

## Desarrollo dunar y potencial de restauración dunar en sistemas playa-duna del litoral catalán

### *Dune development and dune restoration potential in beach-dune systems on the Catalan coastline*

C. Garcia-Lozano<sup>1</sup>, J. Pintó<sup>1</sup> y F. X. Roig-Munar<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Laboratori d'Anàlisi i Gestió del Paisatge (LAGP), Departament de Geografia, Universitat de Girona, 17004 Girona (Cataluña)

<sup>2</sup> Consultor ambiental. Carritxaret 18.6, es Migjorn Gran, Menorca 07749. xiscoroig@gmail.com

\*alracgalo@gmail.com

**Resumen:** Se presenta una herramienta práctica y funcional para la toma de decisiones sobre la gestión de los sistemas dunares de costas urbanizadas. Se desarrollan 3 índices elaborados a partir de listas de control que permiten evaluar en profundidad y de forma integrada los diferentes componentes que describen y condicionan el desarrollo dunar (desarrollo ecológico y morfológico de las dunas, potencial de desarrollo dunar de las playas, y gestión del sistema playa-duna); además de establecer un cuarto índice enfocado a determinar el potencial de restauración dunar de cada sistema. La aplicación de estos indicadores ha permitido clasificar las playas de Cataluña en 4 categorías según las medidas de gestión que se deben implementar: recuperación dunar, restauración dunar, conservación dunar, y mantenimiento y recuperación de dunas incipientes. Los resultados obtenidos evidencian que la mayor parte de los casos estudiados presentan un notable potencial de restauración dunar, tratándose, sobretodo, de playas urbanas o urbanizadas destinadas a satisfacer la demanda turística y recreativa.

**Palabras clave:** Costas urbanizadas, estado de las dunas, gestión de playas, restauración dunar.

**Abstract:** *A practical and functional tool for decision making on the management of dune systems of developed coasts is presented. Three check list indexes are developed with the objective of assessing the different parts that describe and determine dune development (ecological and morphological status of dunes, beach potential to host dunes, and management in beach-dune systems), and establishing a fourth index that quantify the dune restoration potential of each beach. The application of the indexes proposed in this research allowed to classify beaches of Catalonia in 4 categories according to the most suitable management measures: dune rehabilitation, dune restoration, dune conservation, and maintenance and rehabilitation of incipient dunes. The results verify that most of studied beaches present high values in dune restoration potential index, which corresponds to urban and urbanized touristic beaches.*

**Key words:** *Developed coasts, status of dunes, beach management, dune restoration.*

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas dunares son espacios dinámicos de gran valor ecológico, biológico, geológico y paisajístico, sometidos a constantes perturbaciones de carácter natural y antrópico. En Cataluña, a lo largo de las últimas décadas, la intensificación de actividades económicas en el espacio litoral ha desencadenado una ocupación acelerada del suelo que ha supuesto la desaparición completa o parcial de los sistemas dunares en un 90% de las playas (García-Lozano et al., 2018). En este contexto, el análisis del potencial de restauración dunar es de gran interés.

El objetivo de este trabajo es presentar un conjunto de indicadores elaborados a partir de listas de control que permiten evaluar en profundidad los sistemas playa-duna y su potencial de restauración dunar.

## METODOLOGÍA

Los índices desarrollados en este trabajo son una adaptación de la metodología utilizada por Davies et al. (1995), García-Mora et al. (2001) y Williams et al. (2001) para evaluar la vulnerabilidad de los sistemas dunares; y por Lithgow et al. (2014) para determinar el potencial de restauración dunar mediante listas de control. Este método se utiliza para analizar variables que interaccionan en el sistema playa-duna mediante una ponderación de las mismas de entre 0 y 4, siendo 0 un valor muy bajo y 4 un valor muy alto del parámetro que representan. Este análisis de variables se realiza por bloques, agrupando de este modo los distintos factores por ámbitos temáticos. Posteriormente, se utilizan los valores resultantes de cada bloque para desarrollar índices compuestos a partir de las listas de control para determinar la vulnerabilidad dunar (Davies et al., 1995; García-Mora et al., 2001; Peña-Alonso et al., 2017; Peña-Alonso et al., 2018; Williams et al., 2001), o bien el potencial de restauración dunar (Lithgow et al., 2014).

