et al., 2009), les característiques físiques de l'entrada i els vents predominants a la zona indiquen que les maniobres d'entrada i de sortida dels vaixells en el port poden arribar a ser força conflictives. A més en els dies de forts temporals, dins el mateix port es poden donar forts vents, corrents i ones força considerables. Aquestes circumstàncies podrien haver provocat accidents i/o enfonsaments dins el port, tal com segueix succeint cada hivern.

També per la falta de dades relatives a l'evolució batimètrica del port i manca d'estudis de detall sobre la vegetació marina del port (praderes de *Posidonia oceanica* i de *Caulerpa taxifolia*) no ha estat possible l'estudi del paper de la vegetació com un agent de fixació del sediment i la seva relació amb les activitats del dragatge. En qualsevol cas, si és convenient citar l'estudi de Vicens (1999) que ja mencionava que les praderes tant de *Posidonia oceanica* com de *Caulerpa taxifolia* es presentaven en un procés de degradació important

Finalment, per analitzar la tendència de la evolució de la línia litoral del àrea d'estudi, s'ha dut a terme l'aplicació *Beta Shoreline Forecasting* (Figures 7 i 8). Aquesta eina de la extensió del DSAS dibuixa una línia de projecció des de la darrera data, fins a un període de 10, i 20 anys endavant. El traçat de la línia està complementat amb l'àrea d'incertesa de la mateixa línia segons el paràmetre de incertesa calculat a l'estudi. La tendència pronosticada mostra que als propers anys es produirà una acumulació significativa de sediment sobre la Llengua des Rivotó de més de 10 metres respecte al 2019. De fet, la morfologia que adopta la costa des Rivotó pot acabar ocupant més del 60% del canal d'aigua del port. Aquest increment continuat de sediment podria en un futur acabar per formar una barra d'arena (tant submergida com emergida) aïllant la cala Camp Roig amb el Port i la bocana (Rodríguez Perea, 2020).

7 Conclusions.

L'anàlisi de la dinàmica litoral de Portocolom (Felanitx, Mallorca) reflexa que la línia de costa té dos sectors on destaca l'acreció de sediment. El primer és el Rivetó, i el segon és s'Arenal des Ases, que presenten els valors més alts d'acumulació d'arena de textures de gra diverses (Figura 6). Els resultats indiquen que aquests dos sectors han sofert la major transformació tant en termes absoluts (SCE), com en contrast històric (NSM). També són les àrees on la tendència indica que seguirà augmentant l'acumulació de sediment durant els pròxims anys (LRR). Cal destacar que segons el *Beta Shoreline Forecasting* realitzat, la Llengua des Rivetó arribaria a tenir una projecció d'acreció que podria superar els 15 metres en les dues pròximes dècades.

El pas d'aigua que permet la comunicació del Port amb el moll nou de s'Amarador i les barraques de Sa Colònia podria sofrir una variació morfològica. Les projeccions segons el DSAS indiquen un creixement de la llengua des Rivetó que pot afectar tant en el tancament del pas d'aigua, com en la pèrdua de profunditat i per tant reduir el calatge de la cala Camp Roig. Les embarcacions que tenen base al moll nou de s'Amarador i les barraques de la Colònia amb majors dimensions i calatge podrien ser les primeres afectades per poder quedar aïllades per l'acumulació de sediment.

Atesa, la intensa variabilitat de la dinàmica litoral de Portocolom, considerem necessari que les autoritats competents en gestió litoral monitoritzin aquesta zona, prioritant especialment l'àrea des Rivetó com a punt crític de conflicte entre la tendència natural d'acreció de la línia de costa i les activitats d'esbarjo nàutiques que es desenvolupen a la mateixa. És important considerar que la dinàmica sedimentària està donant lloc a activitats recreatives a les zones d'acreció com la pesca, o activitats de sol i platja que haurien de ser convenientment considerades.

Les alternatives d'actuació sobre la dinàmica litoral per a garantir les activitats portuàries haurien de ser estudiades per un equip interdisciplinari per comprendre la problemàtica des de tots els punts de vista possibles. Els dragatges realitzats no pareixen haver aportat la solució definitiva, de manera que s'haurien d'obrir les portes a noves alternatives.

Per tal de complementar l'estudi realitzat seria adequat seguir fent treball d'investigació amb l'eina DSAS per completar tot el litoral de Portocolom. Disposar de la cartografia en de les praderes de *Posidònia oceànica* i *Caulerpa taxifòlia* des de l'any 2007 podria donar pistes de la procedència del sediment acumulat en el nord-est del port. La instal·lació de trampes d'arena situades estratègicament en el litoral ajudarien a identificar la deriva litoral i l'origen del sediment acumulat en l'àrea d'estudi. Així mateix la disponibilitat de les imatges aèries del 2020 podrien donar continuïtat als resultats obtinguts i mostrar de manera més clara la projecció futura de la geomorfologia costanera de Portocolom.

