

Resiliencia en sistemas dunares litorales altamente antropizados: la restauración del sistema dunar de la playa del Remolar (Viladecans, Barcelona)*

*Resilience in highly anthropized coastal dune systems: the restoration of the dune system of Remolar beach (Viladecans, Barcelona) **

A. Calafat¹, S. Vírveda², R. Lovera³, J. R. Lucena⁴, C. Bladé², L. Rivero³ y J. M. Ninot².

1 Dpt. Dinàmica de la Terra i de l'Oceà, Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona. C/ Martí i Franqués s/n, 08028 Barcelona

2 Dpt. Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona. Avda. Diagonal 643, 08028 Barcelona

3 Dpt. Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada, Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona. C/ Martí i Franqués s/n, 08028 Barcelona

4 Area de Medi Ambient, Ajuntament de Viladecans 08840 (Barcelona)

* El presente trabajo es parte de la tesis de máster de la coautora S. Vírveda (2014)/ This work is part of the Master thesis from de co-author S. Vírveda (2014).

Resumen: Con el fin de recuperar y restaurar el sistema playa-duna del Remolar (700 m de longitud y más de 100 m de ancho, de dirección 070N), se propusieron en 2004 una serie de medidas de restauración blanda. Para valorar dichas medidas, transcurridos 10 años, se efectuó un estudio de la morfología, sedimentología y de la vegetación del ecosistema. Se realizó el levantamiento de perfiles topográficos y de GPR, un análisis granulométrico y un análisis de las comunidades vegetales encontradas a lo largo de los perfiles topográficos. Los datos obtenidos han sido comparados con datos de un estudio previo, realizado en el 2004. Los resultados muestran que la morfología dunar se ha recuperado, originándose una nueva duna primaria. El sistema presenta actualmente un proceso mayor de agradación que de progradación. La vegetación ha recuperado una composición global de sistema dunar, con una comunidad típica de duna embrionaria y otras de duna primaria, en bandas paralelas a la costa. A pesar de esta mejora, la componente de tipo oportunista y ruderal de la vegetación de duna primaria denota una fuerte herencia antrópica en el sistema.

Palabras clave: Restauración. Geomorfología. Comunidad vegetal. Playa del Remolar, Barcelona.

Abstract: In order to recover and restore the beach-dune system of the Remolar (700 m length and more than 100 m wide, 070N direction), a series of soft restoration measures were proposed in 2004. To evaluate these measures, after 10 years, a study of the morphology, sedimentology and vegetation of the ecosystem was carried out. The survey of topography and GPR profiles, a granulometric analysis and an analysis of the plant communities found along the topographic profiles were carried out. The data obtained were compared with data from a previous study, conducted in 2004. The results show that the morphology of the dunes has been recovered and a new primary dune has developed. Currently, along the system aggradation processes are dominant over progradation. The vegetation has recovered a global dune system composition, with a typical community of embryonic dune and others of primary dune, in bands parallel to the coast. Despite this improvement, the opportunistic and ruderal component of the primary dune vegetation denotes a strong anthropic inheritance in the system.

Key words: Restoration. Geomorphology. Plant community. Playa del Remolar, Barcelona.

INTRODUCCIÓN

El término “resiliencia” (Holling, 1973) es utilizado principalmente como “la capacidad de recuperar el estado inicial a partir de un estado perturbado al cese de la perturbación que originó el cambio de estado” (Hernández et al., 2002). En el trabajo que presentamos, estudiamos la capacidad de resiliencia del sistema de dunas litorales de la playa del Remolar (Viladecans, Bar-

celona). Las playa del Remolar presenta un sistema duna-playa bien desarrollado. Se sitúa en el litoral del delta del río Llobregat, a 5,7 km al SW de la desembocadura del mismo río. Tiene una longitud de 700 m y está limitada por los diques de escollera que protegen las salidas de la laguna del Remolar al NE y la riera de Sant Climent al SW.



FIGURA 1. Vista aérea de la playa del Remolar en el año 2003. Se observa la regresión del sistema dunar, debida principalmente al pisoteo de las dunas. Se han localizado los perfiles topográficos y de GPR (P1-P5). Los estudios de vegetación se realizaron en los mismos perfiles.

El sistema playa-duna, dominado por vientos del SE y E con una velocidad media de cerca de los $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, presenta una anchura superior a los 110 m, de los que entre 80-90 m están ocupados por el sistema dunar y el resto por la playa (Fig. 1).

