



**Universitat de les
Illes Balears**

**Títol: Una aproximació general al sistema platja-duna de
Cala Torta: de l'anàlisi a un nou marc de gestió**

NOM AUTOR: Marina Garau Febrer

DNI AUTOR: 41573977M

NOM TUTOR: Guillem Xavier Pons Buades

Memòria del Treball de Final de Grau

Estudis de Grau de Geografia

Paraules clau: sistema platja-duna, Cala Torta, mesures de gestió

de la

UNIVERSITAT DE LES ILLES BALEARS

Curs Acadèmic 2014-2015

Cas de no autoritzar l'accés públic al TFG, marqui la següent casella:

TAULA DE CONTINGUTS

LLISTA DE FIGURES	3
LLISTA DE TAULES	4
LLISTA D'ACRÒNIMS	4
RESUM.....	5
CAPÍTOL 1. INTRODUCCIÓ.....	6
1.1. Contextualització	6
1.1.1. Els sistemes platja-duna a les Illes Balears	6
1.1.2. Gestió Integrada de Zones Costeres (GISZC)	9
1.2. Antecedents.....	10
1.3. Objectius	11
CAPÍTOL 2. ÀREA D'ESTUDI	11
CAPÍTOL 3. MATERIALS I MÈTODES	14
3.1. Treball de camp	14
3.2. Digitalització i representació cartogràfica i estadística	15
CAPÍTOL 4. RESULTATS	16
4.1. Caracterització del sistema platja-duna de Cala Torta.....	16
4.2. Evolució espacio-temporal del sistema dunar	16
4.2.1. Variació de la línia de costa (1956-2012).....	16
4.2.2. Variació de la cobertura vegetal al <i>foredune</i> (1956-2012)	18
4.3. Freqüentació de l'espai	21
CAPÍTOL 5. DISCUSSIÓ	23
CAPÍTOL 6. CONCLUSIONS.....	29
AGRAÏMENTS.....	30
REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES.....	31
APÈNDIX.....	33
TAULES	33
FIGURES.....	34

LLISTA DE FIGURES

Figura 1. Situació geogràfica dels sistemes dunars a les Illes Balears.

Figura 2. Representació gràfica de les parts dels sistemes platja-duna de les Illes Balears.

Figura 3. Localització geogràfica, caracterització geològica i representació gràfica dels vents predominants incidents sobre el sistema platja-duna de Cala Torta a partir de la boia WANA2126117 (entre el període 1996-2013).

Figura 4. Principals espècies vegetals presents al sistema platja-duna de Cala Torta: (1) Borró (*Ammophila arenaria*), (2) Card marí (*Eryngium maritimum*), (3) Garballó (*Chamaerops humilis*), (4) Lliri de mar (*Pancratium maritimum*), (5) Pi blanc (*Pinus halepensis*), (6) Rave de mar (*Cakile maritima*).

Figura 5. Localització dels cordons dissuasoris al sistema dunar de Cala Torta.

Figura 6. Situació de les trampes d'interferència eòlica al sistema platja-duna de Cala Torta.

Figura 7. Restes de *Posidonia oceanica* a la zona de *swash* a l'època hivernal (1) i estival (2, 3, 4).

Figura 8. Caracterització del sistema platja-duna de Cala Torta.

Figura 9. Representació de la línia de costa pels anys 1956, 1989 i 2012 amb els respectius transectes.

Figura 10. (1) NSM per períodes: 1956-2012, 1956-1989 i 1989-2012, expressat en metres i (2) EPR pels mateixos períodes expressat per m/any.

Figura 11. (1) Variació espacio-temporal que ha experimentat la cobertura vegetal herbàcia del *foredune* de Cala Torta per cada un dels anys analitzats, d'entre el 1956 i el 2012, i per cada un dels períodes temporals considerats (2).

Figura 12. Cartografia de l'evolució de la superfície vegetada al *foredune* de Cala Torta des del 1956 al 2012.

Figura 13. Entorn del sistema platja-duna de Cala Torta en una franja als 500 metres posteriors.

Figura 14. Freqüentació del sistema platja-duna de Cala Torta a les hores centrals del dia 08 d'agost del 2015, localitzant-s'hi la major aflluència de turistes.

Figura 15. (1) Model de freqüentació i (2) Anàlisi de la Capacitat de Càrrega de la platja alta del sistema platja-duna de Cala Torta.

Figura 16. Sectors platja-duna amb els diferents graus de sensibilitat i fragilitat.

Figura 17. Localització de l'actual pàrquing dintre del sistema platja-duna de Cala Torta.

Figura 18. Marques de distints vehicles amb motor al pas pel *foredune* del sector oriental.

Figura 19. Localització de les trampes d'interferència eòlica al sector oriental del sistema platja-duna de Cala Torta.

Figura 20. Localització de cotxes privats localitzats a on al 1956 hi era present una part de *foredune*.

Figura I. Composició mitjana de l'arena de les platges a les Illes Balears.

Figura II. Màxim mensual de l'altura de l'ona de la boia WANA2126117 (1996-2013).

Figura III. Línies de costa del sistema platja-duna de Cala Torta pels anys 1956, 1989, 2002, 2008, 2011 i 2012.

Figura IV. Localització de cotxes privats localitzats a on al 1956 hi era present una part de foredune.

Figura V. Entorn del sistema platja-duna a una franja de 500m.

Figura VI. Localització de l'aparcament de vehicles privats durant l'època estival.

LLISTA DE TAULES

Taula I. Característiques generals de les principals espècies vegetals al sistema dunar de Cala Torta.

Taula II. Percentatge dels usos del sòl presents a l'entorn del sistema platja-duna de Cala Torta en una franja als 500 metres posteriors.

LLISTA D'ACRÒNIMS

ANEI: Àrea Natural d'Especial Interès

CC: Capacitat de Càrrega física

CCAA: Comunitat Autònoma

DSAS: Digital Shoreline Analysis System

EPR: End Point Rates

GR-222: Gran Ruta-222

IDEIB: Infraestructures de Dades Especials de les Illes Balears

LIC: Lloc d'Importància Comunitària

N: Nord

NE: Nord-Est

NSM: Net Shoreline Movement

SIG: Sistemes d'Informació Geogràfica

SIOSE: Sistema d'Informació sobre Ocupació del Sòl d'Espanya

ZEPA: Zona d'Especial Protecció per a les Aus

RESUM

Els sistemes platja-duna són ecosistemes únics i singulars de transició entre ambients continentals i marins amb una elevada fragilitat, principalment per l'acció humana. A les Illes Balears s'hi localitzen una seixantena de sistemes dunars, un dels quals és el de Cala Torta (Artà). Ocupa una superfície d'uns 19.500 m², estenent-se cap a l'interior fins a 340m des de la línia de costa.

És una zona on no s'hi ha realitzat cap investigació científica de gran rellevància. Amb el pretext de crear nous coneixements damunt aquest àmbit, l'objectiu principal del treball és realitzar una aproximació general del sistema dunar de Cala Torta. L'estudi de distints paràmetres com els canvis en la línia de costa i el *foredune*, la freqüentació de la platja i l'estat de l'entorn, permeten una aproximació més completa des d'un punt de vista científic sobre l'estat del sistema platja-duna.

Finalment s'estableixen un seguit de propostes pràctiques i efectives per una millora en la conservació del sistema d'acord amb un marc de gestió que contempla la fragilitat dels sistemes dunars al mateix temps que aposta per la millora de l'entorn i l'educació ambiental.

CAPÍTOL 1. INTRODUCCIÓ

1.1. Contextualització

Els sistemes platja-duna són ecosistemes terrestres únics derivats de la transició entre ambients continentals i marins. Com la resta d'hàbitats costers són extremadament fràgils ajustats en la seva formació, desenvolupament i evolució a processos naturals, el que els fa fàcilment vulnerables front a l'acció humana. Des de sempre han estat utilitzats per l'home amb diferents propòsits relacionats amb l'explotació dels recursos i oportunitats que aquests ecosistemes ofereixen.

Actualment, l'elevada pressió i freqüentació humana, a la que s'hi ha de sumar la pressió procedent de l'onatge i el vent (tot i intervenir aquests dos en la formació de la platja) condicionen la seva exposició a un seguit d'agressions i perturbacions que nombroses vegades han suposat una degradació o destrucció d'aquests ecosistemes. Dintre de totes aquestes, l'aprofitament urbanístic i l'ús massiu de les platges com a recurs d'oci són dues de les principals causes d'alteració per part de l'home (Mas et al., 2004).

1.1.1. Els sistemes platja-duna a les Illes Balears

A les Illes Balears s'hi localitzen una seixantena de sistemes dunars (Figura 1), ocupant unes 3500 ha, majoritàriament a les zones de costes baixes, als entrants oberts i a les grans depressions centrals. També se'n poden trobar a distintes cales on la seva extensió és menor però tenen unes característiques estructurals i dinàmiques força particulars (Servera et al., 2011). Així, aquells sistemes subjectes a vents de component nord (zona del nord-est de Mallorca i gran part de l'illa de Menorca) són els que presenten una major activitat eòlica (Servera & Rodríguez, 1996).

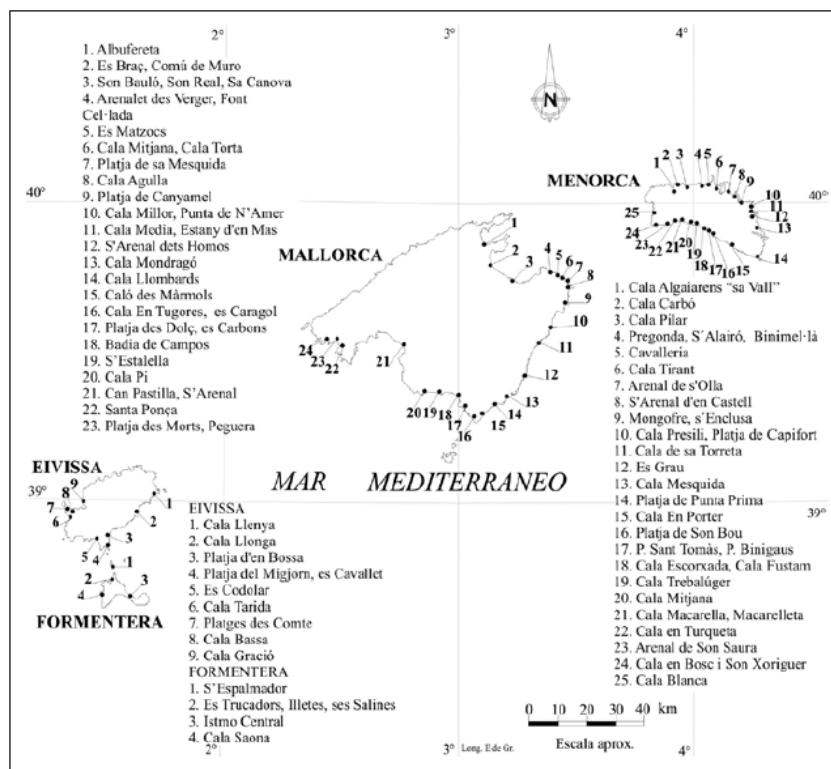


Figura 1. Situació geogràfica dels sistemes dunars a les Illes Balears. Font: Servera et al., 2011.

La dinàmica litoral de les Balears es caracteritza per tot un seguit de trets definitoris que els diferencien de la resta de sistemes dunars continentals com l'absència de mareas i la composició del sediment. En aquest sentit presenten un percentatge major de bioclasts degut a l'escassa i esporàdica aportació de sediments per part dels cursos fluvials, l'aïllament i l'allunyament respecte a les terres continentals, l'existència de praderes de *Posidonia oceanica* i la seva associació a depòsits de platges i dunes fòssils subjectes a l'erosió marina (Servera et al., 2011).

1.1.1.1. Origen del sediment: *Posidonia oceanica*

La *Posidonia oceanica* és una fanerògama marina endèmica del mar Mediterrani que s'estén pel litoral de les Balears, especialment a les platges arenoses, constituint un dels ecosistemes marins més importants de la Mediterrània. És coneguda popularment com a "alga", tot i no pertànyer a aquest grup. És una planta que segons San Félix (2000) presenta una organització externa pròpia de les plantes superiors amb arrel, tija, fulles i capacitat per produir flors i fruits amb llavors. Aquesta espècie forma praderies extenses i complexes estructuralment i topogràficament, gràcies al creixement dels rizomes verticals de la planta que actuen a una escala temporal mil·lenària, creant esculls. S'estén horitzontalment tant en fons amb un substrat bla i tou com en superfícies rocoses (San Félix, 2000; Duarte, 2003).

L'àmbit més òptim pel seu desenvolupament és a indrets d'aigües transparents ja que a major transparència major poder de penetració dels raigs solars. El límit inferior de les praderes de *Posidonia oceanica* es situa entorn als 30-40 metres i el límit superior sol estar, en termes generals, en els 3-5 metres de profunditat on l'onatge no és tan fort per arrabassar les plantes del fons (San Félix, 2000; Duarte, 2003; Servera, 2004).