En este trabajo se desarrollan 3 índices adaptados a las características geoambientales del litoral catalán que describen los distintos componentes que condicionan e interactúan en el sistema playa-duna (Tabla 1):

- **Índice StaDun:** desarrollo ecológico y geomorfológico dunar (11 variables).
- **Índice BeaPot:** potencial de desarrollo dunar de la playa (9 variables).
- **Índice CoMan:** medidas de conservación, gestión y planificación en el sistema playa-duna (13 variables).

Cada variable (Tabla I) se ha normalizado de 0 a 4, siendo 0 un indicador muy negativo y 4 muy positivo del parámetro que representan. El valor de cada índice oscila entre 0 y 1:  $IB = \sum B/B_{max.}$ , donde  $IB$  representa el valor de cada bloque;  $B$  es el valor de cada variable; y  $max.$  es el máximo valor posible para cada bloque.

Una vez calculados los índices basados en listas de control (StaDun, BeaPot y CoMan), estos se han combinado para calcular el índice de **potencial de restauración dunar** (índice **DRP**):

$$DRP = BeaPot \cdot (1 - CoMan)$$

Los valores de los distintos índices presentados se han clasificado en alto (> 0.66), medio (entre 0.33 y 0.66) y bajo (< 0.33). Los valores de StaDun se han relacionado con los índices BeaPot y CoMan mediante un gráfico de dispersión simple que refleja la correlación entre dichas variables. Asimismo, los resultados de DRP y StaDun se han clasificado mediante un análisis de clústeres realizado con el programa SPSS usando el método de agrupación de enlace entre grupos y la medida del intervalo de la distancia euclidiana al cuadrado. A partir de los 5 grupos de playas resultantes del análisis de clústeres, se proponen 4 medidas de gestión orientadas a la recuperación o mantenimiento de las morfologías dunares según las características de cada agrupación de sistemas playa-duna.

Se han descrito y analizado 50 playas del litoral catalán (Fig. 1) con diferentes características, tanto por lo que se refiere a su grado de naturalidad, como a su morfología.

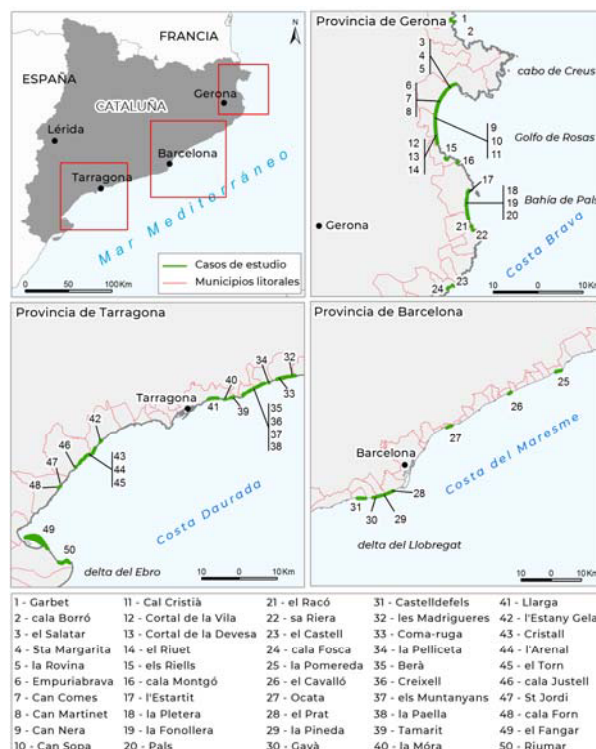


FIGURA 1. Litoral catalán: distribución de los casos de estudio por ámbito provincial