Desde 1960 hasta el año 2004 el sistema dunar estuvo limitado en su lado terrestre por una valla, todavía existente, que delimitaba un camping. Dicha valla presentaba varios accesos directos a la playa. El resultado (Fig. 1) fue una degradación del sistema dunar, tanto en la morfología dunar como en su cubierta vegetal. La ampliación del aeropuerto de Barcelona, implicó el cese de la actividad del camping y la entrada como gestor de dicha playa del área de Medioambiente del Ayuntamiento de Viladecans.

Las medidas propuestas para la recuperación y restauración del sistema duna-playa fueron y son de las denominadas de ingeniería blanda (*soft engineering*): i) prohibición del paso de transeúntes por las dunas; ii) delimitación de la zona de dunas con postes y cuerdas; y iii) limpieza manual de restos antrópicos. Al año siguiente, se realizaron dos trabajos complementarios a dichas medidas, la realización de cinco perfiles topográficos (Fig. 1) y un estudio de la vegetación del sistema dunar de la misma playa (González et al., 2005).

METODOLOGÍA

Con el fin de valorar la repercusión de dichas medidas en el ecosistema dunar, en el 2013 se realizó un estudio del estado de la a) morfología mediante levantamientos topográficos; b) granulometría del sistema playa-duna; c) estructura interna de las dunas mediante perfiles de GPR (*Ground Penetrating*

Radar); y d) la descripción de la vegetación dunar. Toda esta información se ha comparado con el trabajo de González et al. (2005). La metodología utilizada para la realización de los perfiles topográficos y los estudios vegetación ha sido también la misma. El muestreo fitosociológico se realizó mediante inventarios de cuadrados de $0,5 \times 0,5 \text{ m}$ cada 10 m a lo largos de los diferentes perfiles, desde el inicio hasta la zona ausente de vegetación. En cada cuadrado se inventariaron todas las especies vegetales existentes y se evaluó la abundancia para cada una, en términos de recubrimiento. A partir de estos datos y mediante métodos estadísticos se formaron grupos de vegetación afines y congruentes.

Para conocer la estructura interna de los cuerpos dunares, se realizaron transectos de GPR en los perfiles 1, 2 y 5. Se ha utilizado un Georadar (SIR 3000), equipado con dos tipos de antena que proporcionan datos de la señal que fueron procesados, filtrados y amplificados, lo que nos permitió analizar y visualizar los diferentes niveles sedimentarios en el subsuelo. En este trabajo se utilizó una antena de 400 (Mhz). Las señales obtenidas han sido nítidas a lo largo de todo el perfil. Así, se utilizó la configuración RPM (*Reflection Profiling Mode*). Dicha configuración consiste en dos antenas móviles que están separadas por una distancia fija a lo largo de la superficie del terreno. Estas antenas envían pulsos (disparos) al terreno y captan la señal de reflexión. Todas las disparos fueron apilados y se muestran en el perfil GPR.

La caracterización granulométrica, se realizó mediante la recogida de 14 muestras por perfil. Las muestras fueron analizadas mediante un difractor láser COULTER LS230.

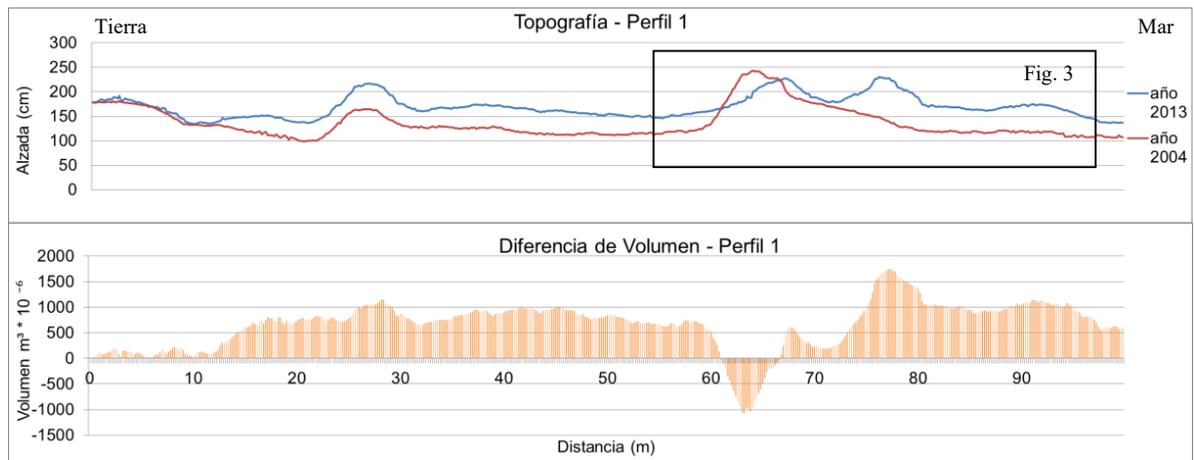


FIGURA 2. Levantamientos topográficos del perfil P1. La parte superior muestra la comparación entre los años 2004 y 2013 y la parte inferior el cálculo de la variación volumétrica por metro lineal. En el perfil de 2013, se observan los tres cordones dunares, la duna secundaria a 66 m, la duna primaria a 75 m y la duna embrionaria a 90 m. Tanto la duna primaria como la duna embrionaria se han originado durante estos casi 10 años de

