

2.1

EL SISTEMA PLAYA-DUNA DE ES TRENC (BAHÍA DE CAMPOS)

Jaume SERVERA, Antonio RODRÍGUEZ-PEREA y José A. MARTÍN-PRieto

Dept. Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca.

INTRODUCCIÓN

El sistema playa-duna de es Trenc se localiza en la costa sur de Mallorca en el litoral que cierra la depresión de Campos, en la bahía del mismo nombre. El sistema ocupa una superficie total aproximada de 9 km², de los cuales 4,5 km² están construidos por formas dunares holocénicas que se extienden a lo largo de un frente de costa arqueada de unos 6 km de longitud. Este arco arranca desde su extremo oriental en el núcleo urbano de la Colonia de Sant Jordi hasta el Club Náutico de sa Ràpita en su extremo occidental y se extiende hacia tierra una distancia de 1,5 km.

Entre estos dos núcleos se encuentra el promontorio rocoso de ses Covetes que divide todo el arco de playa en dos sectores bien definidos. El más occidental que corresponde al sector de sa Ràpita y el oriental comprendido entre este núcleo y el de la Colonia de Sant Jordi; este último sector será objeto de visita, y sobre el realizaremos un itinerario con las diferentes paradas para conocer con mayor detalle este sistema dunar (Fig. 1).

En la parte central se encuentra una zona húmeda conocida como el Salobrar de Campos. Esta zona debió funcionar como una albufera, pero actualmente está ocupada por una explotación salinera que, de forma esporádica y artificial, la inunda con agua marina.

CONTEXTO GEO-ESTRUCTURAL DE LA DEPRESIÓN DE CAMPOS

El marco estructural donde se ubica el sistema dunar de es Trenc tiene una relación directa con la plataforma tabular finimiocénica de Lluçmajor. Esta plataforma ha estado sometida a una suave deformación general, que a grandes rasgos se caracteriza por un progresivo abombamiento en su parte central y un hundimiento de sus extremos oriental y occidental (Fig. 2).

En el costado occidental de dicha plataforma se sitúa la depresión de Palma, mientras que en el oriental se encuentra, encajada entre fallas distensivas con orientaciones principales SW-NE y SE-NW, la depresión de Campos. Esta cuenca recepciona materiales procedentes de la vertiente meridional de las Serralades Centrals y del extremo sudoccidental de las Serres de Llevant. Otros autores consideran que la génesis de estos depósitos se debe a un posible hundimiento tectónico, ya que los estratos miocenos subyacentes aparecen horizontales y sin deformaciones (Butzer, 1962; Rosselló, 1964).

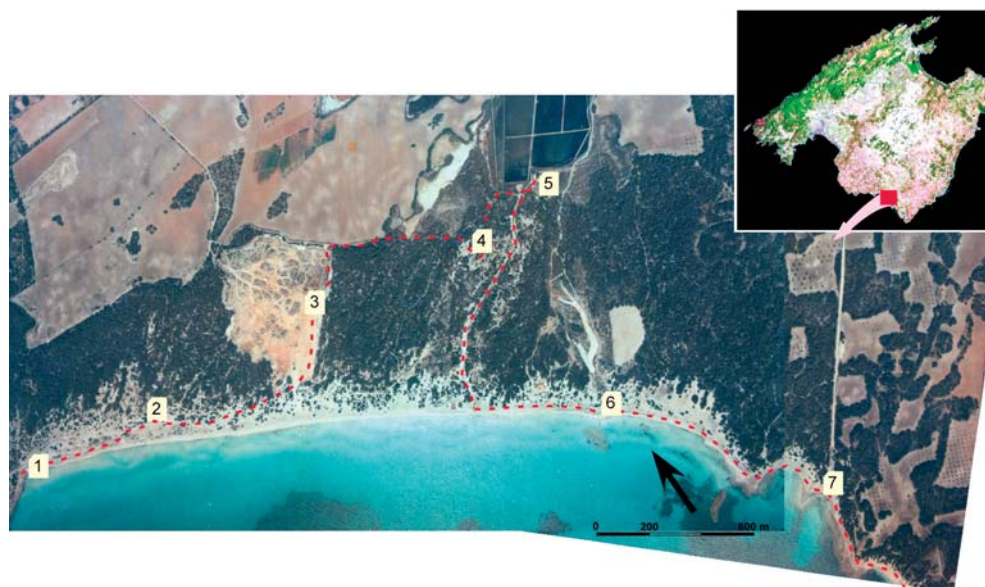


Figura 1. Localización del sistema dunar de es Trenc y del itinerario con las diferentes paradas (ver anexo 2.1).

A lo largo del Cuaternario, la zona de laguna del Salobrar, y debido a las diferentes regresiones y transgresiones marinas, ha actuado como una bahía. Así, en su registro paleontológico hay una presencia netamente lacustre, de forma ininterrumpida, desde su formación hace unos tres millones de años hasta la actualidad, mostrando una alternancia de ambientes palustres y marinos adaptados al medio salobre (Mateu *et al.*, 1982). Esta zona presenta procesos de inundación natural procedentes de escorrentía superficial y no de origen marino, por lo que no podemos hablar de una formación de albufera, ni tampoco de restinga dunar respecto al conjunto de dunas holocenas que la separa de la costa (Rosselló, 1969).

Las oscilaciones del nivel del mar también han dejado registro geomorfológico en el Morro de Son Coves (junto a los baños de la Font de Sant Joan) donde existe un paleocantilado con presencia de una balma excavada por el oleaje (Butzer, 1962) y una pequeña playa fosilizada (Rosselló, 1975).

ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS PLAYA-DUNA DE LAS BALEARES

Los sistemas dunares en el archipiélago balear muestran unas características comunes, en los que podemos diferenciar tres sectores dinámicos, que normalmente se presentan paralelos a la costa (Figs. 3, 4 y 5 y capítulo 1.3).

Comenzando desde la parte alta de la playa, tenemos el primer cordón de dunas delanteras (*foredunes*), de gran dinamismo, formando un cordón más o menos continuo a lo largo de la playa. El segundo sector, que denominamos como dunas móviles o semiestabilizadas y que cabalgan sobre formas más antiguas. Su característica principal es el predominio de dunas parabólicas simples. Finalmente, el sector más interno corresponde a

dunas estabilizadas, con un menor grado de dinamismo y totalmente fijadas por la vegetación. Su característica principal es la presencia de dunas parabólicas compuestas.

PLAYA Y CORDÓN DE FOREDUNES

Como sistema playa-duna, no presenta sustanciales diferencias con el resto de sus homónimos de Baleares (véase el capítulo 1.3). La parte sumergida de la bahía de Campos constituye la prolongación hacia el mar de la suave topografía del ámbito subaéreo. Este hecho implica que la batimetría de la plataforma continental no supere una pendiente del 1 % (Servera, 1997). Esta disposición batimétrica favorece la presencia y desarrollo de amplias superficies colonizadas por praderas de *Posidonia oceánica*, la cual constituye la principal “fábrica de sedimento” de procedencia autóctona, así como de otras comunidades productoras de sedimento.