Aquestes praderies tenen una planta superior que segons Rodríguez-Perea et al. (2000) juga un paper essencial en el desenvolupament i manteniment de l'equilibri del sistema platja-duna degut a diversos factors:

- La situació i disposició de les praderes afavoreixen el manteniment de l'arena al litoral pel seu efecte retenidor, impedint que el substrat arenós es mogui cap a zones més profundes (Servera, 2004).
- L'onatge i els corrents marins fan arribar a la costa producció sedimentària carbonatada procedents de les praderies de *Posidonia oceanica* (situades a la platja submergides), formant la berma. Aquest està constituït per aportacions de sediment i matèria orgànica, que es situa a la zona de *swash*, protegint la zona costanera pel seu efecte amortidor dels temporals (Roig-Munar et al., 2012; Roig-Munar & Martín-Prieto, 2005).
- La seva presència als fons marins suposa un increment de la rugositat i una disminució de la profunditat, provocant una modificació i dissipació de les ones i obligant-les a trencar-se a una zona més allunyada de la costa durant grans temporals.
- La seva forma i desenvolupament vertical fa que es tinguin unes condicions ideals per l'assentament i colonització de tot un seguit d'espècies que quan moren les seves restes esquelètiques carbonatades augmenten el sediment de les platges (San Félix, 2000; Roig-Munar, 2001; Servera et al., 2011). D'aquí que la composició mitjana de l'arena a les platges de l'illa de Mallorca (Figura I) estigui formada principalment per bioclasts (86%), dels quals un 65% pertanyen als indefinits, un 13% als foraminífers i un 8% a les bivalves. La resta està formada per litoclasts (11%) i restes antròpiques (2%) (Jaume & Fornós, 1992).

1.1.1.2. Estructura dels sistemes platja-duna

Els sistemes platja-duna responen a una organització caracteritzada per la interacció entre dues zones (Figura 3): la submarina, controlada per la dinàmica marina, on hi té lloc una transferència de gran part dels sediments cap a la part emergida, i la subaèria, controlada per la dinàmica del vent, on s'hi localitzen les acumulacions dunars a partir de la distribució del sediment terra endins (Gelabert et al., 2002; Roig Munar et al., 2012). Per tant, les platges no es poden entendre sense deslligar-les dels camps dunars ni de la part submergida.

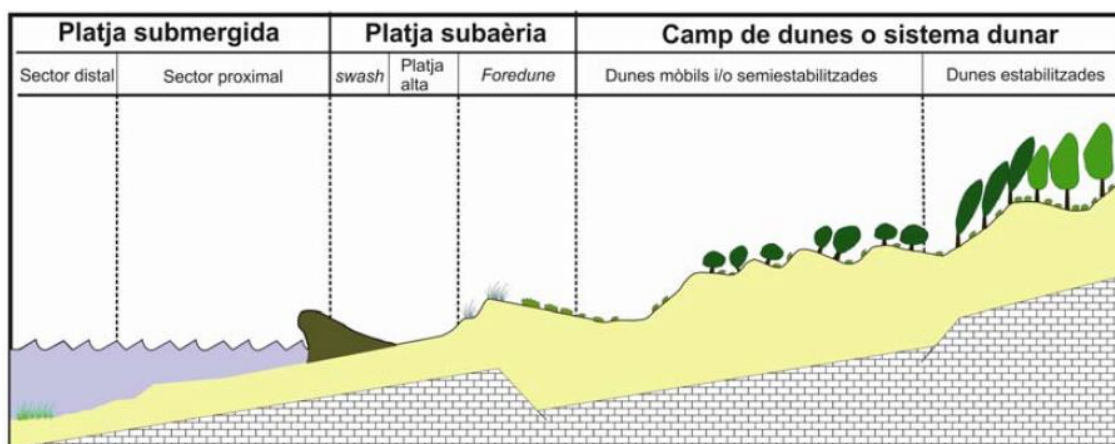


Figura 2. Representació gràfica de les parts dels sistemes platja-duna de les Illes Balears. Font: Roig-Munar et al. (2012)

La zona de platja submergida (infralitoral o “nearshore”) es troba contínuament inundada per aigua, podent-se distingir dos sectors: el distal i el proximal. La diferència principal entre ambdues zones és la presència de processos morfològics i dinàmics constantment al segon sector, trobant-s’hi un major transport i barreig del sediment per part de l’onatge cap a la platja emergida (Servera, 2004).

- Sector distal. Part més allunyada de la costa i on es desenvolupen les praderies de *Posidonia oceanica* gràcies als pendents suaus que presenten les platges de les Balears (entre el 0.25 i el 2.5%).
- Sector proximal. Constituït per bancs d’arena submergits amb una reduïda profunditat. Aquest fet suposa una major incidència de l’onatge mitjançant el fregament amb el fons, i la generació de corrents. Així, es té un relació dinàmica amb la platja subaèria a partir de la distribució, l’intercanvi de sediment i una producció de nou sediment arenós gràcies a les restes de bivalves.

La platja subaèria és la zona on es culmina l’intercanvi de sediment entre la platja emergida i submergida i on es dona la transferència de sediment cap al camp dunar, trobant-se format per dos sectors (Rodríguez-Perea et al., 2000; Servera, 2004):

- Sector mesolitoral o foreshore.

És la zona de transició entre la part submergida i l’emergida i on s’hi troba un major dinamisme pel que fa a la transferència de sediment. S’hi localitzen les acumulacions de restes de *Posidonia oceanica*, un vaivé de l’onatge (“swash”), degut a la no presència de mareas, i un cicle anual que provoca variacions del seu perfil, pendent i posició, amb diferències morfològiques entre l’hivern i l’estiu.

- Sector supralitoral o “backshore”.

Hi és present la transferència de sediment cap al camp dunar interior, constituint una reserva de sediment per tal de garantir l'equilibri de la platja submergida. Està formada per la platja alta i el cordó de dunes davanteres (*foredune*).

- o Platja alta

S'hi localitzen els processos de transport eòlics, s'hi troben els *ripple marks*, primeres formes eòliques de poca alçària i amb un caràcter efímer, i les plantes psammòfiles, que tenen un paper clau alhora de formar les dunes embrionàries (*necbkhas i shadow dunes*), passant a formar part del primer cordó dunar (Servera, 2004).

Constitueix un dels principals recursos territorials sobre els quals es basa el turisme a Espanya, sent els elements de l'oferta que proporcionen la magnitud més absoluta dels fluxos turístics (Yepes, 2012). Desenvolupa múltiples funcions ecològiques, destacant-ne tres segons Sardá et al. (2012): actuar com a depositaris de biodiversitat, oferir protecció a la costa i satisfer les necessitats de l'home. Es mantenen en un equilibri dinàmic i s'adapten constantment a les variacions naturals del nivell de la mar, l'onatge, el vent o les aportacions de sediments. Tot i aquesta predisposició de les platges a sofrir canvis morfològics ocasionats pels mateixos fenòmens naturals, les activitats humanes poden provocar impactes que trenquin el conjunt del sistema platja-duna (Mas et al., 2004).

- o Cordó de dunes davanteres (*foredune*).

Primeres acumulacions permanents, tot i no presentar estabilització pel que fa al seu sediment. Segons Hesp (1983) el seu desenvolupament morfològic depèn de diversos factors, tals com l'aportació de sediment, el grau i tipus de cobertura vegetal, el balanç entre acreció-erosió, la freqüència i magnitud del règim d'onatge, el vent i l'acció antròpica, tenint aquest darrer un pes més considerable en la configuració i evolució de les dunes litorals degut a l'accentuada pressió sobre el *foredune* (Martín-Prieto, 2008). A més a més, segons Servera (2004) aquest *foredune* té una triple funció:

- 1) Reserva de sediment per tal de garantir l'equilibri i l'estabilitat del conjunt del sistema.
- 2) Deforma i frena el flux de vent que arriba directament de la mar, provocant la implantació de vegetació no psammòfila, evitant l'erosió i afavorint l'estabilitat de dunes més internes.
- 3) Equilibra la transferència de sediment cap a la resta del camp dunar.

En darrer lloc s'hi troba el camp de dunes o sistema dunar, que és l'evolució del *foredune* cap a un sector de dunes parabòliques a on s'alteren formes molt vegetades i amb poca mobilitat, amb altres de més dinàmiques, resultat de l'evolució de *blowouts* i canals de deflació. Els depòsits i l'organització d'aquests no és actual sinó que respon a les tres pulsacions eòliques esdevingudes durant l'Holocè. Amb tot, el camp dunar és clau alhora d'estabilitzar tot el sistema platja-duna (reserva de sediment) i la densa cobertura vegetal no implica la fossilització però si esdevé un símptoma de la seva estabilització (Servera, 2004).

1.1.2. Gestió Integrada de Zones Costeres (GISZC)

Tal com s'ha esmentat, les platges conformen un sistema multidimensional, localitzant-se dintre de la zona costera, incloent altres subsistemes que interactuen entre sí, tals com el físico-natural, el sociocultural i el de gestió, on la falta d'enteniment entre cada un d'ells repercuteix negativament a la resta (Yepes, 2012). Al llarg del segle XX s'han concebut com un

suport de la indústria turística, entès com un servei i no pas com un ecosistema (Roig-Munar et al., 2012), on s'ha cercat la satisfacció de les expectatives de l'usuari sense posar esment a les característiques i funcions naturals i ecològiques (Sardá et al., 2012), oblidant-se en la seva gestió dels processos que actuen sobre els sistemes platja-duna i afavorint en conjunt processos de degradació (Roig-Munar et al., 2012).

Així, en les darreres dècades els mitjans de gestió aplicats sobre els sistemes platja-duna han anat encaminats quasi exclusivament a la prestació de serveis d'oci i a l'explotació del recurs durant l'època estival, basant-se, tal i com indiquen Roig-Munar et al. (2012), “*amb una nul·la gestió de manteniment, restitució, restauració, rehabilitació i recuperació del sistema platja-duna*”. Per tant, cal tenir present que la majoria de mesures de gestió obvien i no prenen en consideració l'espai davanter.

Davant aquesta situació, en l'actualitat s'ha imposat la necessitat de realitzar una gestió més integrada i holística, el que s'ha anomenat Gestió Integrada de Zones Costeres (GIZC) (Sardà et al., 2012). Aquesta constitueix un procés dinàmic de planificació i gestió que integra i dóna cohesió a l'acció de tots els agents que intervenen en l'àmbit coster (Sardà et al., 2012), perseguint una gestió que pren en consideració tots els factors, tant d'origen natural com antròpic, i es basa amb una protecció dels ecosistemes i recursos costaners per aconseguir un desenvolupament sostenible (Balaguer, 2012). A més, aquesta gestió no hauria d'oblidar-se de conèixer com es desenvolupem els ambients costers des d'un punt de vista físic i dinàmic per ser coherents amb les mesures de gestió posteriorment aplicades (Mir-Gual et al., 2012).

1.2. Antecedents

Amb anterioritat als anys 60 a les Illes Balears existien distintes descripcions fetes per naturalistes i viatgers il·lustrats, però no és fins el 1962 quan s'inicien els estudis remarcables sobre geomorfologia litoral amb la publicació per part de Kart W. Butzer, de l'article *Coastal Geomorphology of Majorca*. A Mallorca el primer treball on es planteja de forma global i sistemàtica l'estudi de la dinàmica litoral i eòlica dels processos geomorfològics que es donen al sistema platja-duna fou el realitzat per Rosselló (1969). A continuació s'hi troba la publicació *Estudio Ecológico de la Albufera de Mallorca* el 1980 per part de Muntaner on es realitza una descripció geomorfològica de la restinga dunar que tanca l'Albufera de Mallorca. Llavors és també remarcable una valoració global de l'estat de conservació dels distintes camps de dunes de l'illa de Menorca de Rita et al. (1988) on s'incloué cartografies de vegetació, geomorfologia i estat de conservació de cada un d'ells (Servera et al., 2011).

A partir de la dècada dels noranta s'hi troben noves aportacions i més completes, destacant-s'hi els treballs de Corbí (1990), respecte a la geomorfologia de camp dunar de Cala Mesquida (Mallorca), Rodríguez-Perea et al. (1990) sobre el camp dunar de sa Canova d'Artà (Mallorca), Rodríguez-Perea (1991) damunt el conjunt de camps dunars de la Badia d'Alcúdia i el de Servera y Grimalt (1994) sobre les formes dunars de Formentera i s'Espalmador, entre d'altres. Cal destacar també la tesi doctoral *Els sistemes dunars litorals de les Illes Balears* de Servera (1997) i tot un seguit d'investigacions que segons Servera et al. (2011) s'inicien en un període caracteritzat per l'increment d'investigacions en aquest àmbit pel que fa al nombre i qualitat dels treballs o aportacions presentades.

En aquest context s'emmarca aquest treball amb la voluntat de generar un nou coneixement sobre un sistema dunar el qual no s'hi ha dut a terme cap investigació, a excepció de *Estudio de la evolución de la línea de costa en las principales playas con sistema dunar en su parte posterior de las Islas Baleares (1956-2012)* realitzat per demarcació de costes, on es

duu a terme un estudi parcial i poc detallat, sense aprofundir en la majoria de temàtiques pròpies dels sistemes dunars.

1.3. Objectius

L'àmbit d'estudi del present treball és un sistema platja-duna de petites dimensions però que a dia d'avui tot i a priori haver sofert una clara degradació encara manté unes característiques que el fan únic i singular. L'objectiu principal del treball és realitzar una aproximació general del sistema dunar de Cala Torta per justificar-ne les mesures de gestió més adequades. Per a tal s'indiquen els següents objectius específics:

- Caracteritzar el sistema platja-duna de Cala Torta.
- Explicar els canvis de la línia de costa des del 1956 fins al 2012.
- Analitzar l'evolució temporal i espacial de la cobertura vegetal al *foredune* per any i període des del 1956 fins al 2012.
- Analitzar l'entorn del sistema dunar i quins usos del sòl són els predominants.
- Identificar la freqüentació present al sistema platja-duna de Cala Torta i calcular la Capacitat de Càrrega física de la platja alta.
- Establir un nou marc de gestió i determinar unes propostes de millora del sistema dunar per tal de reduir la degradació d'aquest.

