

# Alternativas ambientales en la gestión de playas y sistemas dunares en las Islas Baleares

Francesc Xavier ROIG-MUNAR, José Ángel MARTÍN-PRIETO, Antonio RODRÍGUEZ-PEREA, Guillem X. PONS y Miquel MIR-GUAL

Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.Á., Rodríguez-Perea, A., Pons, G.X. y 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. y 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.

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

La gestión  
integrada de  
playas y  
dunas:  
experiencias  
en  
Latinoamérica  
y Europa

Las medidas de gestión aplicadas en los litorales arenosos, lejos de estar en consonancia con la conservación de nuestras playas y dunas, se han concebido como gestión de servicios, creación, estabilización y ampliación de playas. Se han obviado las gestiones sostenibles encaminadas a la calidad del espacio natural y a su conservación geoecológica, primando con ello los intereses económicos sobre los ambientales y generándose graves impactos ecológicos. El presente trabajo compara diferentes métodos de gestión de playas y los valora ecológica y económicamente.

**Palabras clave:** *Islas Baleares, gestión litoral, valoración geoecológica y económica.*

ENVIRONMENTAL ALTERNATIVES IN THE MANAGEMENT OF BEACHES AND DUNE SYSTEMS IN THE BALEARIC ISLANDS. The administration measures applied in the sandy coasts, far from being in consonance with the conservation of beaches and dunes, have been conceived as administrations of services, creation, stabilization and growth of beaches. Sustainable administrations are not guided to the quality of the natural spaces and their geo-ecologic conservation has been obviated. The economic interests have prevailed over the environmental ones, which has generated serious ecological impacts. The present work compares different methods of beach management and value them ecological and economically.

**Key words:** *Balearic Islands, coastal management, geo-ecological and economic assessment.*

*Francesc Xavier ROIG-MUNAR, José Ángel MARTÍN-PRIETO, Antonio RODRÍGUEZ-PEREA, Guillem X. PONS y Miquel MIR-GUAL, Grupo de investigación BIOGEOMED, Departamento Ciencias de la Tierra, Universitat de les Illes Balears. Carretera Valldemossa km 7,5, Palma. E-mail: xiscoroig@gmail.com*

## Introducción

La principal fuente de ingresos del estado español proviene de la actividad turística, la cual se concentra durante el periodo estival en su litoral arenoso. Aunque genera elevados ingresos debido a la explotación directa e indirecta de estos sistemas naturales frágiles y dinámicos, paralelamente se producen importantes impactos ambientales causados, en la mayoría de los casos, por una gestión inapropiada o simplemente a una falta de gestión. El medio litoral se ha enfocado como un producto con diversidad de ofertas de ocio, buscando la satisfacción de las expectativas del usuario y sin prestar atención a las características geoambientales del sistema. Se concibe el litoral como un simple soporte de la industria turística, y en su gestión prevalecen conceptos propios del medio urbano. Ha sido esta capacidad de satisfacer las necesidades del consumo turístico las que han transformado los atributos naturales del litoral en recurso económico. El problema se presenta cuando la gestión del litoral olvida los procesos que actúan sobre los sistemas playa-duna, favoreciendo procesos degenerativos sobre la propia capacidad regenerativa del sistema, hipotecando su valor económico.

En la mayoría de los casos, cuando las formas dunares no están destruidas, no se disponen de planes de uso y gestión, generándose estados de degradación constantes, debido a un elevado uso y excesiva frecuentación turístico-recreativa. En otros casos la aplicación de medidas rígidas de gestión que no se adaptan a las peculiaridades de cada sistema playa-duna, favorecen una continua desaparición de estos medios (Roig-Munar, 2004). En las últimas décadas, las medidas de gestión aplicadas sobre los litorales arenosos se han basado, casi exclusivamente, en las necesarias para la prestación de servicios de

ocio que procuran la explotación del recurso en toda su extensión, playa y sistema dunar, iniciando una progresiva erosión de morfologías y comunidades vegetales asociadas. En definitiva, una preocupación centrada en periodos estivales de máxima explotación y rendimiento económico, y una nula gestión de mantenimiento, restitución, restauración, rehabilitación y recuperación del sistema playa-duna, donde se prioriza la acomodación del sistema a la economía turística, concibiendo la gestión desde una perspectiva localista e ignorando la influencia decisiva de los agentes y fuerzas que han intervenido en el transporte y fijación de sedimento dentro del amplio sistema litoral. Por tanto, se ha entendido el espacio playa-duna como un servicio y no como un ecosistema.