## RESULTADOS

La mayor parte de sistemas dunares analizados presentan valores medios y bajos del índice de desarrollo ecológico y geomorfológico dunar (StaDun < 0.66) (Figs. 2 y 3). Solamente 4 playas presentan valores altos de desarrollo dunar (StaDun > 0.66). El índice StaDun está en cierta medida correlacionado con el índice CoMan ( $R^2 = 0.46$ ), por lo que las formaciones dunares más desarrolladas desde un punto de vista ecológico y morfológico se encuentran en los sistemas playa-duna con valores altos de gestión (CoMan en la Figura 2). En cambio, el índice StaDun está muy poco relacionado ( $R^2 = 0.02$ ) con el potencial de desarrollo dunar de la playa (índice BeaPot en la Figura 2).

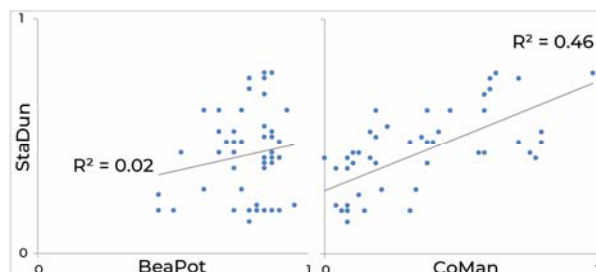


FIGURA 2. Relación entre el desarrollo dunar (StaDun), la gestión del sistema (CoMan) y el potencial de desarrollo dunar de la playa (BeaPot).

Asimismo, los sistemas dunares más desarrollados muestran un potencial de restauración dunar bajo ( $DRP < 0.33$ ), mientras que los más degradados cuentan con valores altos en el índice de restauración dunar ( $DRP > 0.66$ ) ( $R^2 = 0.33$  en la Figura 3). Según la clasificación establecida por el análisis de clústeres basado en los valores de StaDun y DRP, las playas de la costa catalana se dividen en 5 grupos (Fig. 3):

- **Grupo 1:** 8 playas que presentan valores medios y altos de StaDun y valores medios y bajos de DRP.

- **Grupo 2:** 8 playas con valores medios y bajos de DRP, pero en esta ocasión, el índice StaDun muestra valores medios.

- **Grupo 3:** las 19 playas que forman este grupo muestran valores medios de StaDun y valores medios y altos de DRP

- **Grupo 4:** esta categoría está integrada por 10 playas que presentan valores bajos de StaDun y valores altos de DRP

- **Grupo 5:** este grupo cuenta con 5 playas cuyos valores del índice StaDun han resultado ser bajos, mientras los del índice DRP son medios.

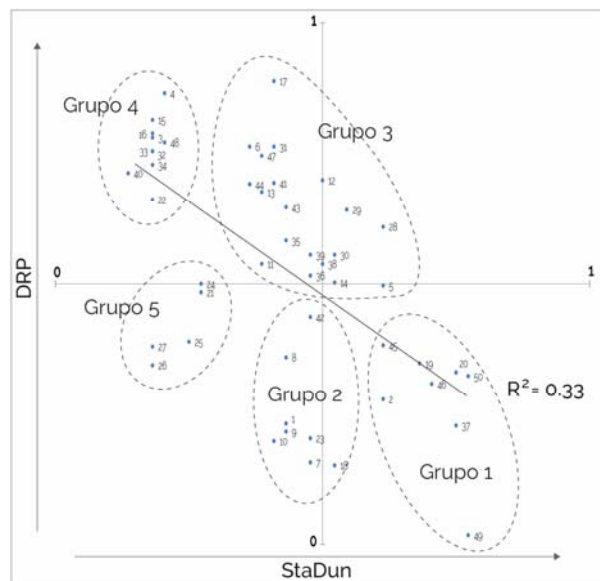


FIGURA 3. Relación entre el desarrollo dunar (StaDun) y el potencial de restauración dunar (DRP) d. En líneas discontinuas se agrupan las categorías establecidas según el análisis de clústeres.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La gestión y planificación de los sistemas dunares en las costas urbanizadas es un elemento clave en la conservación y desarrollo de las morfologías dunares. En el caso del litoral catalán, hay una clara correlación ( $R^2 = 0.46$ ) entre las medidas de conservación y gestión y el estado actual de las dunas (Fig. 2). Las formaciones dunares más desarrolladas ecológica y