CAPÍTOL 2. ÀREA D'ESTUDI

El sistema platja-duna de Cala Torta es situa al quadrant nord-est de l'illa de Mallorca, dintre de la Península de Llevant i del Terme Municipal d'Artà, entre les platges de Cala Mesquida (a l'est) i Cala Mitjana (a l'oest). Està format per tot un seguit de dunes que ocupen una superfície d'uns 19.500 m², estenent-se cap a l'interior en diagonal fins a una distància de 340 metres des de la línia de costa, adquirint el sistema un desenvolupament longitudinal, influenciat per les condicions geològiques de la zona. Es troba orientat cap als vents de major freqüència i intensitat, principalment de component N i NE (Ministeri de Foment, 2013). La platja actual que alimenta aquest sistema té una llargària d'uns 150 metres i una amplada de 100 metres.

Es troba protegit sota la figura ANEI per part de la Llei 1/1991, de 30 de gener, d'Espais Naturals i de règim urbanístic de les àrees d'especial protecció de les Illes Balears i les figures LIC i ZEPA, dins la Xarxa Natura 2000. Cal tenir present que havia estat inclosa dins el Parc Natural de la península de Llevant fins al 2003 quan la Llei 10/2003, de 22 de desembre de mesures tributàries i administratives limita l'extensió del parc a les finques públiques d'Aubarca, es Verger i s'Alqueria Vella, propietat de la CCAA de les Illes Balears.

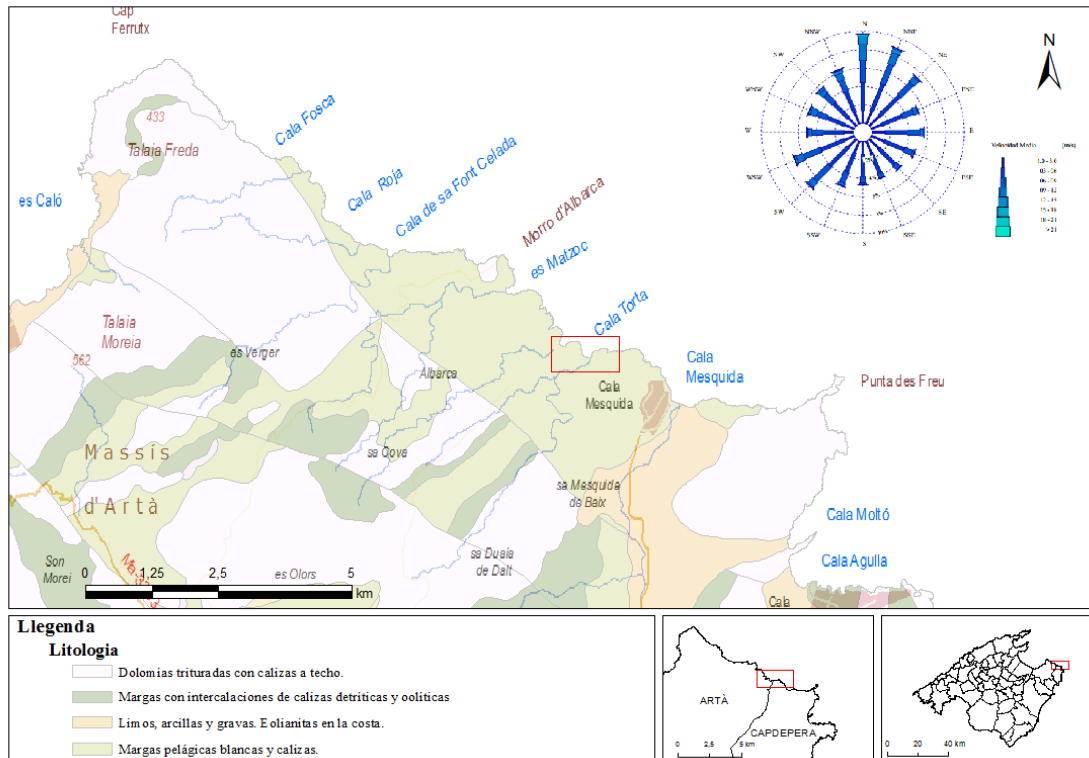


Figura 3. Localització geogràfica, caracterització geològica i representació gràfica dels vents predominants incidents sobre el sistema platja-duna de Cala Torta a partir de la boia WANA2126117 (entre el període 1996-2013). Font: Ministeri de Foment. Puertos del Estado. Elaboració pròpia.

Estructuralment es troba inserida dins el sistema de falles i plegaments que donen lloc a les serres de Llevant. Segons Balaguer (2007) pel que fa a la forma de la línia de costa hi destaca l'existència d'una certa relació tant entre la litologia i el tipus de costa, com en la disposició dels materials dins la seva organització estructural i la seva naturalesa litològica. Així, la costa de Cala Torta presenta unes altures compreses entre els 0 i 15 metres, amb una morfologia còncava (es manifesta quan els processos subaeris prevaleixen sobre els marins), desenvolupant-se sobre margocalcàries del Cretaci inferior-mitjà i trobant-se a les seves rodalies dipòsits quaternaris.

Pel que fa a la vegetació, aquesta té una funció importantíssima als sistemes dunars ja que atura l'arena, permet que les dunes creixin i acaba per fixar les dunes terra endins. Actualment, la primera línia de dunes del sistema dunar de Cala Torta és ocupada per espècies particularment resistents a les condicions d'aquest entorn (mobilitat del terreny, vents constants i arribada de sals procedents del mar) amb sistemes d'arrels molt desenvolupats i la capacitat de sobreviure si l'arena les cobreix.

Així, a la Taula II i a la Figura 6 s'observa que el *foredune* del sistema platja-duna de Cala Torta es troba colonitzat principalment pel Lliri de mar (*Pancratium maritimum*), el borró (*Ammophila arenaria*), el Card marí (*Eryngium maritimum*) i el Rave de mar (*Cakile maritima*). A més, cal remarcar la presència del pi blanc (*Pinus halepensis*) i el garballó (*Chamaerops humilis*) a les dunes semiestabilitzades i estabilitzades.

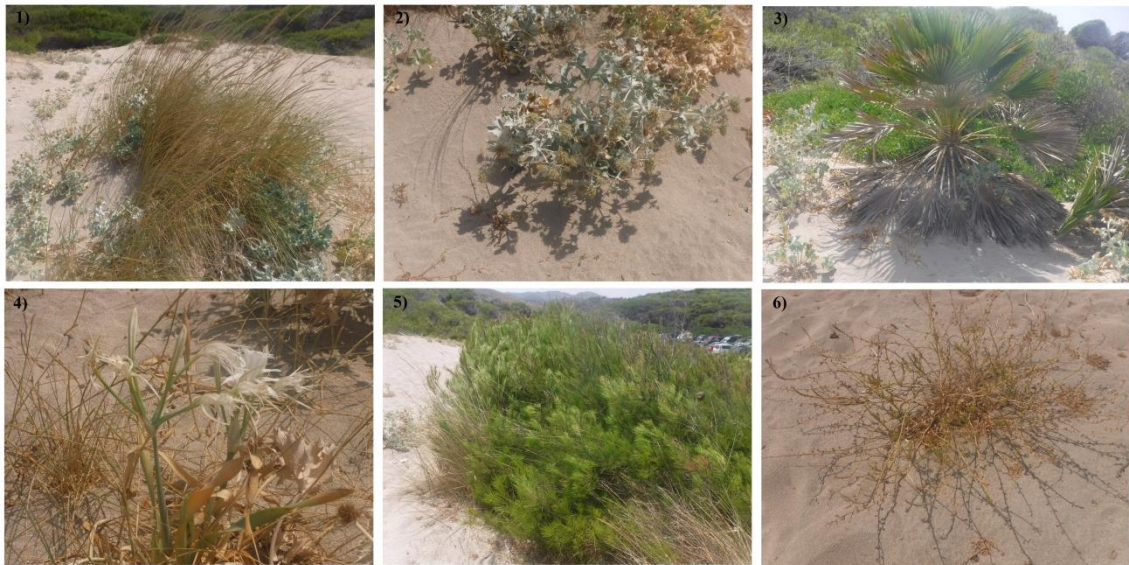


Figura 4. Principals espècies vegetals presents al sistema platja-duna de Cala Torta: (1) Borró (*Ammophila arenaria*), (2) Card marí (*Eryngium maritimum*), (3) Garballó (*Chamaerops humilis*), (4) Lliri de mar (*Pancratium maritimum*), (5) Pi blanc (*Pinus halepensis*), (6) Rave de mar (*Cakile maritima*). Elaboració pròpia.

Cal tenir present que al sistema platja-duna de Cala Torta només es té constància de la realització de distintes mesures de gestió dutes a terme per part de la Demarcació de Costes l'any 2014. Es basaren amb un acordonament del sector occidental del sistema dunar, fonamentalment destinades a la seva protecció i preservació. Es destaquen la utilització de cordons dissuasoris del pas a les dunes i trampes eòliques.

1. Utilització de cordons dissuasoris del pas en les dunes

La col·locació de estaques unides mitjançant cordes per impedir el pas dels usuaris cap a l'interior del sistema dunar ha permès segons Roig-Munar et al. (2012) una recuperació lenta però progressiva de les morfologies dunars, la vegetació associada i la colonització vegetal dels petits camins distribuïts damunt el sistema dunar. A més a més, els costos anuals són baixos i l'impacte ambiental és nul.



Figura 5. Localització dels cordons dissuasoris al sistema dunar de Cala Torta. Elaboració pròpia.

2. Trampes d'interferència eòlica

Les trampes d'interferència eòlica consisteixen en la instal·lació de barreres de distint materials que redueixen la velocitat del vent acumulant el sediment que aquest transporta. En el cas del sistema dunar de Cala Torta s'ha optat per posar-ne a les voreres i enmig d'un camí que s'havia consolidat al sector occidental. De la mateixa manera que els cordons dissuasoris, els costos anuals són baixos i l'impacte ambiental associat és molt baix (Roig-Munar et al., 2012).



Figura 6. Situació de les trapes d'interferència eòlica al sistema platja-duna de Cala Torta. Elaboració pròpia.

Cal tenir present que a part de les mesures de gestió esmentades no es realitza cap neteja mecànica ni manual de la platja, essent un punt a favor pel sistema platja-duna ja que aquesta neteja mecànica és un dels factors més erosius. Això es deu al fet que no pren en consideració les característiques ambientals i geomorfològiques tot suposant una degradació important d'aquests sistemes. Així mateix, desencadenen desequilibris ambientals a escala local, tals com la disminució de materials orgànics necessaris per les comunitats vegetals dunars, un deteriorament de la vegetació, una compactació del sòl i una modificació del perfil natural de la platja, entre d'altres (Roig-Munar et al., 2012).



Figura 7. Restes de *Posidonia oceanica* a la zona de swash a l'època hivernal (1) i estival (2, 3, 4). Elaboració pròpia.

CAPÍTOL 3. MATERIALS I MÈTODES

Per a poder assolir els objectius esmentats a l'apartat 1.3, s'ha estipulat la duta a terme de tot un seguit de passos encaminats a comprendre distints aspectes que caracteritzen el sistema platja-duna de Cala Torta.

3.1. Treball de camp

Per una banda es dugué a terme treball de camp a partir de l'observació in-situ de l'àrea d'estudi per tenir una visió general de l'estat actual del sistema dunar i de les mesures de gestió que s'hi han dut a terme, per a després determinar les propostes de gestió més adients.

D'altra banda, per analitzar la freqüentació dels visitants al sistema platja-duna de Cala Torta es dugué a terme la metodologia de Roig-Munar (2003):

1. Mostreig dels usuaris, realitzat el dijous 6 d'agost i el dissabte 8 d'agost del 2015, coincidint amb el període de màxima afluència turística a l'illa i amb un temps atmosfèric assolellat, propi d'aquesta època de l'any. Es feu un recompte del nombre total de persones cada hora, des de les 10:00h del matí fins a les 20:00h de l'horabaixa, i dels cotxes presents a les 14:00h del dia 8 d'agost. Així mateix, s'observà el comportament del visitant al sistema platja-duna de Cala Torta. El motiu que no es comptabilitzà el diumenge 9 d'agost previst inicialment fou la predicció d'un cel parcialment cobert de núvols.
2. Determinació de la superfície de la platja per tal d'establir CC a partir de la zonificació establerta per usos de Roig (2001) on diferencia distintes zones, sent la de zona de repòs

la que rep un ús més intensiu de visitants. Així, per a poder-ho calcular s'ha emprat la següent fórmula:

$$CC = \frac{\text{Superfície de la platja (àrea de repòs)}}{\text{Número de visitants presents cada hora}}$$

3.2. Digitalització i representació cartogràfica i estadística

Per analitzar l'evolució espacio-temporal de la cobertura vegetal al *foredune* de Cala Torta s'ha manejat una metodologia desenvolupada a partir de la utilització de cartografia a escala 1:6.000, servint-se de tècniques de SIG, ortofotos disponibles a l'IDEIB corresponents als anys 1956, 1989, 2002, 2008 i 2012 i vols en suport paper pels anys 1973, 1979, 1983 i 1997 disponibles a la cartoteca de la Universitat de les Illes Balears, els quals s'han hagut d'escanejar i georreferenciar abans de realitzar-ne una delimitació individualitzada per cadascun dels anys.

Lavors les dades resultants foren tractades, aplicant-s'hi la correcció geomètrica de les imatges, cartografiant la superfície vegetada per cada un dels anys analitzats, tot establint la tendència dinàmica del *foredune* de Cala Torta. Aquesta tendència, juntament amb l'anàlisi de l'evolució temporal de la cobertura vegetal per períodes, s'ha vist reflexada al gràfic elaborat amb el programa Excel.