El sedimento que encontramos en el ámbito actual de la playa corresponde en un 92,4 % a unas facies de arenas bioclásticas, frente a una fracción litoclástica del 7,2 % (la mayoría corresponde también, a litologías calcáreas). El mayor porcentaje de bioclastos corresponde a los indiferenciados (69 %) y el resto a foraminíferos (14,7 %), bivalvos (4,5 %) y briozoos (1,6 %) (Jaume y Fornós, 1992).

Actualmente el conjunto playa-duna presenta un balance fuertemente desequilibrado, desequilibrio que se ha visto incrementado en las últimas décadas debido, sobre todo, a un

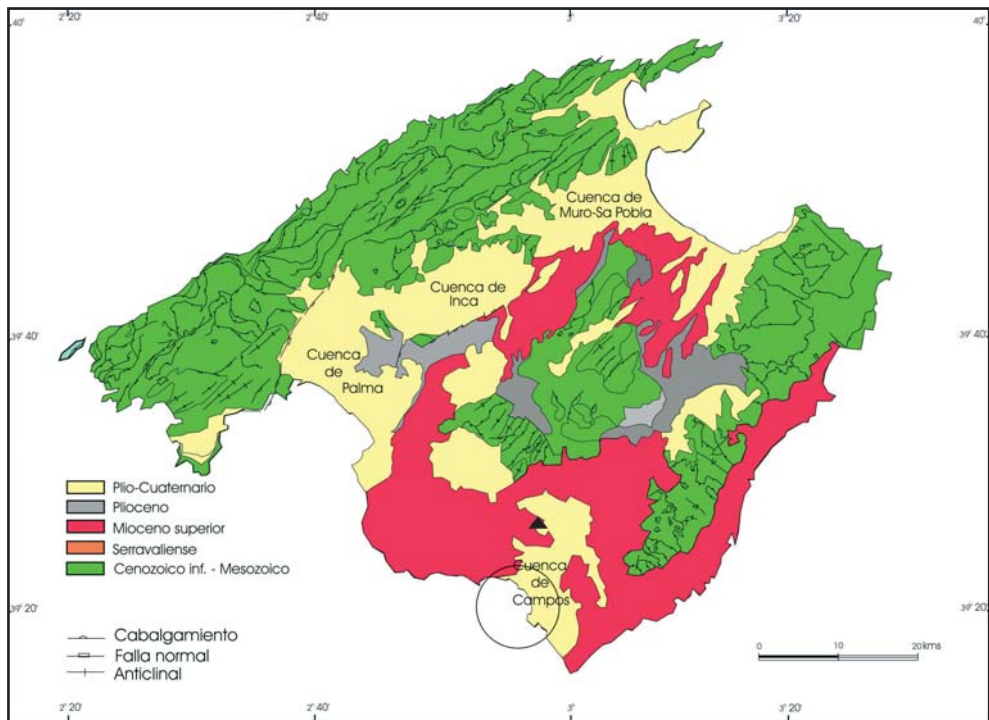


Figura 2. Esquema estructural de la isla de Mallorca según Gelabert (1998). El círculo se encuentra sobre la bahía de Campos y el triángulo localiza los Baños de Sant Joan.

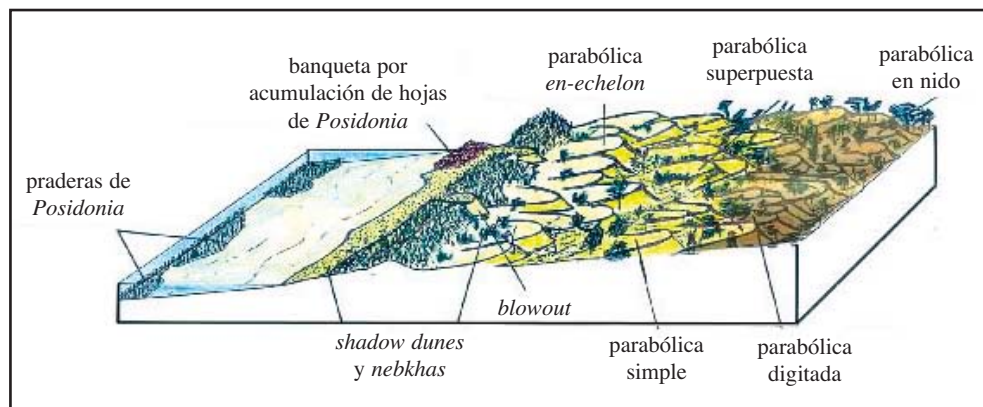


Figura 3. Estructura de los sistemas playa-duna de las islas Baleares.

aumento considerable en el número de usuarios tanto de la playa, como de las dunas. Un testimonio presente de la evolución de la duna lo constituyen los diferentes búnkers distribuidos a lo largo de la playa. Estas edificaciones construidas en los años 40, estaban ubicadas y enterradas por razones de camuflaje en la duna. En la actualidad se puede apreciar como muchos de ellos están exhumados y aparecen sobre la misma playa, aspecto que revela el retroceso y degradación de la *foredune* en un espacio de tiempo relativamente corto.

Como ya señalamos, este desequilibrio está básicamente provocado por actuaciones antrópicas, que abarcan desde la invasión de la duna por los usuarios que caminan sin ningún tipo de control, hasta la retirada con maquinaria pesada de los restos de hojas de *Posidonia* depositadas sobre la playa. En otras ocasiones, la reducción de la superficie de la playa hace que se quiera ganar espacio, a costa de la duna, para poder instalar las hamacas y las zonas de ocio contratadas. En ocasiones se traslada arena de la duna a la playa con maquinaria pesada y se crea un talud casi vertical en el cordón de *foredunes*.

Desde un punto de vista dinámico y estructural, el cordón de *foredunes* presenta numerosas discontinuidades y una elevada degradación consecuencia de la fuerte presión antrópica. También se observa una fuerte desestabilización de las comunidades vegetales propias de este sector litoral que, a su vez, conlleva la pérdida de la zonación vegetal. La destrucción de partes del cordón de *foredunes* se traduce en la formación de *blowouts* que invaden el sector de las dunas semiestabilizadas.

DUNAS PARABÓLICAS MÓVILES Y SEMIESTABILIZADAS

El sector de dunas móviles y semiestabilizadas ocupa una superficie aproximada de 86 ha. Se extiende a lo largo de una franja heterogénea, cuya anchura oscila entre los 75/150 m, y que se sitúa a continuación del cordón de *foredunes* a lo largo de todo el sistema dunar. Su continuidad se ve rota por una gran extracción de arena (Clot de s'arena) en el centro del sistema dunar. Entre la *foredune* y este sector, aparecen formas erosivas simples tipo *hummocks*, y otras acrecionarias gracias a la vegetación, como son las *nebkhas* y *shadow dunes*, formando una especie de zona de transición.