morfológicamente se sitúan en los espacios mejor gestionados; mientras que las playas donde se han registrado valores bajos de gestión (CoMan) presentan un desarrollo dunar muy limitado (Fig. 2). A diferencia del índice de gestión dunar (CoMan), el potencial de desarrollo dunar de las playas (BeaPot) no presenta correlación con el estado de desarrollo morfológico y ecológico del sistema dunar (StaDun) ( $R^2 = 0.02$ ). Contrariamente a lo que cabría esperar, las características ambientales de las playas catalanas (BeaPot en la Tabla I) no determinan el estado ecológico y morfológico de las formaciones dunares, mientras sí lo hace la gestión de los sistemas playa-duna.

Los resultados obtenidos se asemejan a los presentados por Lithgow et al. (2014) que establecían tres acciones mediante el índice ReDune: conservación, restauración y rehabilitación dunar. En cambio, en este trabajo la agrupación de playas mediante el análisis de clústeres (Fig. 3) ha determinado 4 acciones o medidas que se deben implementar: conservación, restauración, recuperación, y mantenimiento y recuperación de dunas incipientes:

- **Conservación dunar** (Grupo 1 y Grupo 2): los sistemas playa-duna que integran esta categoría se encuentran en zonas naturales y presentan un buen estado de conservación dunar y un potencial de restauración dunar bajo. En este conjunto de playas se diferencian dos perfiles de playa muy distintos entre sí: las playas del Grupo 1, que presentan dunas muy desarrolladas cuyo estado no se puede mejorar mediante la implementación de medidas de gestión; y las playas del Grupo 2, que por sus características geoambientales no les sería posible mejorar su desarrollo dunar mediante medidas de gestión. Este último grupo corresponde a playas encajadas o playas sometidas a constantes inundaciones.

- **Restauración dunar** (Grupo 3): grupo formado por 19 playas que se sitúan en áreas urbanizadas o muy cerca de ellas y cuentan con morfologías dunares relictuales: fragmentadas, aisladas entre sí y notablemente degradadas. Con el fin de recuperar la integridad del sistema playa-duna y mejorar el estado del sistema dunar, en este conjunto de playas se aconseja la restauración dunar. Se requieren pues medidas de gestión orientadas a la mejora de las morfologías dunares ya existentes.

- **Recuperación dunar** (Grupo 4): se trata de playas que actualmente no presentan morfologías dunares o bien cuentan con formaciones dunares muy degradadas, vinculadas a una mala gestión del sistema playa-duna. Estos sistemas playa-duna muestran un potencial de restauración dunar alto puesto que sus características geoambientales son adecuadas para el desarrollo dunar. Por ello, conviene dedicar esfuerzos a la recuperación dunar, comenzando por la

rehabilitación de un espacio dunar incipiente, y acabando por el posterior desarrollo de cordones dunares. A diferencia del grupo anterior, donde se precisan acciones de mejora de los sistemas preexistentes, el conjunto de sistemas playa-duna pertenecientes al Grupo 4 requieren la recuperación dunar desde un estado muy degradado o inexistente de las morfologías. Las playas que integran este grupo son, en su totalidad, playas urbanas destinadas a satisfacer los usos y funciones turísticas y recreativas asociadas a estos ambientes.

- **Mantenimiento y recuperación de dunas incipientes** (Grupo 5): estas playas se ubican en entornos urbanos y presentan unas características geoambientales poco propicias para el desarrollo dunar, motivo por el cual sólo pueden aspirar a albergar morfologías dunares incipientes si se aplican las medidas de gestión orientadas a este fin.