L'anàlisi de la variació de la línia de costa s'ha dut a terme a partir de les ortofotos disponibles a l'IDEIB pels anys 1956, 1989 i 2012. Per identificar i digitalitzar la costa, s'ha agafat el punt de màxima arribada de l'ona a la platja seca (línia humida-seca), visible en la majoria de les fotografies aèries pel contrast entre les arenes seques i humides i per les acumulacions de *Posidonia oceanica* depositades a la platja (Martin-Prieto et al., 2013).

Un cop identificada i digitalitzada la línia de costa a les distintes dates, la mesura dels canvis requereix l'establiment d'una metodologia que permeti la comparació i la mesura geomètrica. Així, l'estudi comparatiu dels canvis soferts a la línia de costa de Cala Torta s'ha dut a terme a partir de l'eina DSAS (Thieler et al., 2005), la qual realitza automàticament el càlcul dels metres acumulats i erosionats de cada línia de costa respecte a una línia de base establerta anteriorment. Des d'aquesta línia de base s'estableixen transectes perpendiculars separats entre sí per una distància de 10m. A partir de dos paràmetres, l'EPR i el NSM, s'ha pogut calcular els resultats obtinguts i interpretar l'evolució de la línia de costa, obtenint-se a partir de les següents fórmules:

$$EPR = \frac{\text{distància del desplaçament de la línia de costa}}{\text{temps entre la línia de costa més antiga i la més recent}}$$

$$NSM = \text{distància entre la línia de costa més antiga i la més recent}$$

De l'anàlisi de l'entorn de Cala Torta en primer lloc s'han recopilat i preparat les bases cartogràfiques necessàries pel seu processament, destacant-s'hi la utilització del SIOSE per determinar els usos del sòl predominants a l'any 2005. Seguidament s'han realitzat tot un conjunt d'operacions creant una àrea d'influència al voltant de la platja seca a una distància de 500m. Per finalitzar es dugué a terme la representació estadística i cartogràfica de la informació obtinguda (incloent la superfície arenosa) per tal de donar a conèixer el mosaic paisatgístic del sistema platja-duna.

A més a més, a partir de les dades extretes del mostreig d'usuaris realitzat i de la CC calculada, s'han elaborat dos gràfics amb el programa Excel per a una millor representació dels resultats.

CAPÍTOL 4. RESULTATS

4.1. Caracterització del sistema platja-duna de Cala Torta

Si es tenen en compte les característiques intrínseques al sistema s'observa la divisió d'aquest en dos sectors (occidental i oriental) a conseqüència de la desembocadura del torrent de Cala Torta que suposa un augment de l'erosió quan es produeixen grans avingudes, provocant una limitació en el desenvolupament d'una primera línia de dunes ferma. A més, cal mencionar la formació d'una bassa temporal en èpoques de precipitacions intenses, que és ocupada pels vehicles en l'època estival quan hi és present una major aflluència de turistes.

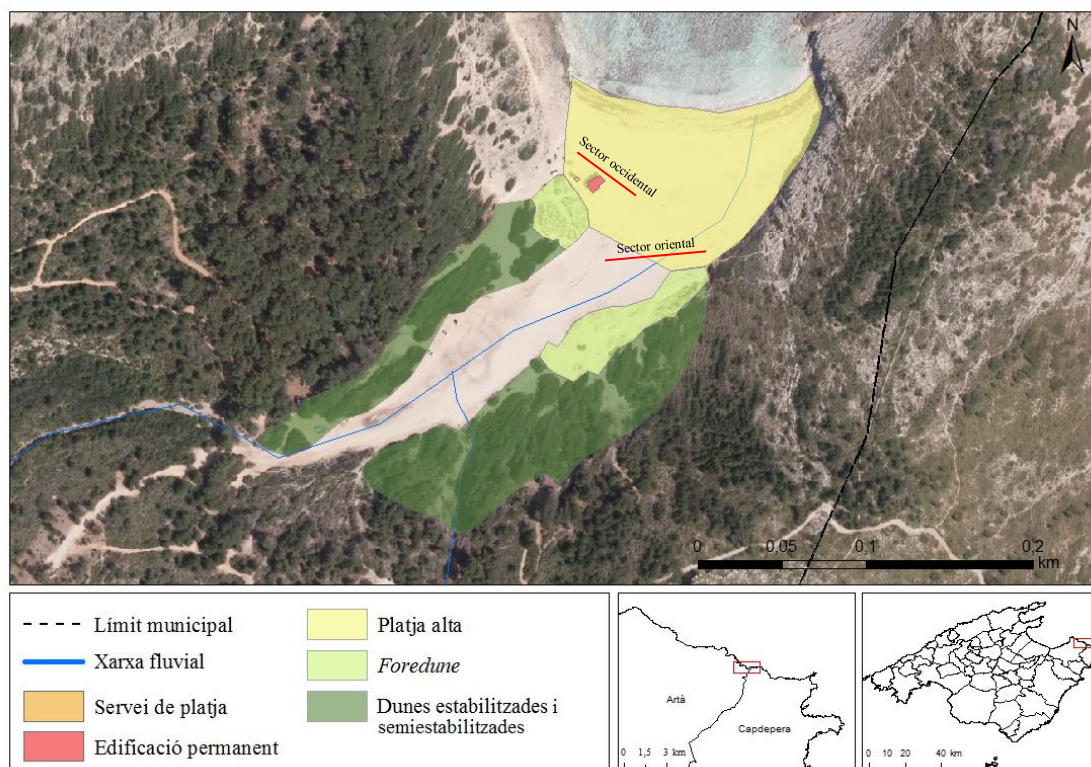


Figura 8. Caracterització del sistema platja-duna de Cala Torta. Elaboració pròpia.

4.2. Evolució espacio-temporal del sistema dunar

4.2.1. Variació de la línia de costa (1956-2012)

A partir de la digitalització de les línies de costa s'observa ja a primera vista unes diferències substancials entre els períodes 1956-1989, 1989-2012 i 1956-2012 (Figura 9). Aquestes diferències no són homogènies al llarg de tota la superfície de la platja, la qual cosa fa necessària l'establiment de punts de referència al llarg de tota l'amplada de la línia de costa. Amb això s'han creat setze seccions de 10m cadascun per obtenir de forma més detallada les variacions de la línia de costa.

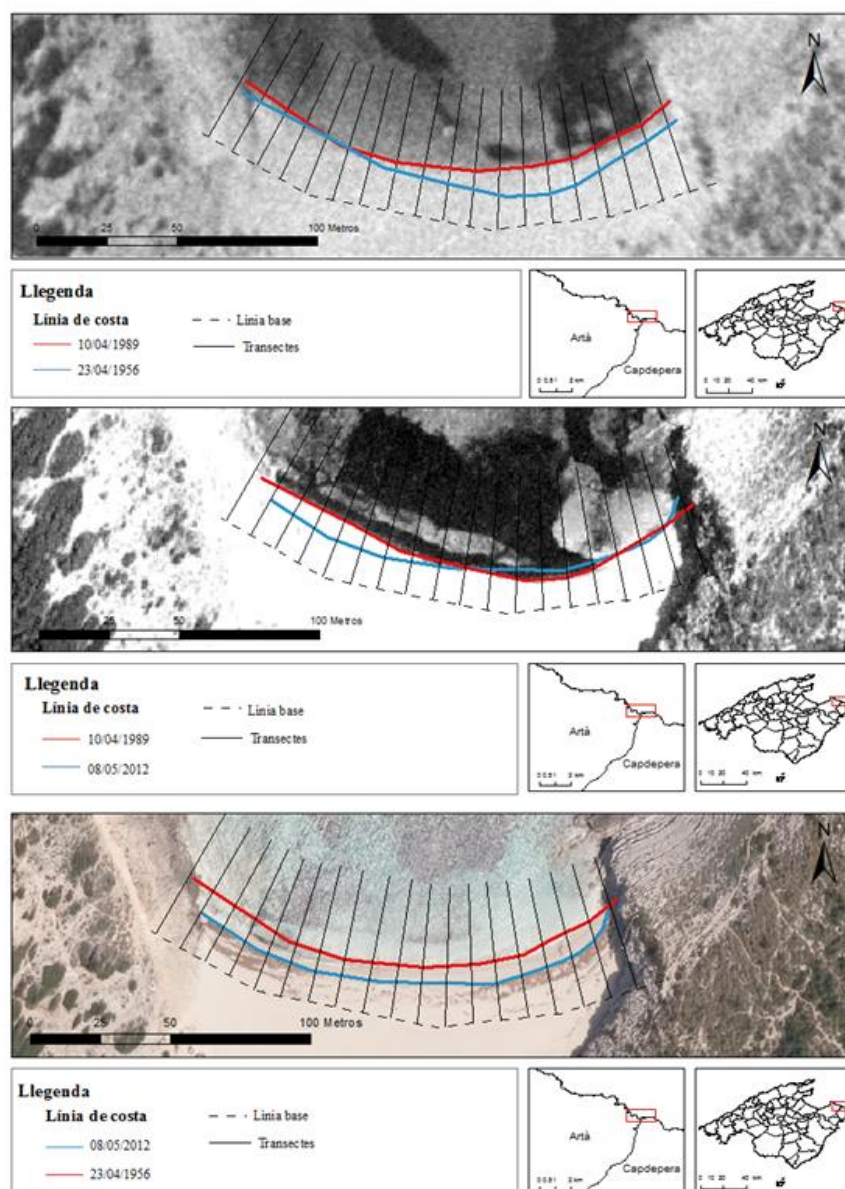


Figura 9. Representació de la línia de costa pels anys 1956, 1989 i 2012 amb els respectius transectes. Elaboració pròpia.

El primer període analitzat està comprès entre el 1956 fins al 1989. En termes generals s'observa com la línia de costa ha retrocedit en totes les seccions, especialment a la zona més oriental. El paràmetre NSM indica una variació màxima de quasi 11m, el que significa segons l'EPR, una disminució anual entorn dels 30cm/any.

El segon període abarca des del 1989 al 2012. La línia de costa ha experimentat una variació a la inversa si es compara amb el primer període, de manera que la zona on abans hi havia un major retrocés, ara ha avançat de l'ordre de 3m. Això ha estat en detriment de la zona occidental amb unes disminucions d'uns 7m en els sectors més afectats. En conseqüència, l'EPR a aquests últims sectors presenta també un retrocés anual d'uns 30cm. En el cas dels sectors on s'hi ha depositat sediment el creixement anual és troba entre els 10 i 15cm.

El tercer període representa els canvis entre el 1956 i el 2012. En realitat la línia obtinguda és el resultat del sumatori entre les variacions dels dos períodes anteriors. D'acord amb això, presenta un retrocés general i homogeni de l'ordre de 6m de mitjana, sense haver-hi

grans diferències entre els diferents sectors, no superant els 3m. Així mateix, l'EPR presenta uns valors negatius, entre els 11 i 16cm a l'any. Es constata per tant, la predominança d'una dinàmica erosiva i gairebé uniforme al llarg de tots els sectors de la platja.

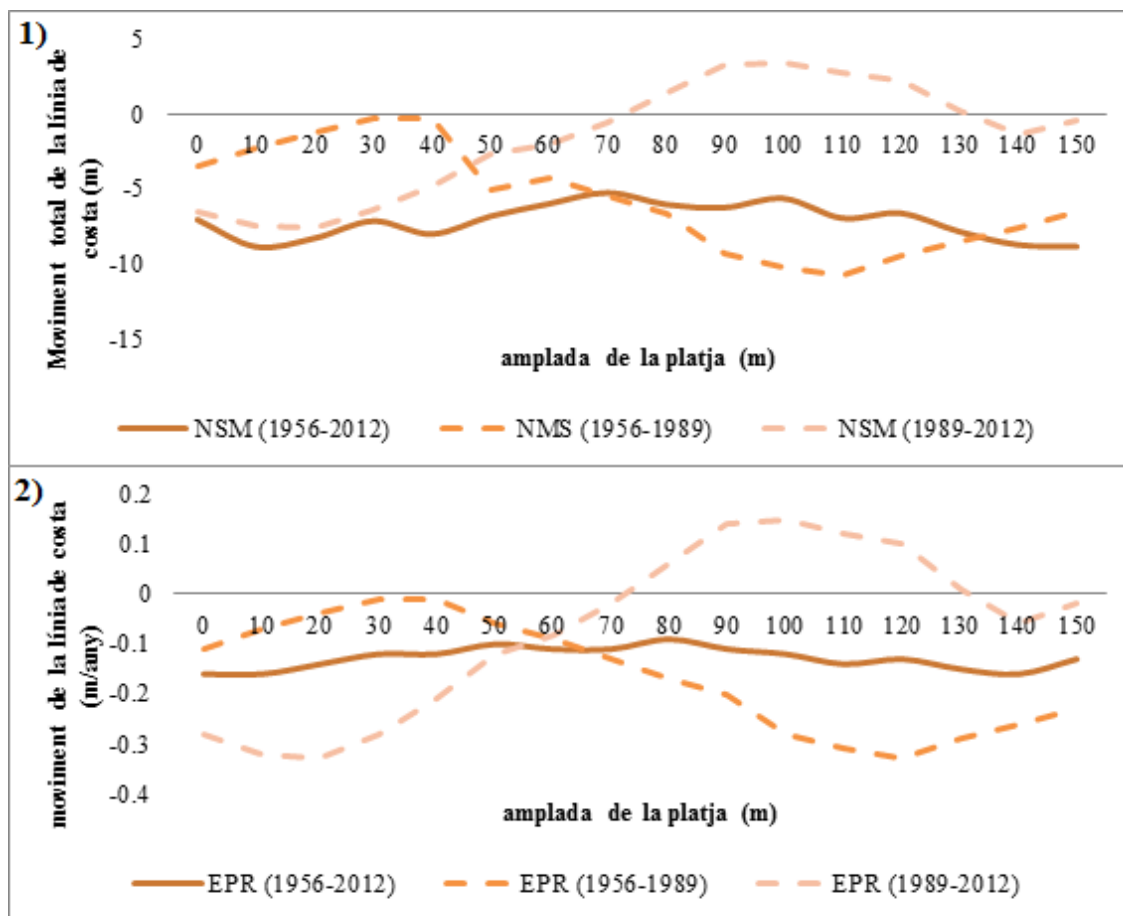


Figura 10. (1) NSM per períodes: 1956-2012, 1956-1989 i 1989-2012, expressat en metres i (2) EPR pels mateixos períodes expressat per m/any. Elaboració pròpia.