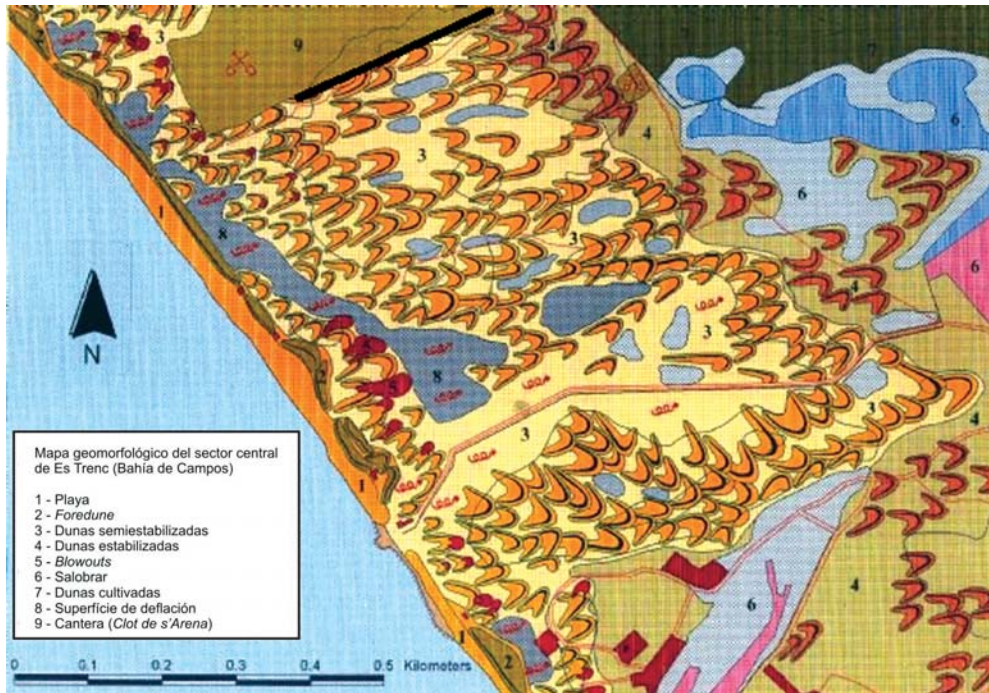


Figura 4. Sector comprendido entre el Clot de s'Arena y es Trenc (parte inferior de la figura). La sección descrita en la parada 3 (ver anexo 2.1) se representa por medio de una línea continua en la parte superior de la figura.

Las formas individuales son dunas parabólicas que tienen potencias que oscilan entre los 3 y 5 m y que se superponen sobre formas de episodios eólicos previos. Mantienen una dirección de sus ejes centrales entre 34 y 101° , siendo la dirección predominante la de 67° (el 41 %). Esta orientación pone de manifiesto su formación a partir de vientos de componentes SW y W.

El sector en que nos encontramos, es una zona que muestra un alto grado de formas erosivas del tipo *blowout* como consecuencia de la presión antrópica elevada debido a la proximidad del núcleo urbano de ses Covetes, único punto de acceso al sistema dunar, además de por la degradación de sector de *foredunes*.

Dentro del sector de dunas semiestabilizadas, podemos observar una agrupación de formas confluentes que presentan una disposición peculiar debido a su formación a partir de dos direcciones de vientos SW y NW (Figs. 4, 5 y 9). Este punto es conocido como la Serra des Colls y se sitúa entre el canal artificial que alimenta las salinas y éstas. El resultado es la superposición, en su parte central, de las dunas provenientes de una y otra dirección en forma de lóbulo. Este complejo dunar no presenta apenas formas en su parte central, mientras que las que lo rodean se disponen, como ya hemos señalado, en direcciones divergentes desde el centro hacia el exterior, superando una potencia de 10 m en su parte más elevada. Esta disposición y la distribución de las dunas que la rodean, nos hace suponer que la zona central actúa como un canal del viento litoral.

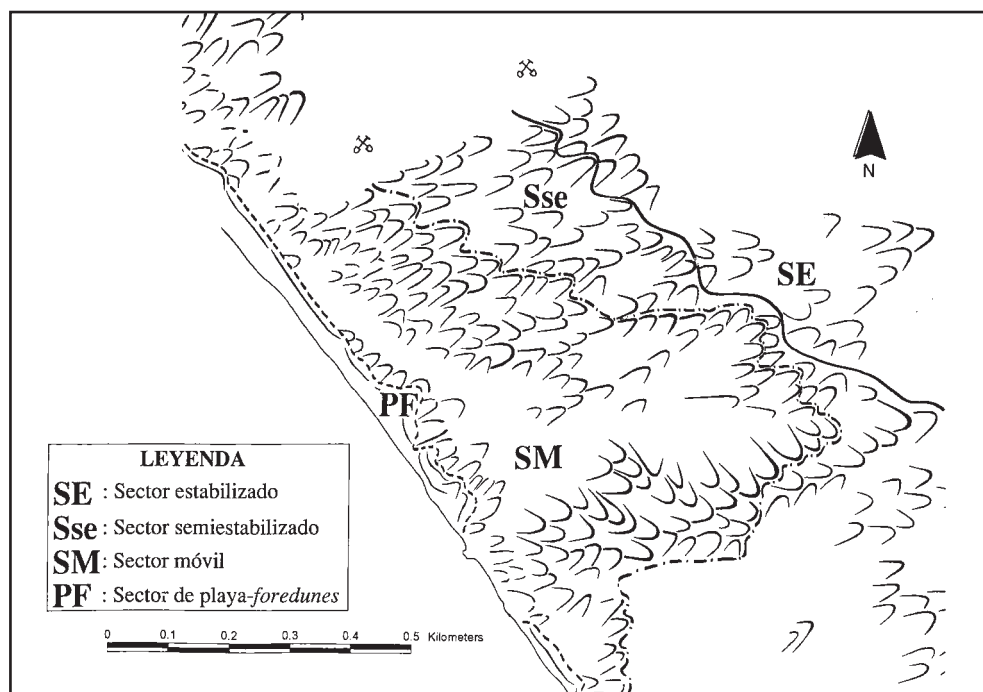


Figura 5. Organización, según el grado de estabilización, del sector comprendido entre el Clot de s'Arena y es Trenc. La línea corresponde a la sección descrita en la parada 3 (ver anexo 2.1).

La mejor hipótesis para explicar esta arquitectura dunar se sustenta en el paralelismo con es Trenc actual (rotura del sistema dunar por desbordamiento del humedal posterior) (parada 6, anexo 2.1) y se formula en base a la idea de que esta zona constituye un *trenc* fósil, actuando en su momento como punto de rotura en el proceso de desagüe de la zona húmeda.