## AGRADECIMIENTOS

Trabajo realizado en el marco del proyecto MevaPlaya+, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad en el marco del contrato CGL2013-49061-C3-3-R; y del proyecto ECOPLAYA, financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades en el marco del contrato RTI2018-095677-B-I00.

## REFERENCIAS

Davies, Peter, Williams, A. T., & Curr, R. (1995). Decision making in dune management: theory and practice. *Journal of Coastal Conservation*, 1, 87–96.

García-Lozano, C., Pintó, J., y Daunis-i-Estadella, P. (2018). Changes in coastal dune systems on the Catalan shoreline (Spain, NW Mediterranean Sea). Comparing dune landscapes between 1890 and

1960 with their current status. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 208, 235–247. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.05.004>

García-Mora, M. R., Gallego-Fernández, J.B., Williams, A. T., y García-Novo, F. (2001). A coastal Dune Vulnerability classification. A case study of the SW Iberian Peninsula. *Journal of Coastal Research*, 17, 802–811.

Hesp, P. A. (2002). Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. *Geomorphology*, 48, 245–268. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(02\)00184-8](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(02)00184-8)

Lithgow, D., Martínez, M. L., y Gallego-Fernández, J.B. (2014). The “ReDune” index (Restoration of coastal Dunes Index) to assess the need and viability of coastal dune restoration. *Ecological Indicators*, 49, 178–187. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.10.017>

Peña-Alonso, C., Fraile-Jurado, P., Hernández-Calvento, L., Pérez-Chacón, E., y Ariza, E. (2017). Measuring geomorphological vulnerability on beaches using a set of indicators (GVI): A tool for management. *Journal of Environmental Management*, 204, 230–245. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.08.053>

Peña-Alonso, C., Gallego-Fernández, J. B., Hernández-Calvento, L., Hernández-Cordero, A. I., y Ariza, E. (2018). Assessing the geomorphological vulnerability of arid beach-dune systems. *Science of the Total Environment*, 635, 512–525. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.095>

Williams, A. T., Alveirinho-dias, J., Novo, F. G., y Garc, M. R. (2001). Integrated coastal dune management: checklists. *Continental Shelf Research*, 21, 1937–1960

Índices	VARIABLES
<b>StaDun</b>	1. Tipo de dunas; 2. Superficie dunar; 3. Área ocupada por la duna; 4. Altura máxima de la <i>foredune</i> ; 5. Morfologías incipientes al frente de la <i>foredune</i> ; 6. Evolución del frente dunar des de 1956; 7. Estado de la <i>foredune</i> según (Hesp, 2002); 8. Especies de tipo III en el frente dunar según (García-Mora et al., 2001); 9. Plantas exclusivas de playa-duna; 10. Especies invasoras; 11. Especies ruderales
<b>BeaPot</b>	1. Pendiente de playa; 2. Erosión de la playa (m/año); 3. Orientación de la playa en relación a los vientos dominantes; 4. Intensidad media del viento; 5. Altura de ola significativa media; 6. Diámetro del sedimento; 7. Porcentaje de arenas < 0.5mm; 8. Área cubierta por guijarros; 9. Anchura de la playa seca
<b>CoMan</b>	1. Frecuentación de visitantes; 2. Paneles informativos; 3. Pasarelas de acceso a la playa; 4. Franja de playa restringida al paso; 5. Captadores de arena en la <i>foredune</i> ; 6. Revegetación; 7. Nivelación o limpieza mecánicas; 8. Erradicación de especies invasoras; 9. Superficie de servicios y equipamientos temporales sobre las dunas; 10. Superficie de aparcamiento o servicios fijos sobre las dunas; 11. Dunas fijadas; 12. Protección del sistema y de su entorno; 13. Grado de protección

TABLA I. Variables utilizadas para el desarrollo de los índices basados en listas de control: StaDun, BeaPot y CoMan