Amb el pretext de relacionar-ho amb la incidència dels temporals, entesos com a períodes extraordinaris on la dinàmica de vent i onatge és més incident, s'agafen les dades disponibles (1996-2015) de la boia WANA2126117, situada al far de Capdepera (Ministeri de Foment. Puertos del Estado). Es recull l'onatge màxim mensual disponible i s'observa que es donen 5 mesos amb ones d'altures màximes superiors als 6m. Aquest fet sembla indicar que el sistema platja-duna de Cala Torta està sotmès a dinàmiques de forts temporals (Figures II i III).

4.2.2. Variació de la cobertura vegetal al *foredune* (1956-2012)

La variació temporal de la cobertura vegetal del *foredune* no ha estat homogènia al llarg del temps, tot hi haver-hi una tendència de disminució (figura 5). Si s'analitza any per any, la màxima cobertura vegetal es situa al 1956 amb un total de 9170,98 m². A partir d'aquest instant hi ha una progressiva disminució, a excepció de l'any 2002 on la cobertura és de 5021,31 m², presentant una recuperació considerable ja que s'arriba a valors pròxims als del 1973. Així mateix, la menor cobertura vegetal coincideix amb la situació del 2012 havent una superfície de 3371,54 m². Per tant, en termes absoluts la superfície vegetada s'ha reduït en 5799,44 m², el que suposa una disminució de més del 50%, trobant-se una superfície vegetada equivalent al 36,77% respecte a la situació inicial del 1956.

Per períodes destaquen tres distintes intensitats; la primera d'elles és la dràstica i màxima disminució de la cobertura vegetal herbàcia (-3862,08 m²) durant el període comprés entre el 1956 i el 1973, passant a una superfície vegetada del 57,89% respecte de l'any base (1956), el que suposa una reducció del 42%. En segon lloc es remarca el període d'estabilització d'entre el 1979 i el 1983 on la cobertura vegetal només es redueix en -40,07 m². Finalment es destaca la considerable recuperació de la cobertura vegetal en el període d'entre el 1997 i el 2002 (1366,85 m²). No obstant, aquesta recuperació és efímera ja que als següents períodes aquesta segueix disminuint, superant els valors mínims dels períodes anteriors i arribant al mínim de vegetació herbàcia al 2012.



Figura 11. (1) Variació espacio-temporal que ha experimentat la cobertura vegetal herbàcia del *foredune* de Cala Torta per cada un dels anys analitzats, d'entre el 1956 i el 2012, i per cada un dels períodes temporals considerats (2). Elaboració pròpia.

Espacialment, la part davantera d'ambdós sectors és la més degradada. Per una banda, la presència de tot un seguit de vehicles privats (provinents del xiringuito) localitzats a les proximitats del sector occidental pot haver suposat la desaparició de gran part de la vegetació ja que s'ubiquen a on amb anterioritat hi havia una part del *foredune* (Figura IV) . Per altra banda, el sector oriental és el que ha presentat una major disminució de la cobertura vegetal i per tant, una major degradació.

Cal tenir present que els processos de degradació que s'inicien l'any 1973 amb la dràstica disminució i desaparició de la vegetació a primera línia es mantenen fins a l'actualitat. Aquest fet, tal i com es mostra a la figura 12, suposa la conseqüent degradació de la cobertura vegetada a la resta del sistema i duu amb sí a una reactivació dinàmica i sedimentària del sistema que afectarà també al seu estat ecològic (Mir-Gual, 2014).

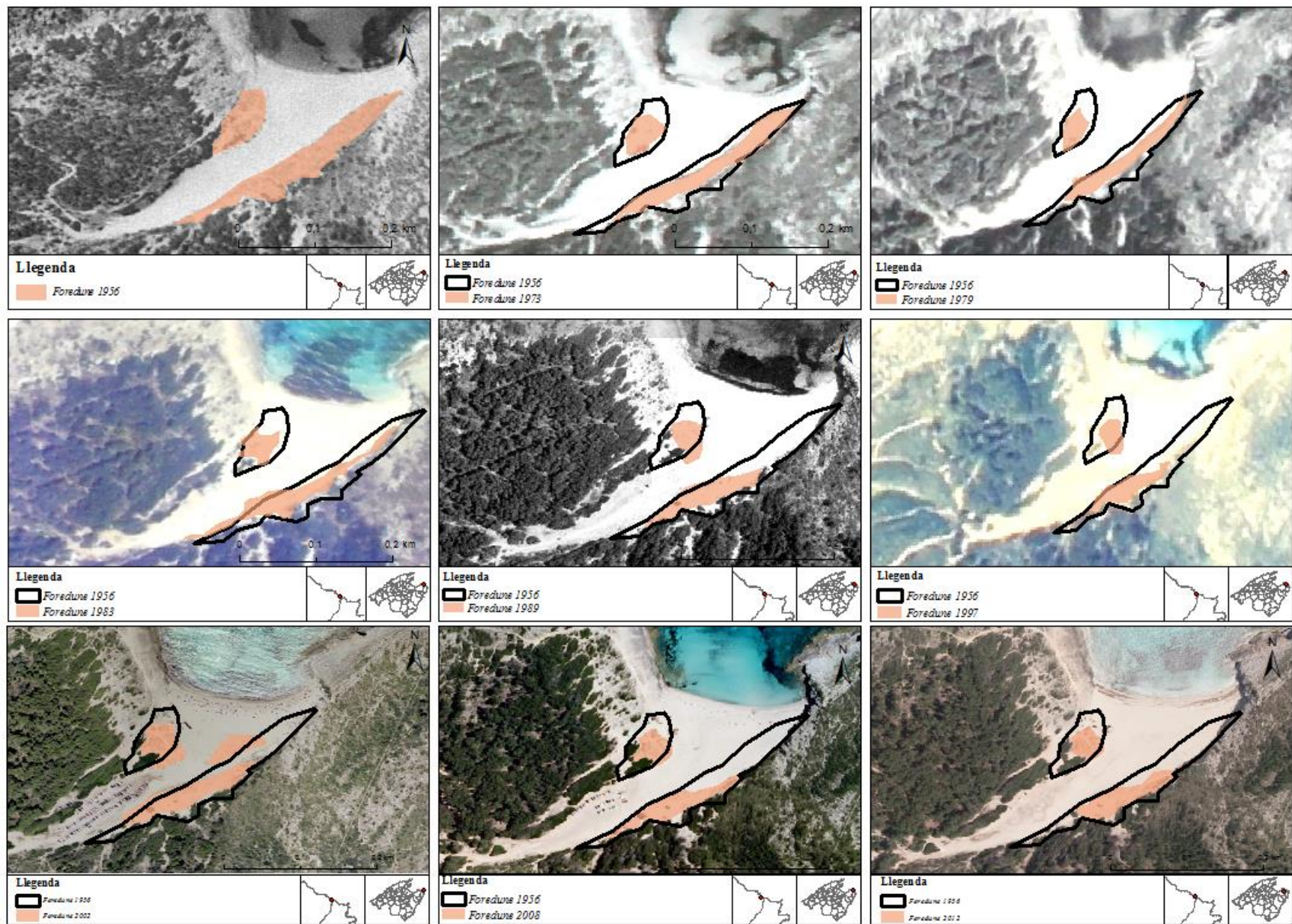


Figura 12. Cartografia de l'evolució de la superfície vegetada al *foredune* de Cala Torta des del 1956 al 2012. Elaboració pròpia.

4.3. Freqüentació de l'espai

Al sistema platja-duna de Cala Torta hi són presents tot un seguit d'aspectes i característiques que el fan únic i singular i que afavoreixen l'afluència de turistes, destacant-s'hi principalment els seus valors paisatgístics i ecològics. Així, els usos del sòl més destacats i abundants (Taula 2 i Figura V) són els espais amb presència de matolls, coníferes i afloraments rocosos amb 156,17 ha (62,72%) seguit dels indrets amb presència de matolls i coníferes amb 62,18 ha (24,97%). A més a més, cal destacar-hi i ressaltar la no presència d'urbanitzacions a les seves rodalies, localitzant-s'hi la primera a una distància d'1km en línia recta, corresponent a la de Cala Mesquida, sense estar visible des de la platja.

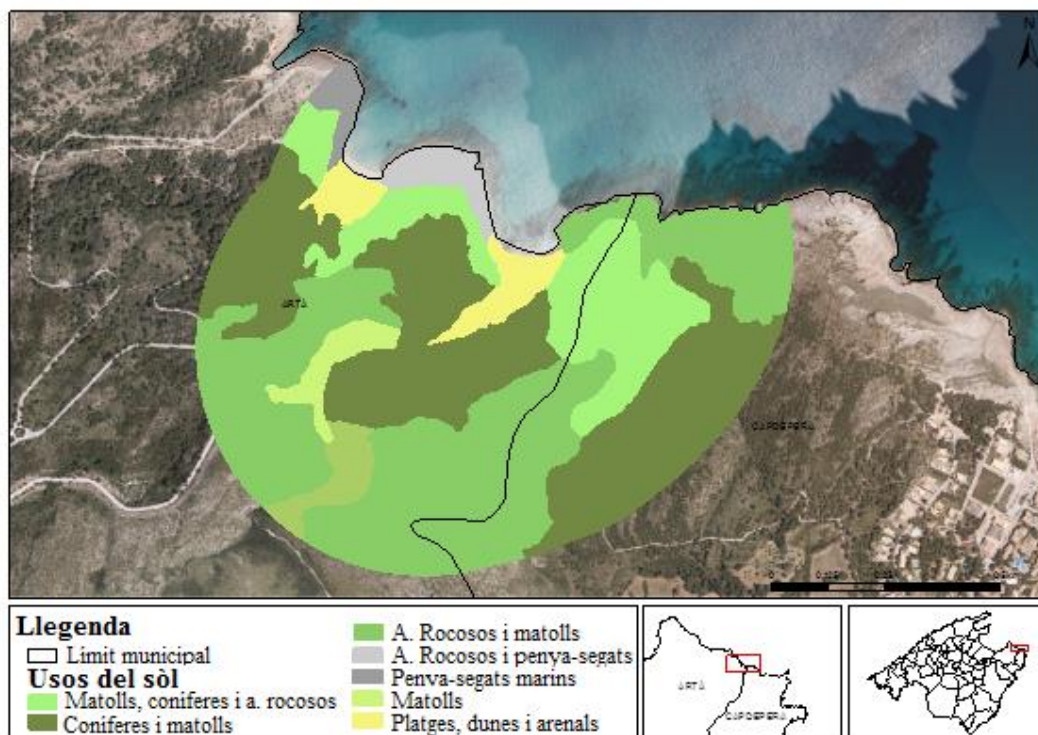


Figura 13. Entorn del sistema platja-duna de Cala Torta en una franja als 500 metres posteriors. Font: SIOSE (Sistema d'Informació d'Ocupació del Sòl a Espanya). Elaboració pròpia.

Amb l'anàlisi realitzada es pot categoritzar i tipificar el sistema platja-duna de Cala Torta com a natural i verge, posseint unes característiques d'alt valor ecològic i paisatgístic, atraient a un sector turístic determinat i desenvolupant-s'hi un aprofitament de l'espai com a centre d'oci per part de turistes i residents, principalment a la platja alta d'aquest sistema. No obstant, tot i existir-hi es pot considerar un espai que s'evadeix de la massificació d'usuaris i turistes.

Tal com es contempla a la Figura 14 i 15 hi és present una freqüentació mitjana inferior en comparació a altres indrets de l'illa (inclús durant l'època estival) no superant en cap dels dos dies analitzats els 700 visitants en una hora. Existeix una clara concentració en el període de màxim ús de la platja on les puntes es donen a les hores centrals del dia, entre les 13:00h i les 17:00h respectivament, independentment del dia d'aforament. Les corbes obtingudes obeeixen a pautes de freqüentació d'estància mitja per usuari superiors a les 4,5 hores a la platja i tenen forma de campana, típica de platges naturals i verges (Mas et al., 2004). Aquest comportament és degut a la distància i accés que separa el sistema platja-duna i el nucli urbà d'Artà, superior

als 10km amb una carretera estreta i de via lenta, suposant un major cost de desplaçament en distància i temps.



Figura 14. Freqüentació del sistema platja-duna de Cala Torta a les hores centrals del dia 08 d'agost del 2015, localitzant-s'hi la major afluència de turistes. Elaboració pròpia.

Tipificant la platja com a natural i verge, s'han establert criteris d'ocupació de com a màxim 25m²/ usuari (Roig-Munar, 2003) i s'han realitzat els càlculs de CC. Així, i tal com indica Roig-Munar (2003) a l'estudi de distintes cales de Menorca que es troben en Àrees Naturals d'Especial Interès (ANEI), el resultat ha estat la representació de la CC en el moment de màxima ocupació de cada una d'elles en els dies de mostreig, coincidint aquesta màxima ocupació amb les franges horàries comentades amb anterioritat.