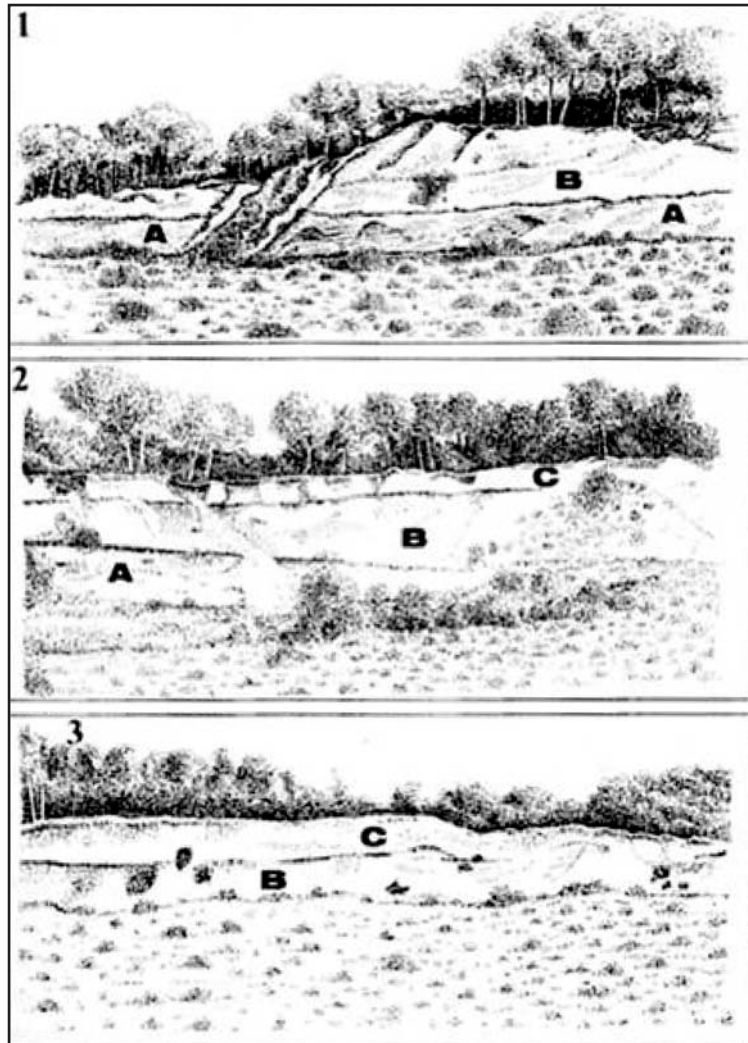
SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA DEL SISTEMA DUNAR HOLOCENO

En las Islas Baleares se pueden relacionar las fases constructivas de los campos dunares con pulsaciones del nivel del mar a lo largo del Holoceno. En la bahía de Campos, la construcción del sistema dunar muestra tres pulsaciones eólicas, cada una de ellas relacionada con periodos de bajada relativa del nivel del mar. Dado el conocimiento del comportamiento eustático de Mallorca durante el Holoceno, parece claro que el máximo *flandriense* tuvo lugar hace unos 6.500 años BP (Servera y Pons, 2006). Según el registro sedimentario que analizaremos en esta parada, desde este máximo *flandriense* hasta la actualidad han tenido lugar dos oscilaciones que han colocado el nivel del mar por encima del actual. Ambos fenómenos eustáticos se han producido en el tiempo de mayor a menor entidad, lo que ha permitido que las oscilaciones más recientes no hayan eliminado el registro sedimentario de la anterior.

La cantera del Clot de s'Arena presenta, a lo largo de su talud oriental, un magnífico ejemplo de un corte vertical, transversal con respecto a la línea de costa (Fig. 6), que pone

Figura 6.

Secuencia vertical holocena del Clot de s'Arena. Véase su situación en la Fig. 4.



de manifiesto el registro sedimentario holocénico dunar. La secuencia eólica holocena presenta tres unidades separadas por dos niveles de paleosuelos y el objetivo de esta parada es observar la textura y composición de cada uno de los niveles y definir su caracterización sedimentológica. Para su identificación tales niveles serán enumerados de abajo hacia arriba: el primer nivel eólico lo identificaremos como nivel A, B el intermedio y C el superior. Los niveles de paleosuelos los hemos nominado como 1 el situado entre los niveles A y B, mientras que el 2 es el situado entre los niveles B y C.

Nivel A: presenta una granulometría gruesa y poco clasificada, la asimetría muestra una tendencia hacia arenas finas, mientras que la curtosis presenta una curva normal. En cuanto a la composición, esta se caracteriza, también, por ser mayoritariamente bioclástica (76,8 %), con predominio de indiferenciados como fracción más representativa. La fracción

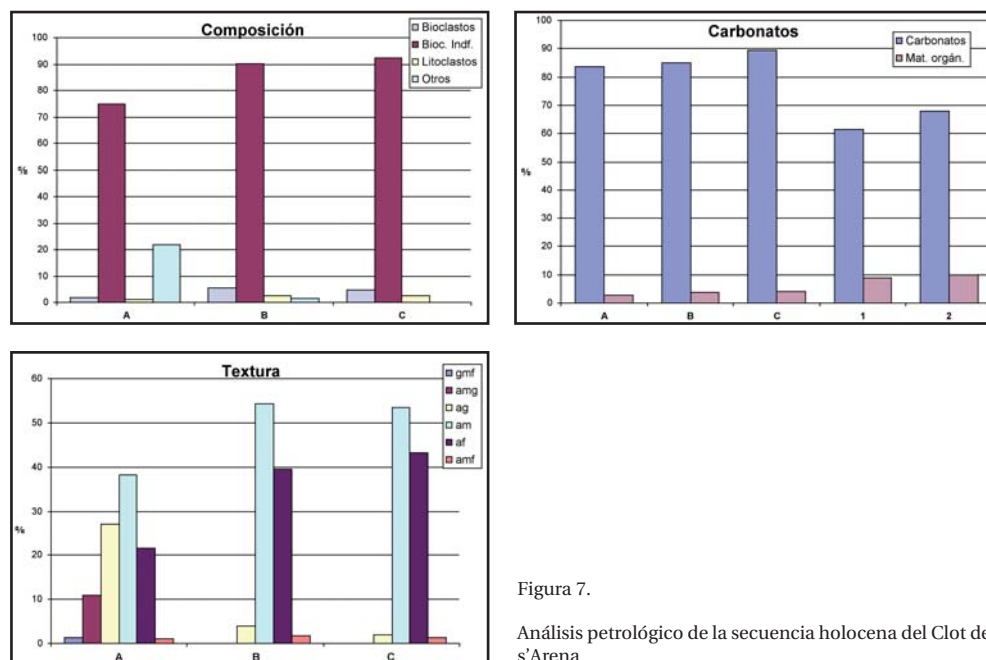


Figura 7.

Análisis petrológico de la secuencia holocena del Clot de s'Arena.

clasificada, como en otros casos, corresponde a partículas de agregados, configurados por bioclastos de diferentes dimensiones cementados entre ellos, se trata de la muestra más antigua y litificada. En cuanto a la clasificación mineralógica por difracción presentan predominio de calcita y aragonito. La composición química está dominada por carbonatos, siendo este nivel el que menor valor presenta (83,5 %) (Fig. 7).

Nivel B: presenta una granulometría más fina que la del nivel A, así como una mejor clasificación. En cuanto a la asimetría también muestra valores superiores y, por lo que respecta a la curtosis, presenta una curva platicúrtica o muy platicúrtica. La composición, al igual que el nivel A es mayoritariamente bioclástica (95,7 %), siendo la fracción indiferenciada la mayoritaria. Por lo que respecta al contenido en carbonatos éste sigue siendo mayoritario con un 85 % (Fig. 7).

Nivel C: este nivel presenta una caracterización petrológica similar al nivel B. La composición, al igual que en los otros dos, es bioclástica (97,2 %), siendo la fracción indiferenciada la mayoritaria. El contenido en carbonatos es el más elevado de los tres niveles con un 89,5% (Fig. 7).

Suelos 1 y 2: son suelos que muestran una mayor presencia de fracción fina y un grado de edafización incipiente, ya que fueron fosilizados sin haber sufrido procesos edafogénicos importantes. El nivel 1 (el más antiguo) presenta una mayor proporción de arcillas y una menor representación de arenas, hecho que hace pensar en un nivel edáfico más evolucionado (Fig. 7). Ambos suelos presentan un contacto superior plano y abrupto con respecto al nivel dunar que se les superpone, mientras que el contacto inferior es más difuso.