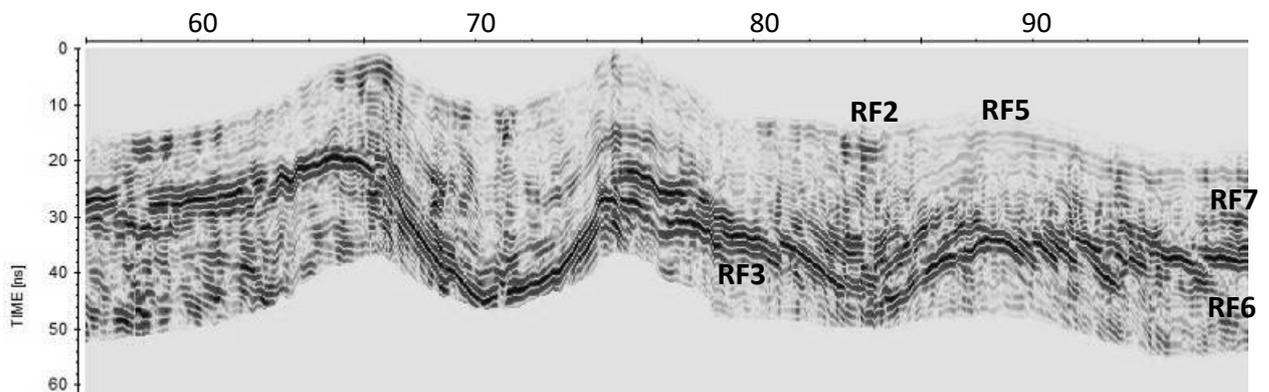


FIGURA 3. Tramo terminal del perfil de GPR- P1 (recuadro de la figura 2), con indicación de las distintas facies de radar utilizadas en la interpretación de los mismos (descritas en el texto). La facies RF2 son el resultado del relleno de surcos interdunares, la facies RF3 muestran depósitos eólicos en la zona de barlomar de las dunas y las facies RF6 y RF7 son interpretadas como debidas a depósitos de playa y la formación de bermas o barras de anteplaya, respectivamente.

RESULTADOS

Morfo-Sedimentología

La comparación de los levantamientos topográficos entre los años 2004 y 2013 (Fig. 2), muestra una variación evidente en todos los perfiles. A nivel general se observa que todos los perfiles muestran una agradación general. Este proceso redonda en una ganancia general del sistema dunar en volumen de arena.

Perfil	Volumen Lineal Final (m^3/m)
1	473.660
2	408.000
3	-99.620
4	424.140
5	-80.420

TABLA 1. Variación volumétrica, en metros cúbicos por metro lineal (m^3/m), de los perfiles entre los años 2004 y 2013.

En concreto, los perfiles 1, 2 y 4, muestran un resultado de ganancia neta de volumen, mientras que

los perfiles 3 y 5 presentan un resultado negativo (Tabla 1).

Si nos centramos en las morfologías, desde mar a tierra se observa que en los perfiles 1, 2, 3 y 4 la aparición de una duna embrionaria (*foredune*) y de una duna primaria. Además, la duna secundaria muestra en todos los perfiles un crecimiento en el lado de barlomar, que da como resultado una progradación del cordón hacia el mar (Fig. 2).

La granulometría del sistema dunar muestra una media de entre $300-400\mu m$, mientras que la playa presenta un valor medio superior a $400\mu m$. La clasificación (*sorting*), muestra un incremento de la misma de tierra a mar (disminución de los valores) y situándose las arenas más bien clasificadas en la duna primaria.

Los perfiles de GPR, se han trabajado según la metodología de Bistrow et al. (2000) que diferencia una serie de facies de radar y asociándolas a determinados procesos sedimentarios (Fig. 3). Así, se

observan las facies de radar de tipo RF2 (*discontinuous lower amplitude curved concave-up*) indicadora de procesos de retrabajamiento y/o relleno de surcos; RF3 (*discontinuous, low-angle clinoforms with seawards dips*) interpretada como acreción sedimentaria en el lado de barlomar; RF5 (*low amplitude, discontinuous concave and convex-up undulating*) debida a la acumulación sedimentaria con vegetación; RF6 (*continuous low-angle clinoform sea-ward dipping*) interpretados como depósitos de playa; RF7 (*short landward dipping*) interpretadas como barras de playa.