Finalment assenyalar que la monitorització continua de la dinàmica sedimentària del port és una activitat necessària per a fer sostenible la gestió portuària i fonamentar la presa de decisions en relació amb el desenvolupament d'activitats recreatives en el sector..



Figura 8. Fotografia des de sa Llengua des Rivetó.
Es poden apreciar diferents usos del espai.
Font: Elaboració pròpia.

8 Agraïments.

Aquest estudi ha estat possible gràcies al meu tutor Maurici Ruiz Pérez, com també a aquells professors del departament que m'han facilitat les dades, i informació complementaria. També agrair al grup d'investigació de les platges encaixades de Cala Domingos amb l'eina DSAS format per el meu germà Miquel i el tutor Julián García Comendador.

Aquest estudi no hagués estat possible sense la meva família, i els companys de la carrera que m'han donat suport incondicional i continu tant en les entrades com sortides de la UIB. Finalment agrair també al treball que fan dia dia, anys tras any els investigadors i aficionats a la conservació i protecció d'aquest paratge natural mediterrani com és Portocolom.

9 Referències bibliogràfiques.

- Aguiló, C. (1991): La toponímia de la costa de Felanitx. Centre cultural de Felanitx 105 pp. Felanitx.
- Alonso, B., Arin, L., Berdalet, E., Camp, J., Company, J., Ercilla, G., Garcés, E., García Ladona, E., Guillén, J., Lombarte, A., Pelegrí, J., Peters, F., Recasens, L., Salat, J., Sampedro, N., & Vila, M. (2020). *Resumen sobre la Formación y Consecuencias de la*. <https://doi.org/10.20350/digitalCSIC/12496>
- Ajuntament de Felanitx. (2020). *Portocolom*. <<https://Felanitx.Org/Web/Es/Ciudadano/Presentacion-Del-> [Accessed 22 April 2020].
- Alomar Garau, G. (2013). Las brisas marinas y su significación geográfica: El caso de Mallorca. *Semata: Ciencias Sociales e Humanidades*. <https://doi.org/10.15304/s.25.1152>
- Bouchahma, Yan, M., & Wanglin. (2012). Automatic Measurement of Shoreline Change on Djerba Island of Tunisia. *Computer and Information Science*. <https://doi.org/10.5539/cis.v5n5p17>
- Garau, M. (2015). Anàlisi de la variació espacio-temporal de la foredune i la línia de costa del sistema dunar de Cala Torta (1956-2012). *Bolletí de La Societat d'Història Natural de Les Balears*.
- GOB, M. (2005). *El GOB denunciarà a la fiscalia el dragat de Portocolom per la destrucció dels jaciments arqueològics submarins*. Recuperado de <Http://Www.Gobmallorca.Com/Comuni/Com2005/050121.Htm>.
- Gómez Pujol, L., & Pons X., G. (2007). *La geomorfología litoral de mallorca cuarenta y cinco años después*. May 2016, 17–37.
- Himmelstoss, E. A., Henderson, R. E., Kratzmann, M. G., & Farris, A. S. (2018). Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 5.0 User Guide. *Open-File Report 2018-1179*.
- Lorenzo-Lacruz, J., Pons Buades, G., & Mir Gual, M. (2017). IX Jornadas de Geomorfología Litoral. *Mapeo Semi-Automatizado de Campos de Dunas Mediante Tecnología LIDAR: Aplicación En El Sistema Dunar de Sa Canova de Artá (Mallorca)*.
- Martín, J. Á., Carreras, D., Pons, G. X., & Almaraz, Á. (2020). Shoreline Historical Evolution (1956-2015) of Beaches of Menorca (Balearic Islands). *Journal of Coastal Research*, 95(sp1), 563. <https://doi.org/10.2112/si95-110.1>