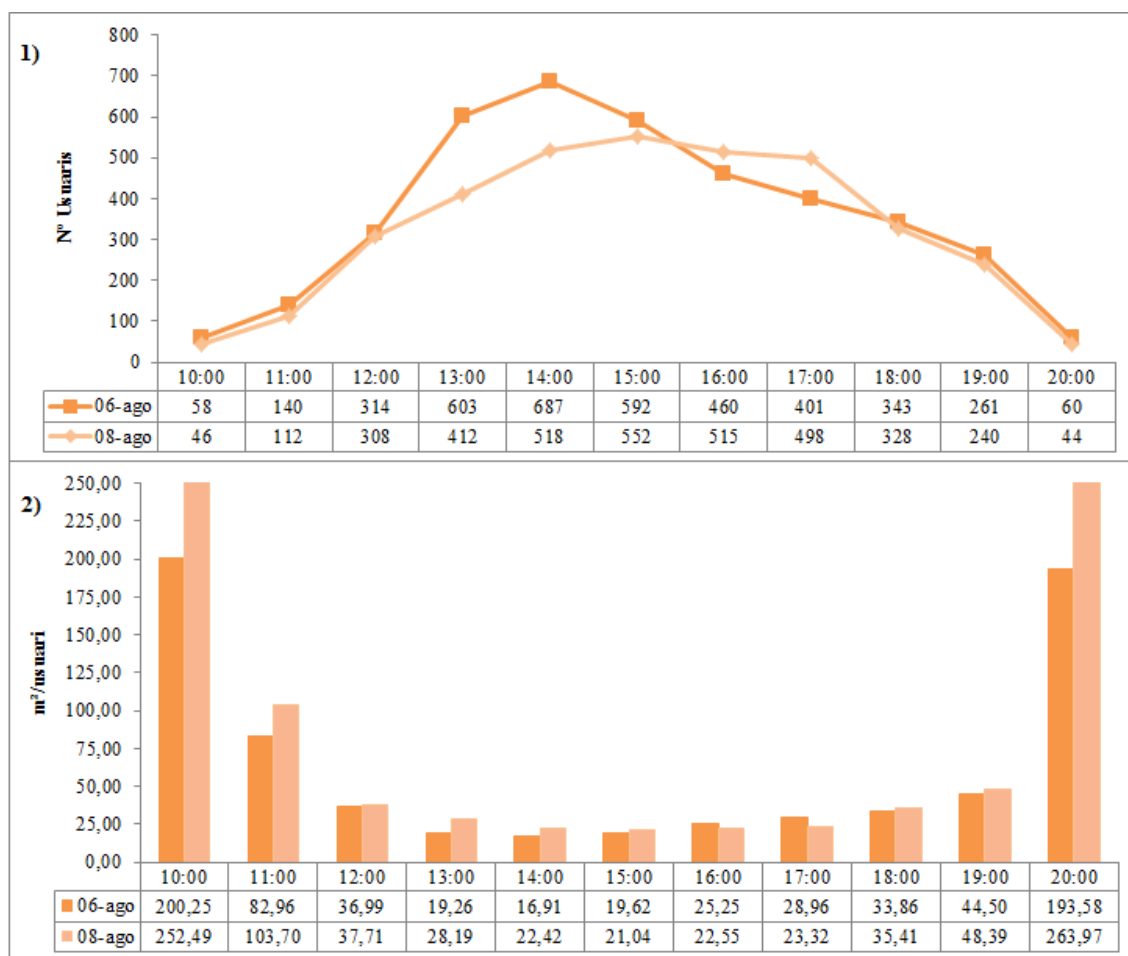


Figura 15. (1) Model de freqüentació i (2) Anàlisi de la Capacitat de Càrrega de la platja alta del sistema platja-duna de Cala Torta. Elaboració pròpia.

A més, s'observa com la platja del sistema dunar de Cala Torta (Figura 15) només es troba saturada a les hores centrals del dia en els dos dies de mostreig, entre la 13:00h i les 15:00h el dia 6 d'agost i entre les 14:00h i les 17:00h el dia 8 d'agost, sent inferior a la capacitat òptima establerta (25m²/usuari). No obstant, tant a les primeres hores com a les darreres s'han obtingut valors de CC satisfactoris, per davall del màxim aconsellat. Per tant, amb els resultats obtinguts es pot mencionar que al sistema platja-duna de Cala Torta només s'hi localitzen fenòmens de sobrefreqüentació a les hores centrals del dia tot i no ser molt elevats.

La immensa majoria d'usuaris i turistes que accedeixen al sistema platja-duna ho fan a partir del cotxe privat a causa de la llarga distància que el separa del nucli urbà més proper (Artà). No obstant, aquests dies hi hagué una dotzena d'usuaris que hi arribaren caminant des de Cala Mesquida bé sigui pel litoral o pel Coll des Racó, inici de la primera etapa d'una ruta senderista, el GR-222. Es va poder observar que bona part d'aquests quedaven a la platja per un interval inferior a mitja hora per refrescar-se i llavors prosseguir amb la ruta senderista.

Respecte dels que hi arribaren en cotxe es va intentar fer un recompte del número de cotxes que hi havia estacionats a les immediacions. El dia 8 d'agost a les 14.00h es comptabilitzaren un total de 202 cotxes. Si es divideix entre el nombre d'usuaris que hi havia aleshores (518), surt que cada cotxe transportava 2,56 persones.

Cal tenir present que la zona d'aparcament dels cotxes es concentrà sobretot sobre el primer tram arenós, arribant en el moment de màxima afluència a formar-se una línia de cotxes a banda i banda del camí que en el punt més pròxim de la platja alguns cotxes estaven a sobre de la vegetació herbàcia que cobria el substrat arenós (Figura VI).

CAPITOL 5. DISCUSSIÓ

Després d'haver exposat a l'apartat anterior els resultats de diferents aspectes que caracteritzen el sistema platja-duna de Cala Torta, cal considerar la seva gestió a partir d'ells i de les tres corbes de sensibilitat o fragilitat morfodinàmica de Roig-Munar & Martín-Prieto (2005) referents a l'estabilitat o l'erosió del conjunt del sistema geomorfològic. El motiu és que ajuden a identificar els punts on en termes generals s'haurien de menester mesures de gestió més contundents per mor de ser més susceptibles de degradació.

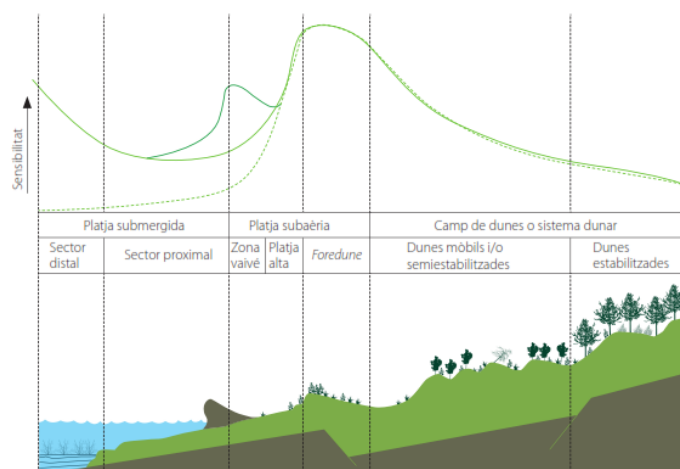


Figura 16. Sectors platja-duna amb els diferents graus de sensibilitat i fragilitat. Font: Roig-Munar & Martín-Prieto (2005), modificat de Brown & McLachan (1990) i de Rodríguez-Perea et al. (2002).

La primera corba (línia discontinua) remarca que el punt amb més sensibilitat es situa entre la platja alta i el *foredune*. És una corba prou pronunciada la qual deixa entreveure que la sensibilitat del camp de dunes és més elevada que la platja submergida. Això té raó de ser perquè Brown & McLachan (1990) parteixen de sistemes dunars continentals, on la dinàmica marina és molt distinta per l'efecte de les mareas, el que n'assegura una protecció addicional de la zona vaivé.

La segona (la contínua color verd fluix) fou establerta per Rodríguez-Perea et al. (2002) i fou pensada per ser aplicada als sistemes platja-duna de les Illes Balears. Incrementa de manera molt remarcable el nivell de sensibilitat des de la zona vaivé fins al sector distal. Aquest darrer presenta una protecció elevada com a contenidor de la pradera de *Posidonia oceanica* pel seu efecte d'espai productor de sediment carbonatat del sistema i estabilitzador de la platja submergida.

La tercera corba (la contínua color verd fort), concebuda per Roig-Munar & Martin-Prieto (2005) fou la més moderna. Suposa la modificació més brusca i accentuada, i a diferència de l'anterior, contempla un punt àlgid de fragilitat just al límit entre la zona vaivé i el sector proximal. Allà mateix és on es disposen en primera instància les bermes de *Posidonia oceanica*. És doncs un espai de transferència sedimentària entre els sectors submergit i subaeri, el qual funcionalment aporta nova matèria orgànica entre la platja al mateix temps que serveix com element amortidor dels grans temporals. En definitiva, ressalta la importància de la berma.

Tenint en compte tot això, els punts crítics en el grau de sensibilitat i fragilitat del perfil teòric de platja-duna balear serien el sector distal on es troben les praderes de *Posidonia oceanica*, la zona limítrof on es disposa la berma, i la zona de transició entre platja alta i *foredune*.

Emperò, si més no el sistema platja-duna de Cala Torta és certament distint. En el present estudi s'ha evidenciat que l'evolució del sistema dunar des de 1956 està marcada per una disminució de la vegetació sobre la superfície arenosa, conformadora del *foredune*. Per tant aquest punt efectivament n'és indicador de que l'elevada fragilitat ha derivat en una disminució de la superfície, el que juntament amb altres indicadors com petits camins a la zona interior es podria entendre com una degradació general. Amb aquest panorama es fa imprescindible la proposició d'un marc de gestió que contempli i solucioni aquesta problemàtica.

Per altra banda, les praderes de *Posidonia oceanica* submergides es troben en certa manera protegides pel fet que tota la zona estigui inclosa dins la Reserva Marina del Llevant de Mallorca, àmbit marí amb restriccions importants de pesca. S'ha pogut observar que les praderes més contigües a la platja es troben just a 15-20 metres lineals de l'extrem occidental.

De la mateixa manera el fet de no retirar-se la berma en cap època de l'any denota que no hi ha alteracions remarcables sobre la dinàmica natural de deposició i erosió de la berma. Es pot afirmar que en el sistema estudiat dos dels punts més sensibles han estat poc alterats per accions humanes. En conseqüència les mesures de gestió serien una eina complementària per a garantir la continuïtat de l'estat actual.

Les mesures de gestió al sistema platja-duna giren al voltant de tres eixos principals, per tal d'assegurar els punts de fragilitat del sistema, millorar la imatge paisatgística i promocionar-ne un ús responsable:

Dinàmica Sistema Platja-Duna + Millora ambient + Educació

Així cada un dels grans eixos es concreta en un objectiu rector per a les propostes concretes. En total s'han presentat una desena de propostes pràctiques i simples, fàcils de dur-se a terme per l'òrgan competent, en aquest cas l'ajuntament, en col·laboració amb altres agents implicats.

EIX: Dinàmica Sistema Platja-Duna

OBJECTIU: Recuperar la superfície del *foredune* a nivells de 1956

PROPOSTES:

1) Impedir l'aparcament i circulació de cotxes dimensionat a la platja.

Actualment la major part de l'aparcament dels vehicles s'ubiquen dintre del sistema platja-duna, principalment a l'àmbit on a l'hivern es localitza una bassa temporal. Aquesta bassa és un hàbitat prioritari dins la Xarxa Natura 2000 (Directiva Hàbitat), la qual cosa s'hauria de reubicar el pàrquing a les afores del sistema dunar de Cala Torta i que els usuaris hi accedeixin caminant. A més a més, cal tenir present que els vehicles suposen una compactació del sòl i incorporen contaminants, tals com olis i benzina al mateix sòl.

Per a dur-ho a terme s'incorporaria una barrera de fusta, com l'existent a la platja de Cala Mitjana (Artà) des de la intersecció del torrent amb el camí d'accés per tal de no permetre el pas dels cotxes.



Figura 17. Localització de l'actual pàrquing dintre del sistema platja-duna de Cala Torta. Elaboració pròpia.

2) Delimitar el foredune del sector oriental amb la instal·lació de cordons dissuasoris.

Incorporar cordons dissuasoris per tal d'evitar el pas dels usuaris. L'àrea a cobrir es correspondria on actualment s'hi localitzen el *foredune* i les dunes incipients que hi ha a les seves rodalies.



Figura 18. Marques de diferents vehicles amb motor al pas pel foredune del sector oriental. Elaboració pròpia.