Vegetación

Mediante el tratamiento estadístico de agrupamiento difuso de los inventarios de vegetación se obtuvieron siete comunidades vegetales (Virsedá, 2014), descritas para ecosistemas litorales: 1. Pinar de *Pinus pinea* con cortejo florístico de especies tolerantes; 2. Vegetación de duna primaria, con *Medicago marina*; 3. Vegetación pionera de duna embrionaria, con *Elymus farctus*; 4. Vegetación de duna secundaria o de ambiente fijo-interdunar, con *Panicum repens*; 5. Herbazales oportunistas y ruderales, con *Cyperus capitatus*; 6. Vegetación psamófila, con *Medicago littoralis*; 7. Herbazales poco estables y ruderales, con *Ambrosia coronopifolia*. La interpolación de las distintas comunidades vegetales diferenciadas, entre los diferentes perfiles, nos ha permitido realizar el mapa de vegetación del ecosistema dunar. Las comunidades vegetales identificadas tienden a mostrar una disposición en zonas. Es claramente así en las comunidades de duna primaria, duna embrionaria y de interdunar (comunidades 2, 3 y 4), mientras que el resto de las comunidades, de tipo oportunista, muestran una distribución más irregular.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La comparación de la morfología del sistema duna-playa y de las comunidades vegetales, entre los años 2004 y 2013, nos han permitido estudiar la evolución del ecosistema dunar de la playa del Remolar.

Morfológicamente, el sistema dunar ha originado una nueva duna primaria y en gran parte del sistema la duna embrionaria. Esta última suele estar interrumpida por escarpes de erosión, efecto de las tormentas invernales. Los perfiles muestran así mismo, un incremento volumétrico (Tabla 1) del sistema dunar que se traduce en una agradación (Fig. 2) en la mayor parte del sistema dunar. En cuanto a la arena, la homogeneidad de la distribución granulométrica a lo largo de todo el sistema dunar se podría explicar por una capacidad de los vientos actuantes de la zona de transportar la práctica totalidad del rango granulométrico de los sedimentos aportados por la dinámica marina. Los perfiles de GPR muestran cómo la estructura interior de las dunas se ha repetido con la formación de las nuevas dunas embrionarias, mediante

la acreción de sedimentos en el lado de barlomar. El proceso se completa con la acumulación de sedimento en los surcos interdunares y la presencia de procesos de retrabajamiento en las crestas de las dunas.

Respecto a la vegetación, la comparación con la descrita en González et al. (2005) muestra como las comunidades se han redistribuido. Así, las comunidades mejor representadas en el 2004 eran las correspondientes a dunas móviles o embrionarias y las de dunas secundarias. Pero su distribución y abundancia no estaba de acuerdo con la disposición típica de los sistemas dunares ya que ocupaban zonas más anchas y ubicadas más al interior respecto a la situación actual. En el mapa actual se observa cómo las comunidades anteriores se han reordenado en bandas alargadas y paralelas, consistentes con los modelos teóricos de distribución de la vegetación en sistemas dunares (Bolòs, 1962).

En conclusión y retomando la introducción, el sistema dunar de la playa del Remolar muestra un alto grado de resiliencia que indicaría que las diferentes medidas de restauración y regeneración aplicadas han tenido un cierto éxito. Específicamente, a nivel sedimentológico el sistema funciona de manera "natural", considerando las restricciones a la deriva litoral por los diques de escollera. A nivel botánico, determinadas comunidades muestran un grado alto de resiliencia (comunidades de duna primaria y embrionaria) pero al cabo de casi una década se mantiene viva la influencia antrópica, manifestada por las comunidades oportunistas y ruderales.

BIBLIOGRAFÍA

- Bristow, Ch. Neil Chroston, P. Bailey, S. D. (2000) The Structure and development of foredunes on a locally prograding coast. *Sedimentology*, 47, 923-944.
- de Bolòs, O. (1962): El paisaje vegetal barcelonés. Cátedra ciudad de Barcelona. Universidad de Barcelona
- González, V. et al. (2005): Estudi de la vegetació de la platja del Remolar (Viladecans). Ayuntamiento de Viladecans. Barcelona.
- Hernández, A. et al (2002) Evaluación de la resiliencia en ecosistemas terrestres degradados encaminada a la restauración ecológica. Actas de la II Reunión Española de Ciencia de Sistemas. Valencia.
- Holling, C. S. (1973): Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4:1-23.
- Virsedá, S. (2014): Evolución de la morfología la vegetación del sistema dunar de las playas del Remolar y Cal Francès (Viladecans, Barcelona). Tesis de Master, Univ. de Barcelona, 33pp.