Como conclusión del análisis de la secuencia puede señalarse que el sedimento que conforma el sistema dunar de es Trenc corresponde a arenas biogénicas carbonatadas, con

un tamaño de grano que va de medio a fino; el mayor porcentaje de granos presenta una naturaleza biológica no identificable y el de litoclastos es prácticamente despreciable. El análisis no permite establecer diferencias significativas entre los depósitos eólicos más antiguos y los más recientes.

Desde el máximo *flandriense* hasta la actualidad, los cambios ambientales no supusieron modificaciones importantes en la dinámica litoral ni tampoco en la “fábrica” de sedimento. Idea que se sustenta en las casi nulas diferencias citadas en el registro sedimentológico respecto de los niveles A, B y C. Sólo la magnitud de los volúmenes de sedimentos dejados en cada episodio eólico evidencian una duración y rango diferente de las oscilaciones del nivel del mar, desde el máximo *flandriense* hasta la actualidad. Así, desde el nivel A al C, hay una considerable y progresiva reducción de la superficie que ocupan cada uno de los episodios eólicos (Fig. 8), hecho que puede manifestar una menor duración y un menor rango de oscilación marina cuanto más reciente es ésta. A pesar de la falta de diferencias físicas y químicas en el sedimento que forma la estratigrafía holocena, la clara identificación de los niveles A, B y C separados por niveles de palesosuelos, pone en evidencia cambios remarcables en la morfodinámica eólica de este sistema dunar a lo largo del Holoceno.

DUNAS PARABÓLICAS ESTABILIZADAS

Las dunas estabilizadas constituyen el sector más interno del sistema y en parte han sido objeto de roturación para su uso agrícola. Ocupan una superficie de aproximadamente 227 ha y se superponen a cuerpos eólicos pleistocénicos, observables en numerosas extracciones de bloques de eolianitas, conocidos popularmente en Baleares como *marés*.

A este sector de dunas holocénicas corresponden las dos primeras pulsaciones eólicas relacionadas con fases regresivas a lo largo del Holoceno desde el máximo *flandriense* (Fig. 8). La primera de ellas, que da lugar a las formas más internas, ocupa una franja de entre 500/700 m y llega a una distancia aproximada de 1,5 km de la línea de costa en su parte central. Se organizan en dunas parabólicas compuestas, fácilmente observables en fotografía aérea en las zonas cultivadas (Fig. 8). Por lo que respecta a su dinámica, están totalmente estabilizadas y presentan en su parte interna un incipiente grado de litificación, en el que se puede apreciar parcialmente una estratificación cruzada.

La segunda oscilación marina dio lugar a un cordón de formas que corre paralelo a la línea de costa, localizado entre el episodio anterior y las *foredunes* (Fig. 8). Un poco más estrecho que el episodio anterior, ocupa una franja de entre 400 y 700 m. Se trata también, de dunas parabólicas compuestas muy estabilizadas y con cobertura total de vegetación.

En ambos casos, la pendiente de las morfologías se suaviza en respuesta a un transporte en suspensión producido por un proceso tipo *grainfall*; el sedimento es retenido por la vegetación arbórea que deja caer el sedimento como si fuera lluvia. El tipo de dunas parabólicas compuestas que aparecen son mayoritariamente de los tipos digitados, en nido y superpuestos (Fig. 9).

EL SALOBRAR. UN SISTEMA DE ALBUFERA MEDITERRÁNEA COLMATADA

La zona lagunar salobre de Campos (Figs. 1, 4 y 8) se sitúa en una plataforma pleistocénica sobre la que se producen aportaciones tanto marinas como continentales. Su origen se remonta a procesos de regresión marina de hace unos 3 millones de años. Desde enton-



Figura 8. Pulsaciones holocenas en el sistema dunar de es Trenc.

ces hay una presencia de fauna netamente lacustre de manera ininterrumpida hasta la actualidad (Mateu *et al.*, 1982). Esto demuestra que ha existido una aportación hidrológica continental, permitiendo el desarrollo de lagunas semiendorreicas, como atestigua la presencia en los registros fósiles de poblaciones de organismos eurihalinos. Sondeos de hasta 200 m de profundidad en la zona, muestran que desde los -165 m ya aparecen elementos claramente continentales y sobre todo desde los -155 m, restos dulceacuícolas. Las biocenosis características de esta zona han permanecido inalterables durante los últimos 2 millones de años.

La dinámica natural del sistema es la típica de una depresión litoral en una fase de colmatación muy avanzada, debido, sobre todo, a la deposición de sedimentos terrígenos que acompañan los episodios torrenciales. La separación de la costa es considerable: la franja dunar ocupa un mínimo de aproximadamente 775 m. Las aguas que se acumulan año tras año son de origen torrencial y atmosférico. La única conexión directa con el mar se produce durante episodios torrenciales extremos en los que la corriente rompe (*trencar*) la barra dunar en el punto conocido como es Trenc.

Para analizar la situación actual del Salobrar hay que tener en cuenta el hecho fundamental de la presencia de las salinas. La construcción de éstas, en los años 50, ocasionó

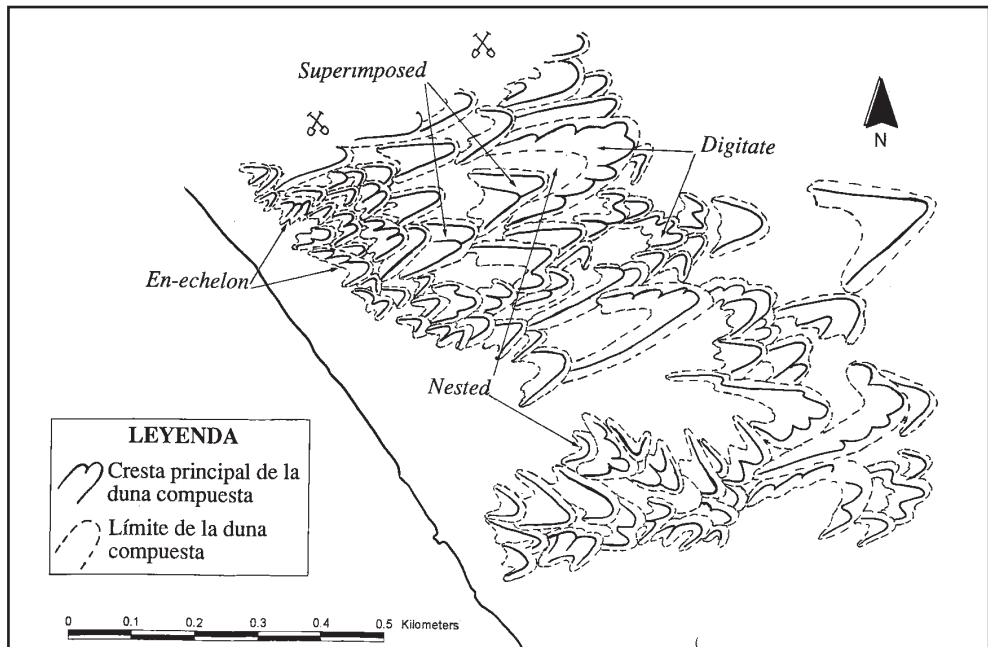


Figura 9. Organización de las dunas parabólicas compuestas del sector comprendido entre el Clot de s'Arena y es Trenc.

cambios drásticos en la dinámica de la zona, y la práctica de inundar el Salobrar con agua marina ha provocado variaciones extremas en el mismo. Las características observables en la actualidad difieren bastante de las originales debido a la explotación de las salinas, con la introducción de caudales masivos de agua marina y su posterior evaporación controlada. Las salinas son estanques muy someros acondicionados artificialmente para la circulación controlada y la evaporación de agua. El agua marina se introduce a través de un canal mediante bombeos temporales desde la costa. El agua bombeada alcanza el extremo NW de las salinas por gravedad; en ese punto vuelve a ser bombeada para comenzar su trasiego a través de los diferentes estanques por gravedad, controlada por compuertas, diques y canales hasta completar el proceso de cristalización artificial.