- Moatti, J. P. (2016). The Mediterranean Region under Climate Change. A Scientific Update: Abridged English/French Version. In *The Mediterranean Region under Climate Change. A Scientific Update: Abridged English/French Version*.
<https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.24549>
- Morales, J. A. (2019). The Spanish Coastal Systems. *The Spanish Coastal Systems*.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-93169-2>
- Moranta, J., & Vaquer, S. R. (2017). Estat de conservació de les praderies de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, 1813 dins la Badia de Portocolom (Mallorca). *Bolletí de La Societat d'Història Natural de Les Balears*.
- Prieto, J. Á., Roig Munar, F. X., Rodríguez Perea, A., Mir Gual, M., Pons Buades, G. X., & Gelabert Ferrer, B. (2016). La erosión histórica de la playa de sa Ràpita (S. Mallorca). *Investigaciones Geográficas*. <https://doi.org/10.14198/ingeo2016.66.08>
- Prieto, J. Á., Roig Munar, F. X., Rodríguez Perea, A., Pons Buades, G. X., Mir Gual, M., & Gelabert Ferrer, B. (2018). Análisis De La Evolución Histórica De La Línea De Costa De La Playa De Es Trenc (S. De Mallorca): Causas Y Consecuencias. *GeoFocus Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de La Información Geográfica*, 187–214. <https://doi.org/10.21138/gf.544>
- Riera Rullan, M., Martín, A., Seco, M., Martínez, N., Izaguirre, M., & Santolaria, J. (2009). Metodologia dels treballs de prospecció i de control arqueològic del dragat de sa Bassa Nova (Portocolom, Mallorca). *I Trobada d'Arqueòlegs de Les Illes Balears*, 1, 120–129.
- Riera Rullán, M., & Martín i Menéndez, A. (2009). El port de Portocolom (Illa de Mallorca) durant l'antiguitat tardana. *Mayurqa: Revista Del Departament de Ciències Històriques i Teoria de Les Arts*.
- Rodríguez Perea, A. (2020). Se forma una nueva playa natural en Portocolom. *Recuperado 2 de Mayo de 2020, de <https://www.diariodemallorca.es/part-forana/2020/03/29/Forma-Nueva-Playa-Natural-Portocolom/1498398.html>*.
- Roig-Munar, Francesc Xavier Rodríguez-Perea, A., Martín-Prieto, J. Á., & Ferrer, B. G. (2019). Cuantificación De La Pérdida De Sedimento Por La Retirada Mecánica De Bermas (Banquettes) De *Posidonia Oceanica* En Las Playas De Las Islas Baleares: Consecuencias Geomorfológicas. *Revista de La Sociedad Geológica de España*.
- Roig-Munar, F. X. (2006). Quantificació de les pèdues de sediment produïdes pels usuaris de les platges de Menorca (Illes Balears) com a factor erosiu. *Bolletí de La Societat d'Història Natural de Les Balears*.

- Roig-Munar, F. X., Martín-Prieto, J. À., Rodríguez-Perea, A., Pons, G. X., & Mir-Gual, M. (2012). Morfogènesi i dinàmica de la platja des Codolar (Eivissa, Illes Balears). *Bolletí de La Societat d'Història Natural de Les Balears*.
- Roig I Munar, F. X., & Prieto, J. À. M. (2005). Efectos de la retirada de bermas vegetales de Posidonia oceanica sobre playas de las islas Baleares: Consecuencias de la presión turística. *Investigaciones Geograficas*.
<https://doi.org/10.14350/rig.30080>
- Roselló, J. R., Gual, J. A. M. P., & Pons X., G. (2017). Anàlisi espacio-temporal de la línia de costa i del foredune del sistema dunar de Sa Canova d'Artà (Mallorca). *Bolletí de La Societat d'Història Natural de Les Balears*.
- Strahler, A. (1975). *Physical Geography. Traducció castellana (1979). Geografía física, Barcelona, Omega* (John Wiley & Sons (ed.)).
- USGS. (2018). *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)*.
- Verger, V. M. R. i. (1970). Clima y morfología pleistocena en el litoral mediterráneo español. *Papeles Del Departamento de Geografía*.
- Verger, V. M. R. i. (2018). Vicenç M. Rosselló i Verger (2018). Les Illes Balears. Mallorca, el sud i el sud-est (municipis de Lluçmajor, Campos, Ses Salines, Felanitx i Manacor) . Palma: Institut d'Estudis Baleàrics i Institut d'Estudis Catalans,. *Treballs de La Societat Catalana de Geografia*.
- Vicens, M. A. (1999). Distribució i estat biològic de les comunitats de macròfits bentònics de Portocolom (Mallorca). Detectada la presència de Caulerpa taxifolia (Vahl) C. Agardh. Distribution and biological state of benthic macrophytes communities from Portocolom... *Bolletí de La Societat d'Història Natural de Les Balears*.

Plataformes Web

IDEIB-SITIBSA <https://www.caib.es/sites/sitibsa/ca/ideib-81258/>.

Instituto Geográfico, (Nacional Centro de Descargas)
<https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>

Puertos del Estado <http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>

USGS. (2018). *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)*.