- 3) *Instal·lar trapes d'interferència eòlica a una part de les dunes estabilitzades incloses dintre del sector oriental.*

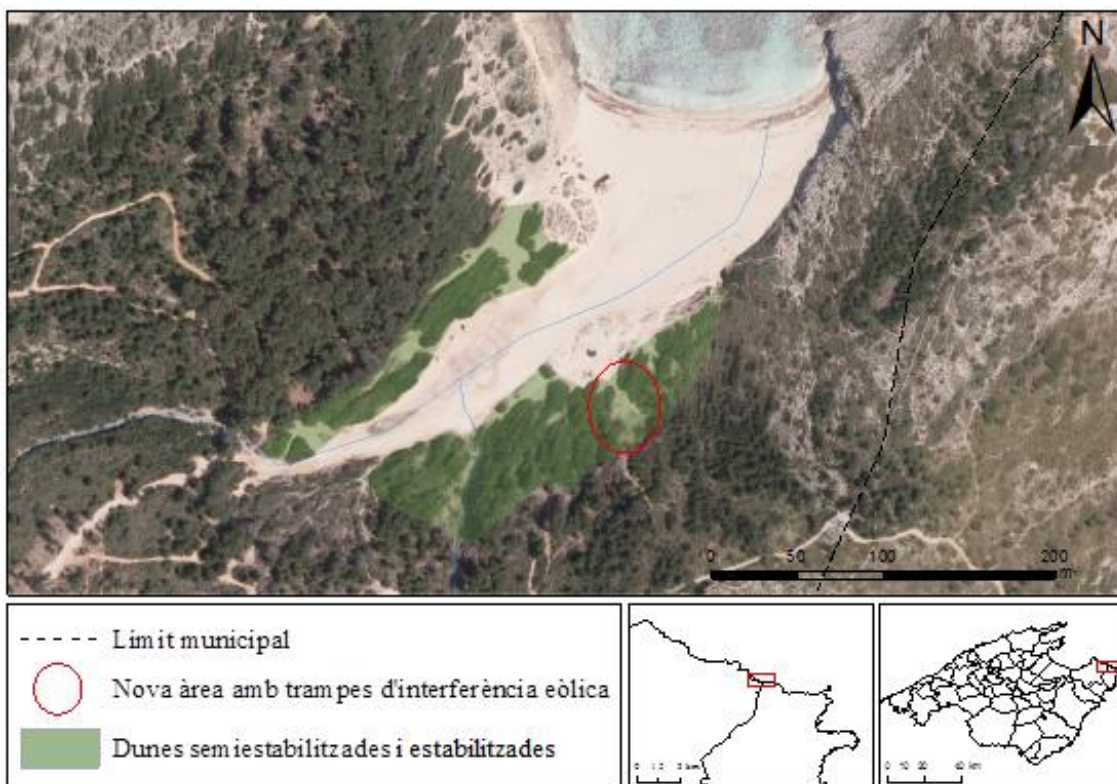


Figura 19. Localització de les trapes d'interferència eòlica al sector oriental del sistema platja-duna de Cala Torta. Elaboració pròpia.

- 4) *Prohibir l'accés de cotxes sobre la part davantera del foredune del sector occidental.*

Ubicar tot un seguit de pals per tallar el camí i desplaçar-ho uns 15/20 metres enrere per tal d'evitar el trencament del foredune i poder recuperar part de la vegetació present al foredune 1956.



Figura 20. Localització de cotxes privats localitzats a on al 1956 hi era present una part de *foredune*. Elaboració pròpia.

EIX: Millora ambient

OBJECTIU: Millorar l'estat de conservació ambiental de la platja

PROPOSTES:

- 5) *Ubicar un bany mòbil entre els mesos de juliol i setembre.*

El bany estaria vinculat al chiringuito per tal d'evitar bona part de la brutícia existent al pinar i garantir-ne la conservació i funcionament en bon estat.

- 6) *Programa de recollida de residus.*

Programa per eliminar els residus no biodegradables de tot el sistema dunar i els voltants a partir de la neteja manual. Es duria a terme durant els mesos estivals cada dues o tres setmanes. Es tractaria de vincular la concessió de vigilància de platges a que complissin els requisits de mantenir l'entorn en bones condicions, lliure de brutícia.

- 7) *Facilitar l'accés per al transport no motoritzat com a alternativa.*

Col·locació d'una barana adaptada per a l'aparcament per a les bicicletes que hi accedeixen des dels camins de Cala Mesquida i Cala Mitjana per dintre del pinar o des del camí principal. S'obvien les dificultats d'aconseguir afluència en els dies de més calor.

EIX: Educació

OBJECTIU: Augmentar-ne la conscienciació i valoració dels usuaris

PROPOSTES:

- 8) *Cartells informatius als vials d'accés vora els ja presents que potenciïn la conscienciació d'estar en un entorn natural.*

Es tractaria de cridar l'atenció amb un missatge breu i concís que explicités el comportament desitjat per qualsevol usuari a dins una àrea natural protegida, com és el cas d'estar Cala Torta dins un ANEI.

9) *Programa “deixa l’arena a la platja”.*

Proporcionar bones pràctiques o mètodes per emportar-se la menor quantitat d’arena possible de la platja i fomentar la seva realització a l’entorn de Cala Torta amb un cartell informatiu vora l’aparcament dels cotxes.

10) *Promoure sortides escolars per fomentar el coneixement i valoració del sistema platja-duna.*

Les sortides escolars suposen una oportunitat per divulgar i fer entendre certs valors que sovint es menyspreen o passen desapercebuts com és el cas del sistema platja-duna de Cala Torta. S’ha de fer incís en exaltar-lo com a cas distintiu per la seva dinàmica natural, tan necessària per preservar-lo.

CAPÍTOL 6. CONCLUSIONS

Artà és un municipi diferenciat que compta amb un seguit de recursos naturals de gran riquesa que li venen donats per tenir un litoral verge i d'alt valor paisatgístic. L'anàlisi de l'entorn denota que Cala Torta no n'és una excepció. Constitueix una platja natural amb un atractiu verge, sense la presència d'urbanitzacions al seu voltant.

El present estudi ha permès conèixer l'estat general d'un sistema dunar, un tant marginat des d'un punt de vista de la investigació científica. D'una banda s'ha pogut evidenciar la dràstica reducció de la cobertura vegetal del seu *foredune* des del 1956 fins al 2012. Així mateix, els anàlisis de les variacions en la línia de costa demostren un clar retrocés, sent uniforme a totes les seccions. Si es tenen en compte totes les línies de costa digitalitzades, a simple vista es denota la seva variació anual arran de la dinàmica de temporals. No obstant, faria falta un anàlisi més exhaustiu que correlacionés el que de per sí mateix sembla evident.

D'altre banda s'ha quantificat, tot i amb un mostreig de tan sols dues jornades, el nivell de freqüentació indicatiu de la pressió humana sobre el sistema mitjançant l'indicador de la Capacitat de Càrrega física.

El sistema platja-duna de Cala Torta té potencialitats per ser la insígnia d'una gestió responsable d'acord amb la imatge que vol oferir Artà com a municipi. Una de les maneres passaria per l'aplicació d'un nou marc de gestió concebut a partir de la identificació de les tres corbes de sensibilitat i fragilitat. En el cas de Cala Torta l'estat de les praderes de *Posidonia oceanica* i el fet de no eliminar la berma en cap estació de l'any ha provocat que les mesures de gestió vagin encaminades a la recuperació de la vegetació del *foredune*. Emperò, anant una passa més enllà es pretén complementar aquesta recuperació amb la millora de l'entorn i l'educació ambiental.

Un cop havent establert els tres grans eixos, s'han establert 10 mesures de gestió o es ressalta la importància de mantenir, preservar i garantir el futur del sistema platja-duna per consolidar-los com a elements d'atracció i gaudi tant pels turistes com pels mallorquins. Una de les premisses bàsiques passa pel fet de gestionar els recursos territorials de forma més sostenible en benefici de tots sense excepció.

Per concloure, es pretén que el present estudi serveixi com a preàmbul per a la futura realització d'investigacions en més profunditat més enllà dels aspectes genèrics tractats a aquest estudi. Qualsevol d'aquestes hauria d'encaminar-se a la finalitat última de proposar noves mesures o models de gestió per tal d'assegurar la perdurabilitat d'aquest sistema platja-duna al llarg del temps.

AGRAÏMENTS

Per a totes aquelles persones que d'una o altra manera han ajudat a fer possible la realització d'aquest treball.

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- Balaguer, P. (2007). Inventari quantitatiu de les costes rocoses de Mallorca. *In*: Pons, G.X. i Vicens, D. (Edit.). Geomorfologia Litoral i Quaternari. Homenatge a Joan Cuerda Barceló. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 14:201-230. ISBN: 84-96376-13-3. Palma de Mallorca.
- Balaguer, P. (2012). Implicaciones de la Geomorfología en las Iniciativas de Gestión Integrada de la Zona Costera. En: Rodríguez-Perea, A.; Pons, G.X.; Roig-Munar, F.X.; Martín-Prieto, J.Á.; Mir-Gual, M.; Cabrera, J.A. (eds.). *La gestión integrada de playas y dunas: experiencias en Latinoamérica y Europa*: Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 19: 45-60. ISBN: 978-84-616-2240-5. Palma de Mallorca.
- Demarcació de Costes (2009). Govern d'Espanya. *Els sistemes dunars a les Illes Balears*. < http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/divulgacion_dunas_tcm7-156083.pdf> [Consulta: 08/08/2015].
- Duarte, C.M. (2003). Cap a una millor comprensió de l'estat, ecologia i conservació de les praderies d'angiospermes marines (*Posidonia oceanica* L. Delile) de les Illes Balears. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 46: 9-19.
- Gelabert, B.; Servera, J.; Rodríguez-Perea, A. (2002). Características geomorfológicas del sistema dunar de la Bahía de Alcudía (isla de Mallorca). *Geogaceta*, 32: 209–212.
- Herbari virtual del Mediterrani occidental (Illes Balears). Universitat de les Illes Balears. < <http://herbarivirtual.uib.es/cas-uib/index.html>> [Consulta: 10/08/2015].
- Infraestructura de Dades Espacials de les Illes Balears (IDEIB). Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori (Govern de les Illes Balears). < http://ideib.caib.es/catalogIDEIB/cercaCatalog.jsp?lang=es_ES> [Consulta: 28/06/2015].
- Jaume, C.; Fornós, J.J. (1992). Composició i textura dels sediments de platja del litoral mallorquí. *Bolletí Societat d'Història Natural de Les Balears*, 35: 93–111.
- Martín-Prieto, J.A.; Roig-Munar, F.X.; Rodríguez-Perea, A. (2008). Análisis espacio-temporal (1956-2005) de la foredune de Cala Mesquida (N. Mallorca) mediante el uso de variables geoambientales i antropicas. *Territoris (2007-2008)*, 7: 175-191.
- Martín-Prieto J.A., Roig-Munar, F.X., Pons G.X., Rodríguez-Perea A., Alvarado, M. and Mir-Gual M (2013). Description of erosion processes in Spratt Bight (San Andrés Island, Colombia) using Sequential End Point Rates (EPR). En: Conley, D.C., Masselink, G., Russell, P.E. and O'Hare, T.J. (eds.). *Proceedings 12th International Coastal Symposium (Plymouth, England)*: Journal of Coastal Research, Special Issue No. 65: 997-1002. ISBN 0749-0208.
- Mas, Ll.; Blàzquez, M. (2004). Anàlisi de la freqüentació d'ús a les platges i estudi de paràmetres de sostenibilitat associats. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 45: 15-40.
- Ministeri de Foment (2013). Puertos del Estado. *Clima medio del viento*. <http://calipso.puertos.es/BD/informes/medios/MED_3_8_2126117.pdf> [Consulta: 06/07/2015].
- Mir-Gual, M.; Pons, G.X.; Roig-Munar, F.X.; Martín-Prieto, J.A. (2012). La Ley de Costas española: de su revisión a su grado de aplicación. En: Rodríguez-Perea, A.; Pons, G.X.; Roig-Munar, F.X.; Martín-Prieto, J.Á.; Mir-Gual, M.; Cabrera, J.A. (eds.). *La gestión integrada de playas y dunas: experiencias en Latinoamérica y Europa*: Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 19: 105-122. ISBS: 978-84-616-2240-5. Palma de Mallorca.
- Mir-Gual, M. (2014). Anàlisi, caracterització i dinàmica de les formes erosives *blowout* en sistemes dunars de Mallorca i Menorca (Illes Balears). Tesis doctoral. *Universitat de les Illes Balears*.

- Rodríguez-Perea, A.; Servera, J.; Martín-Prieto, J.A. (2000). *Alternatives a la dependència de les platges a les Balears de la regeneració artificial continuada: Informe Metadona*. Palma de Mallorca, Universitat de les Illes Balears; 108pp.
- Roig-Munar, F. X. (2001). El conocimiento de la *Posidonia oceanica* y sus funciones ecológicas como herramienta de gestión litoral. La realización de encuestas a los usuarios de playas y calas de la isla de Menorca. *Papeles de Geografía*, 34: 271–280.
- Roig-Munar, F.X (2003). Análisis de la relación entre capacidad de carga física y capacidad de carga perceptual en playas naturales de la isla de Menorca. *Investigaciones geográficas*, 31: 107-118.
- Roig-Munar, F. X.; Martín-Prieto, J.A. (2005). Efectos de la retirada de bermas vegetales de *Posidonia oceanica* sobre playas de las Islas Baleares: consecuencias de la presión turística. *Investigaciones Geográficas, Boletín Del Instituto de Geografía, UNAM*, 40–52.
- Roig-Munar, F. X.; Martín-Prieto, J.A.; Rodríguez-Perea, A.; Pons, G.X.; Gelabert, B.; Mir-Gual, M. (2012). Risk Assessment of Beach-Dune System Erosion: Beach Management Impacts on the Balearic Island. *Journal of Coastal Research*, 28(6), 1488–1499.
- Roig-Munar, F.X.; Martín-Prieto, J.A.; Rodríguez-Perea, A.; Pons, G.X.; Mir-Gual, M. (2012). Alternativas ambientales en la gestión de playas y sistemas dunares en las Islas Baleares. En: Rodríguez-Perea, A.; Pons, G.X.; Roig-Munar, F.X.; Martín-Prieto, J.Á.; Mir-Gual, M.; Cabrera, J.A. (eds.). *La gestión integrada de playas y dunas: experiencias en Latinoamérica y Europa*: Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 19; 77-91. ISBN: 978-84-616-2240-5. Palma de Mallorca.
- San Félix, M. (2000). *La Posidònia: el bosc submergit*. Palma de Mallorca, Edicions Documenta Balear, S.A.; 77pp.
- Sardà, R.; Ariza, E.; Jiménez, J.A. (2012). Buscando el uso sostenible de las playas. En: Rodríguez-Perea, A.; Pons, G.X.; Roig-Munar, F.X.; Martín-Prieto, J.Á.; Mir-Gual, M.; Cabrera, J.A. (eds.). *La gestión integrada de playas y dunas: experiencias en Latinoamérica y Europa*: Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 19:33-44. ISBN: 978-84-616-2240-5. Palma de Mallorca.
- Servera, J.; Rodríguez-Perea, A. (1996). Morfologías parabólicas de los sistemas dunares litorales de Baleares. En: Grandal d'Anglade, A.; Pagés Valcarlos, J. (eds.). *IV Reunión de Geomorfología: Sociedad Española de Geomorfología O Castro (A Coruña)*, 21: 645-658.
- Servera, J. (2004). *Geomorfología del Litoral de les Illes Balears*. Palma de Mallorca, Edicions Documenta Balear, S.A.; 88pp.
- Servera, J.; Rodríguez-Perea, A.; Martín-Prieto, J.A. (2011). Las dunas costeras de las Islas Baleares. En: Sanjaume, E.; Gracia-Prieto, F.J. (eds.). *Las dunas en España*: Sociedad Española de Geomorfología, 285-304. ISBN: 978-84-615-3780-8.
- Thieler, E.R.; Himmelstoss, E.A.; Zichichi, J.L.; Ergul, Ayhan (2009). Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0—An ArcGIS extension for calculating shoreline change: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278.
- Yepes, V. (2012). Sistemas voluntarios de gestión de playas de uso intensivo. En: Rodríguez-Perea, A.; Pons, G.X.; Roig-Munar, F.X.; Martín-Prieto, J.Á.; Mir-Gual, M.; Cabrera, J.A. (eds.). *La gestión integrada de playas y dunas: experiencias en Latinoamérica y Europa*: Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 19: 61-76. ISBN: 978-84-616-2240-5. Palma de Mallorca.