Los aportes de agua marina provocan la presencia a lo largo de todo el canal de flora y fauna marinas así como de sus restos. Los estanques y canales de las salinas son impermeables y cualquier aporte voluntario o involuntario de aguas desde los canales o estanques de las salinas a zonas cercanas implica la presencia de agua marina o hipersalina. En cuanto a la vegetación actual del Salobrar, ésta se halla condicionada, en gran parte, por la práctica de inundarlo como laguna de precalentamiento. Las plantas superiores que se han instalado tras decenas de años de inundación con aguas marinas, son las únicas capaces de soportar tales concentraciones de sales, así como periodos prolongados de sequedad. En concreto se trata casi exclusivamente de plantas arbustivas del género *Arthrocnemum*.

Este género es el único que sobrevive en las zonas más bajas e inundables del Salobrar. Sólo al incrementarse un poco la cota, llegan a aparecer otras especies correspondientes a condiciones ambientales no tan extremas: *Juncus acutus*, *J. maritimus* y *Phragmites australis*. Sólo en las zonas menos expuestas al encharcamiento encontramos árboles del

género *Tamarix*. Estos árboles, aunque perfectamente adaptados a aguas salobres, no toleran grados de salinidad marinos o superiores.

ES TRENC. SISTEMA DE DRENAJE POR AVENIDAS

Esta cuenca es una de las mayores de Mallorca (cerca de 400 km²) y los aportes hídricos a la zona del Salobrar se deben al agua de escorrentía de la cuenca. Al ser la zona más deprimida del llano de Campos, confluyen en ella una serie de cursos fluviales, siendo los más importantes el Torrent de Son Catlar y el Torrent de Son Xorc (Fig. 10).

Sin embargo y debido a la poca pluviometría de la zona y a la alta infiltración de la cuenca, durante los años de lluvias normales o reducidas, los aportes superficiales al Salobrar por parte de su cuenca son mínimos. No obstante, con elevadas pluviometrías, la confluencia de los torrentes en la marisma del Salobrar (que habitualmente no tiene una comunicación con el mar), provoca, tal y como hemos señalado, la ruptura de la barra dunar, en lo que se conoce como es Trenc.



Figura 10.

Cuenca de Campos. Superficie y distribución de la red torrencial.

EL PAPEL DE LAS BERMAS VEGETALES DE *POSIDONIA OCEANICA* EN LA PROTECCIÓN DE LA PLAYA SUBAÉREA

La *Posidonia oceanica* es una fanerógama marina endémica del mar Mediterráneo que habita preferentemente sobre sustrato blando, en una profundidad variable entre 0,5 y 40 m. Se caracteriza por tener raíces, rizomas y hojas; éstas, que tienen unas dimensiones entre 0,8 y 1,5 cm de ancho por 80 y 120 cm de largo, crecen en haces (de 4 a 8 hojas por haz) y cada planta puede llegar a tener hasta varios centenares de hojas por m². Su desarrollo horizontal sobre el sustrato es tal, que da lugar a praderas que se extienden decenas de km² por todo el litoral, pero de forma especial frente a las playas arenosas.

La pradera de *Posidonia oceanica* se comporta como un bosque caducifolio, es decir, la planta pierde una parte importante de sus hojas en otoño, coincidiendo con el inicio de los temporales y es sustituida a inicios de la primavera por nuevas hojas, en un ciclo que se repite año tras año.

De esta pérdida de hojas muertas, una parte es arrastrada por el oleaje a las zonas más profundas de la plataforma continental, pero la mayor parte (aproximadamente un 70%) es transportada y acumulada por el oleaje sobre la playa subaérea, en el límite superior de la zona de batida del oleaje (*swash zone*). Al ser el Mediterráneo un mar sin mareas (el rango oscila entre 20-30 cm), se produce un fenómeno característico de cualquier playa mediterránea, que es la acumulación sobre la playa de las hojas muertas de la *Posidonia*, formando una especie de berma vegetal o *banquette*.

Esta berma vegetal llega a alcanzar una altura superior a 1 m por una anchura que oscila entre 1 m y varias decenas de metros. Se extiende hacia tierra, formando una compacta y espesa capa de materia orgánica, arena y agua. Esta *banquette* o berma vegetal, tiene una doble función. En primer lugar, ejerce una protección sobre la playa subaérea frente al ataque de los temporales. En segundo, produce una reducción de la velocidad de la ola rota debido a la mayor viscosidad del agua mezclada con restos de hojas, que amortigua el choque de la ola en la *banquette* o berma.

Actualmente y a causa de la afluencia turística, las hojas de *Posidonia* acumuladas en la playa son retiradas sistemáticamente durante casi todo el año, ya que su presencia resulta supuestamente una molestia. Esta extracción se realiza en Mallorca, con maquinaria pesada, lo cual provoca por una parte la fácil erosión de la playa y por otra, la destrucción del pie de la duna, tanto por la propia máquina como por la acción del oleaje que, debido a la desprotección de la playa, es capaz de erosionar la duna. Se pierde también una importante cantidad de sedimento que no retornará jamás al sistema al ser retirado junto con la propia planta, acrecentándose además el problema por la forma en que se realizan las labores de limpieza (Servera y Martín, 1996). Marbá y Duarte (1996) estiman que con esta metodología, tiene lugar una pérdida de 3 kg de arena por cada kg de hoja seca. Estudios realizados por Asensi y Servera (2004) en la bahía de Alcudia, cuantificaron en un 23 % el contenido sedimentario de tales materiales retirado en acumulaciones situadas en la parte posterior de la playa. Roig *et al.* (2004) establecen, para la isla de Menorca, volúmenes de pérdida sedimentaria del 2-5 % al analizar directamente los depósitos de las bermas retiradas.

Otros aspectos negativos relacionados con este tipo de extracción de la *banquette* son el deterioro de las primeras comunidades vegetales que forman y mantienen la parte frontal de los sistemas dunares. Su retirada, conlleva una fuerte salinización de la primera línea vegetal y la pérdida de la fuente más importante de materia orgánica de estas comunidades. Estas actuaciones llevan consigo la reducción de las poblaciones de algunas especies nitrófilas típicas de la *foredune* (Gil, 1989).

CONCLUSIONES

Los depósitos litorales de la bahía de Campos permiten observar los caracteres principales de los sistemas playa-duna de las Baleares. El conjunto de la playa y las dunas de es Trenc nos muestra, a pesar de una presión antrópica estacional muy fuerte que deteriora los elementos más cercanos a la playa, el papel de la *Posidonia oceanica* en la formación y mantenimiento de la playa y las dunas, así como la estructuración y gradación de las formas dunares.

Podemos reconocer el primer cordón de *foredunes* y, tras él, las dunas móviles y semiestabilizadas. Sus formas parabólicas simples, primero, y compuestas, después, pueden observarse tanto en la cartografía realizada como en campo, a pesar de la dificultad de la cobertura vegetal. El itinerario propuesto en el anexo 2.1 también permite prestar atención a las dunas estabilizadas que conforman las partes más internas del sistema playa-duna, sus morfologías compuestas por formas más suaves, y finalmente también permite analizar las relaciones entre el sistema dunar y el humedal del Salobrar. Las avenidas más importantes llegan a romper la barra dunar y permiten la salida del agua al mar, pero a la vez condicionan, en su recuperación, la distribución de los complejos dunares. Así, podremos reconocer tanto la salida actual de las aguas de avenida, como una hipotética salida anterior. Por último, la arquitectura de todo el conjunto parece reflejar al menos dos pulsaciones transgresivas desde el máximo *flandriense*.

BIBLIOGRAFÍA

- Asensi, M. y Servera, J. (2004). Aproximació a la quantificació de la pèrdua de sediment e platja amb la retirada mecànica de les bermes vegetals de *Posidonia oceanica*. En Pons, X. (Ed.): *IV Jornades de Medi ambient de les Illes Balears*. Soc. Hist. Nat. Balears. Palma-Maó. 87-91.
- Butzer, K. W. (1962). Coastal geomorphology of Majorca. *Ann. Assoc. Am. Geographers* 52, 191-212.
- Butzer, K. W. y Cuerda, J. (1962). Coastal stratigraphy of southern Mallorca and its implications for the Pleistocene chronology of the Mediterranean sea. *Journal of Geology* 70 (4): 399-416.
- Chessa, L. A., Fuster, V., Fernández, C., Mura, F., Pais, A., Pergent, G., Serra, S. y Vitale, L. (2000). Contributions to the knowledge of "banquettes" of *Posidonia oceanica* (L.) Delile in Sardinia Island. *Bio. Marin. Medit.* 7 (2): 35-38.
- Diviacco, G., Tunesi, L. y Boudouresque, C. F. (2006). Feuilles mortes de *Posidonia oceanica*, plages et réensablissement. En Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L. (Eds.) : *Preservation et conservation des herbiers a Posidonia oceanica*. Ramoge Pub., 61-69.
- Duarte, C. M. (2004). How can beaches be managed with respect to seagrass litter?. En Borun, J.; Duarte, C. M.; Krause, D. y Greve, T. M. (Eds.): *European seagrasses: an introduction to monitoring and management*. M&MS Project, 83-84.
- Falco, G., Baroli, M., Simeone, S y Piergallini, G. (2002). *La rimozione della Posidonia dalle spiagge: conseguenza sullastabilità del litorali*. Progeto ARENA. Fondazione IMG-CMI-Onlus. Oristano, 18 pp.
- Gelabert, B. (1998). *La estructura geológica de la mitad occidental de la Isla de Mallorca*. Tesis Doctoral. Memorias del IGME. Madrid. 129 pp.
- Gil, Ll. (1989). *La vegetación de las dunas de sa Ràpita (Campos-Mallorca)*. Departament de Biologia Ambiental, Universitat de les Illes Balears. Inédito
- Grimalt, M. y Rodríguez, A. (eds.) (1991). *Libro-Guía de las Excursiones de las VII Jornades de Campo de Geografía Física*. Servei de Publicacions de la UIB. Palma.
- Jaume, C. y Fornós, J.J. (1992). Composició i textura dels sediments de platja del litoral mallorquí. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 35: 51-61.
- Llobera, M. y Servera, J. (1994). *Informe geomorfológico y ambiental de la zona de la platja des Trenc y Salobrar de Campos*. Gabinet d'Anàlisi Ambiental i Territorial.- Palma.
- Marbá, N. y Duarte, C. M. (1997). Interannual changes in seagrass (*Posidonia oceanica*) growth and environmental change in the Spanish Mediterranean littoral. *Limnology and Oceanography* 42, 800-810.
- Mateu, G., Ramón, G., Moyà, G., García, G. y Ramis, C. (1982). *Estudio ecológico del salobrar de Campos (Mallorca), Cala Tirant-Salines Velles (Menoría, Ses Salines (Ibiza) y s'Estany Pudent (Formentera)*. Consell General Interinsular. Palma
- Rodríguez-Perea, A., Servera, J. y Martín, J.A. (2000). *Alternatives a la dependència de les platges de les Balears de la regeneració artificial continuada: informe Metadona*. Col·lecció Pedagogia Ambiental, 10. Servei de Publicacions i Intercanvi Científic de la UIB. Palma.
- Rosselló, V. M. (1964). *Mallorca el Sur y Sureste*. Gráficas Miramar. Palma, 553 pp.
- Rosselló, V. M. (1969). El Litoral de Es Trenc (Sur de Mallorca). *Ann. Univ. Murcia* 27 (1-2): 223-246.
- Rosselló, V. M. (1975). El litoral de Mallorca. *Trabajos de Geografía* 27-19-40.
- Roig, F. X. (2001). El conocimiento de la *Posidonia oceanica* y sus funciones ecológicas como herramienta de gestión litoral en la realización de encuestas a los usuarios de playas y calas de la isla de Menorca. *Papeles de Geografía* 34, 271-280.
- Roig, F. X., Rodríguez-Perea, A., Martín, J. A. y Comas, E. (2004). Primeres estimacions en taxes de pèrdua sedimentària dels sistemes platja-dua per la retirada de bermes de *Posidonia oceanica*. En Pons, X. (Ed.): *IV Jornades de Medi ambient de les Illes Balears*. Soc. Hist. Nat. Balears. Palma-Maó 82-83.
- Roig, F. X. y Martín, J. A. (2005). Efectos de la retirada de bermas vegetales de *Posidonia oceanica* sobre las playas de las islas Baleares: consecuencias de la presión turística. *Investigaciones Geográficas* 57, 40-52.
- Servera, J. (1997). *Els sistemes dunars litorals de les Illes Balears*. Tesis doctoral inédita.- Universitat de les Illes Balears.- Palma.
- Servera, J. y Martín, J. A. (1996). Análisis y causas del retroceso de la línea de costa del arenal de sa Ràpita (Mallorca). En Granal, A. y Pagés, L. (Eds.): *Cuadernos*. Lab. Xeol. Laxe-SEG, Coruña 21, 877-890.
- Servera, J. y Pons, G. (2006). Trets mineralògics i texturals de la seqüència dunar holocena de la depressió de Campos (Mallorca). En *Geomorfología Litoral i Quaternari: homenatge a Joan Cuerda*. Soc. Hist. Nat, Balears. En prensa.

Anexo 2.1

Itinerario y paradas complementarias

Para este itinerario a través del sistema dunar de es Trenc, y su mejor comprensión y conocimiento, se han establecido un total de siete paradas (Fig. 1). No obstante, durante todo el itinerario podremos ir conociendo aspectos que pueden relacionarse con varias paradas a la vez, como por ejemplo los sectores de dunas semiestabilizadas y estabilizadas o la *foredune*, que iremos observando a lo largo de toda la playa.