APÈNDIX

TAULES

Taula I. Característiques generals de les principals espècies vegetals al sistema dunar de Cala Torta. Font: Demarcació de costes de les Illes Balears, 2009; Herbari virtual del Mediterrani Occidental (Illes Balears). Elaboració pròpia.

Nom comú	Nom científic	Característiques generals
Borró	<i>Ammophila arenaria</i>	<ul style="list-style-type: none">• Espècie especialment adaptada als sistema dunars, on té un paper fonamental en la fixació de l'arena.• Es reproduïx a partir de rizomes, suporta l'acció abrasiva de l'arena i creix tot l'any.
Card marí	<i>Eryngium maritimum</i>	<ul style="list-style-type: none">• Típica de les primeres línies de vegetació dels sistemes dunars.• Posseeix fulles dures i espinoses.
Garballó	<i>Chamaerops humilis</i>	<ul style="list-style-type: none">• Única palmera autòctona de la Mediterrània occidental.• Característic dels camps dunars de l'àrea d'Artà (Mallorca).
Lliri de mar	<i>Pancremium maritimum</i>	<ul style="list-style-type: none">• Especialment resistent a les condicions dunars.• Arrels fondes i amb llavors que poden ser transportades fàcilment pel vent i l'aigua.
Pi blanc	<i>Pinus halepensis</i>	<ul style="list-style-type: none">• Espècie localitzada principalment a les dunes semiestabilitzades i estabilitzades.• Els pins més exposats al vent creixen ajaguts, formant "dunes vegetals".
Rave de mar	<i>Cakile marítima</i>	<ul style="list-style-type: none">• Herba localitzat a les platges i sòls arenosos.• Colonitza espais un poc degradats.

Taula II. Percentatge dels usos del sòl presents a l'entorn del sistema platja-duna de Cala Torta en una franja als 500 metres posteriors. Font: SIOSE. Elaboració pròpia.

ÚS DEL SÒL	Ha	%
Matolls	1,98	0,80
Matolls i coníferes	62,18	24,97
Matolls i afloraments rocosos	14,51	5,83
Matolls, coníferes i afloraments rocosos	156,17	62,72
Penya-segats marins	2,08	0,84
Penya-segats marins i afloraments rocosos	9,89	3,97
Platges, dunes i arenals	2,18	0,88
TOTAL	248,99	100

FIGURES

Figura I. Composició mitjana de l'arena de les platges a les Illes Balears. Font: Jaume & Fornós, 1992.

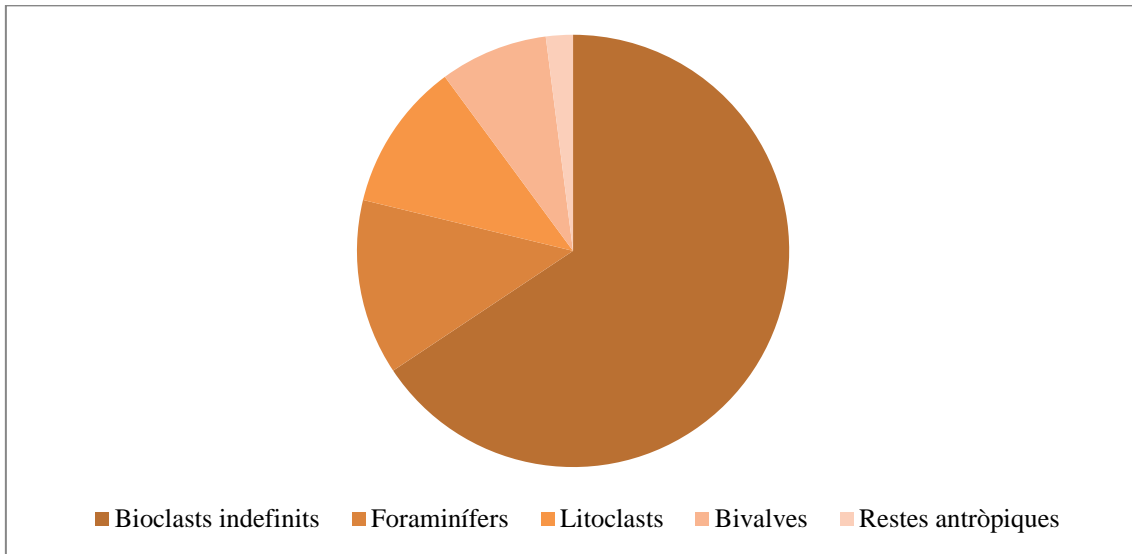


Figura II. Màxim mensual de l'altura de l'ona de la boia WANA2126117 (1996-2013). Font: Ministeri de Foment. Puertos del Estado.

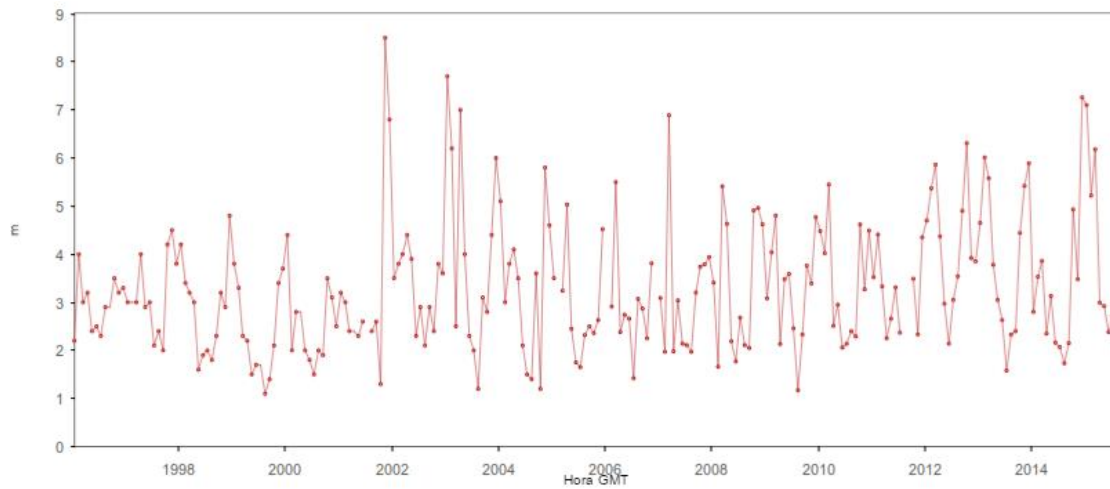


Figura III. Línies de costa del sistema platja-duna de Cala Torta pels anys 1956, 1989, 2002, 2008, 2011 i 2012. Elaboració pròpia.

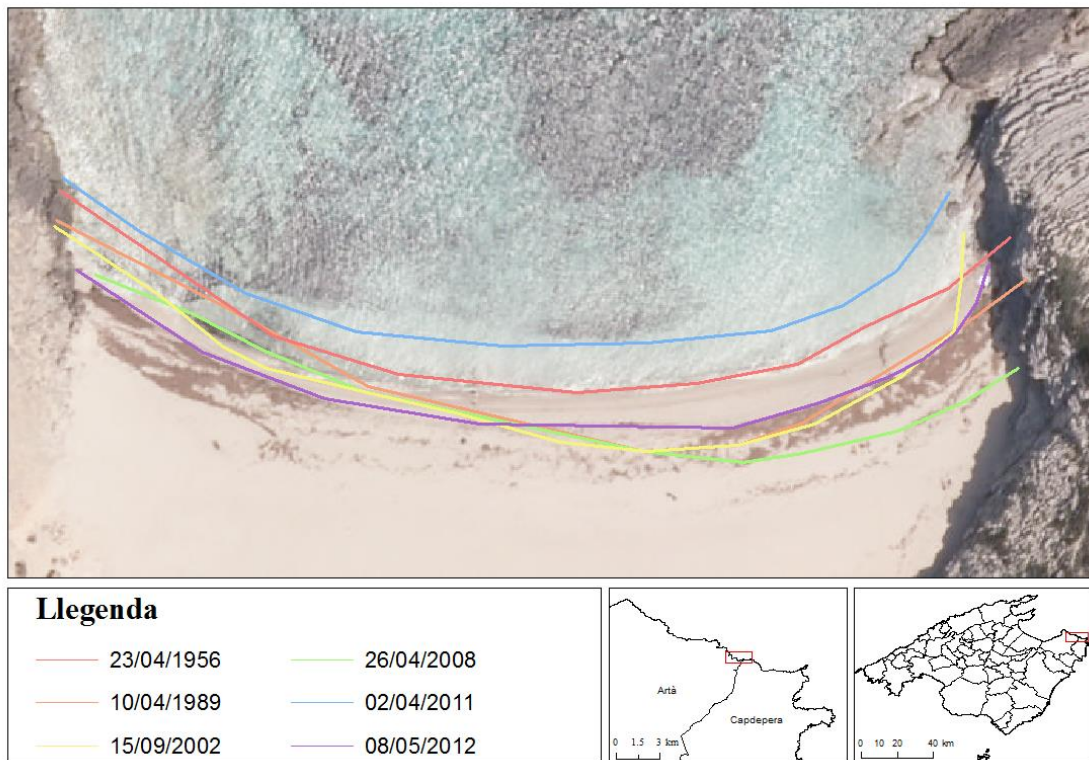


Figura IV. Localització de cotxes privats localitzats a on al 1956 hi era present una part de foredune. Elaboració pròpia.



Figura V. Entorn del sistema platja-duna a una franja de 500m. Font: SIOSE. Elaboració pròpia.

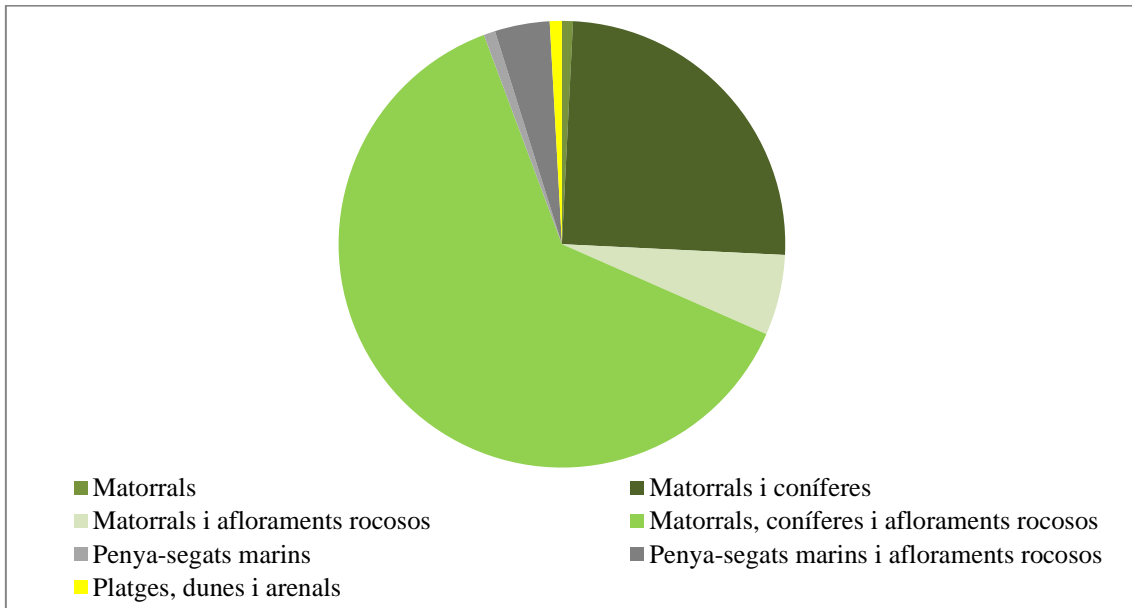


Figura VI. Localització de l'aparcament de vehicles privats durant l'època estival. Elaboració pròpia.