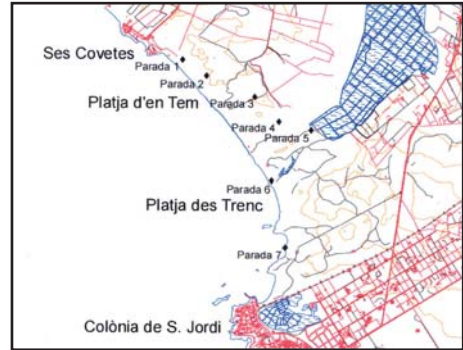


Figura 1. Localización de las paradas previstas en el itinerario.

Parada 1. Ses Covetes

Se trata de una parada introductoria (Fig. 2) en la que, aparte de describir el contexto geo-estructural de la depresión de Campos (ver Fig. 2 del capítulo 2.1) se describe la playa y las *foredunes*.



Figura 2. Visión general de la playa de es Trenc desde ses Covetes. En el primer plano se aprecian afloramientos rocosos y en la playa acumulaciones de restos de *Posidonia oceanica*. En la parte superior se reconocen búnkers de defensa y, al final de la fotografía, las construcciones correspondientes a la sala de bombeo para el abastecimiento de agua de mar a las salinas.



Figura 3. Foto oblicua del sistema playa-duna de es Trenc. En el primer plano, a la izquierda, pueden observarse instalaciones de baño sobre el cordón de *foredunes*, mientras que a la izquierda se reconoce uno de los búnkers. Tras él se observa una depresión que corresponde a una antigua cantera (es Clot de s'Arena) (parada 3) y al fondo las salinas que ocupan la zona húmeda de es Salobrar. En el horizonte se recortan los relieves de las Serres de Llevant, fosilizados por la plataforma miocena de la Marina de Migjorn.



Figura 4. Visión hacia la playa desde la zona de dunas móviles y semiestabilizadas. En primer plano un canal de deflación que deja al descubierto un conjunto de raíces.



Figura 5. Detalle de la zona de dunas estabilizadas.

En primer lugar se recorre un tramo de playa, acrecionario a favor del promontorio rocoso de ses Covetes. Después observaremos el primer cordón de *foredunes* y las afecciones que sobre ellas produce una frecuentación estival excesiva y descontrolada. Podrá verse también, el escalón producido por la repetición de las labores de limpieza, así como las rupturas de dicho cordón y la presencia en ellas de *blowouts*. El itinerario continúa por un camino de servicio que se encaja en la depresión existente tras el mencionado cordón; a nuestra izquierda encontramos la zona de dunas móviles y semiestabilizadas, objeto de la siguiente parada.

Parada 2. *Búnker*

El primer sector dunar que se presenta en esta parada incluye las formas más activas del sistema. No obstante, las morfologías iniciales son las más degradadas por las actividades estivales; reconocerlas pie a tierra es más difícil que hacerlo desde el aire, tanto en fotos verticales como oblicuas, por ello la Fig. 3 permitirá hacernos una mejor idea de los elementos que la componen. En ella se observa tanto el tramo del itinerario correspondiente a esta parada, como el cordón transversal. El detalle de la cartografía geomorfológica (NE de la Fig. 4 del capítulo 2.1) nos permite completar la visión de campo de estas dunas móviles, ya que reconocerlas en el terreno sigue siendo complicado.

Conviene ascender a las crestas más altas para poder observar sus formas. Desde allí se observan con claridad tanto los canales de deflación, como las caras de ava-

lancha de las dunas parabólicas. También se reconoce en esta zona el papel de la vegetación, mayoritariamente arbustiva, tanto como elemento de fijación como cuando se ve desbordada por el avance de las arenas.

Parada 3. Es Clot de s'Arena

En esta parada se analiza, gracias a un corte vertical de una antigua cantera de arena, una sección del sistema dunar. En las Figs. 4 y 5 del capítulo 2.1 se localiza el corte estudiado, mientras que en la Fig. 6 del mismo capítulo, se han representado las características principales de tal sección. Desde que se efectuó la recuperación de la antigua cantera hasta la actualidad, la sección se ha ido revegetando y ha sufrido pequeñas avalanchas, por lo que en algunos puntos resulta más difícil reconocer la arquitectura recogida en el dibujo.

La descripción de la secuencia dunar y el análisis de su edad se recoge en el capítulo 2.1 por lo que se remite al lector a dicho capítulo.



Figura 6. Vista aérea de es Trenc, rompiendo el sistema playa-duna y drenando la zona húmeda de es Salobrar (al fondo). A la izquierda puede verse el pequeño canal que alimenta de agua de mar las salinas de es Salobrar y que, a la vista de la disposición de las morfologías dunares (Figs. 4 y 5 del capítulo 1.3), puede interpretarse como un antiguo canal de desagüe. La explanada a la derecha de la imagen corresponde a un aparcamiento privado para el acceso a la playa. En primera línea se aprecian tanto las instalaciones estivales como la acumulación de restos de *Posidonia oceanica*, depositados por el oleaje y amontonados a causa de su retirada con maquinaria pesada.



Figura 7. Banqueta vegetal de restos de *Posidonia oceanica* en la playa de es Trenc.

Parada 4. Sa Barrala

El sector de dunas estabilizadas se sitúa en la zona más interna del sistema dunar. Sus formas son parabólicas complejas (Fig. 9 del capítulo 2.1) muy suavizadas y cuya dinámica actual se limita a recibir una lluvia de sedimento durante los temporales más importantes. La cobertura arbórea es casi total, como puede observarse en la Fig. 5.

Parada 5. Es Salobrar

En esta parada pueden reconocerse algunas de las características de la zona húmeda que flanquea el sistema dunar por su zona más interna. Muy alterada por las instalaciones para la explotación de la sal, se observa tanto una vegetación modificada por los aportes hipersalinos del funcionamiento de las salinas como, en las zonas más alejadas de los estanques, especies más clásicas de las zonas húmedas con aguas salobres.

Parada 6. Es Trenc

La Fig. 6 ilustra perfectamente la cuenca de Campos y su sistema de drenaje, con una gran zona de acumulación hídrica en es Salobrar. Separada del mar por el sistema playa-duna, cada avenida representa la inundación de la zona baja de la cuen-

ca y la ruptura periódica de los depósitos litorales. Esta parada permite recorrer dicha salida desde la zona húmeda hasta la playa, a lo largo de la morfología que da nombre al sistema (*es Trenc*).

Parada 7. Es Perengons

El recorrido de la costa entre es Trenc y la Colonia de Sant Jordi, permite reconocer el papel de los restos de *Posidonia oceanica* en la protección litoral y en la acreción sedimentaria de la playa. Especialmente en la zona de es Perengons (punto 7 de la Fig. 1) la no limpieza mecánica nos permite observar como los restos vegetales amortiguan el oleaje y posibilitan el crecimiento de la playa. La comparación con las zonas vecinas en las que se retiran dichos restos con maquinaria pesada, demuestra de forma espectacular el papel de estas plantas en el mantenimiento natural de la playa.