## La gestión de los sistemas playa-duna: criterios geomorfológicos

Aunque los últimos años registran cierta preocupación por la recuperación de sistemas dunares, prevalece la 'construcción' de dunas mediante núcleo duro y las técnicas de ajardinamiento del espacio litoral, obviando la propia dinámica del sistema dunar y la relación de esta con la morfología de playa. Siguen primando pues, las finalidades de uso y recreación sobre las de rehabilitación, recuperación y gestión del sistema dunar. Tales gestiones se basan en la recuperación de la forma dunar, obviando en la gran mayoría, la gestión del espacio delantero, la playa, tanto emergida como sumergida. En Menorca, la gestión sostenible de sistemas playa-duna se basa en algunos de los criterios apuntados en el "Informe Metadona" (Rodríguez-Perea *et al.*, 2000). El informe proponía la utilización de medidas blandas basadas en criterios geomorfológicos, fundamentalmente en la

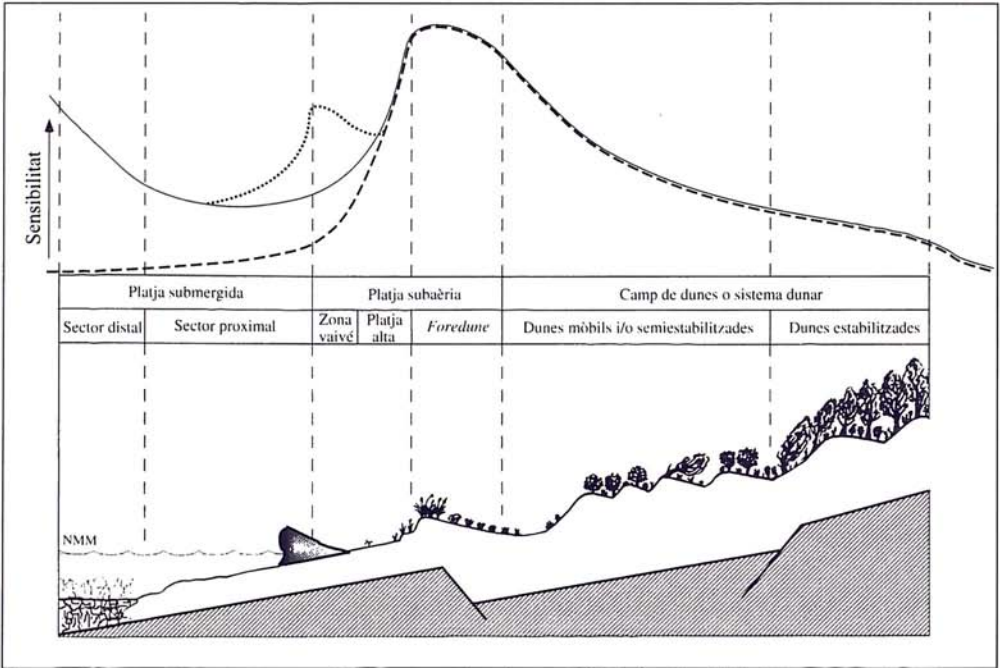
instalación de trampas de interferencia eólica, mantenimiento de las bermas vegetales de *Posidonia oceanica* sobre la playa, y el uso de la limpieza manual frente a la mecánica. En los últimos años, y en base a dicho Informe, se invierte la tendencia en la gestión del litoral de Menorca: hasta entonces, al igual que el resto del archipiélago balear, la gestión se basaba en la simple preocupación sobre las normas básicas de higiene, sistemas mecanizados de limpieza y dotación de servicios. Las nuevas medidas de gestión aplicadas se basan en aspectos geomorfológicos, sociales y paisajísticos, combinando las medidas de gestión geoambiental del sistema, con su uso turístico-recreativo, y teniendo como objetivo prioritario la recuperación y mantenimiento de los sistemas playa-duna. Se planificó el litoral mediante la clasificación cualitativa de los espacios arenosos a gestionar, aplicando gestiones diferenciadas para cada una de las tipologías de playas y sistemas playa-duna (Roig-Munar, 2003). Basándonos en diferentes estudios científicos sobre dinámica litoral se han adaptado los resultados a la práctica de la gestión en aras de conseguir sistemas playa-duna sostenibles. Así, los criterios más importantes que podemos citar para una gestión sostenible del sistema playa-duna son los siguientes:

El primero resulta de considerar el papel protector de los restos acumulados sobre la playa de la fanerogama marina *Posidonia oceanica*, muy común en los litorales mediterráneos, puesto de manifiesto por Servera et al. (2002), y del análisis y consecuencias erosivas de su retirada con maquinaria pesada (Roig-Munar y Martín-Prieto (2003). En este sentido, Roig-Munar (2002), propone una

metodología y temporalización de su retirada, minimizando, en la medida de lo posible, sus efectos erosivos. Por otra parte, se propone gestionar el espacio playa-duna considerando la importancia de las foredunes como reguladoras naturales del sistema dunar y de la playa en su conjunto. Es a partir de estas formas se desarrollan y preservan los primeros cordones dunares, y su ausencia provocará la desestabilización, erosión y/o desaparición (Hesp, 2002). Finalmente, el tercer factor que incide en la gestión de los sistemas dunares consiste en la recuperación de las formas degradadas. Así pues, y en un orden lógico, hemos de erradicar las causas de su degradación primero, para proceder a la remediación de los daños presentes después.

### **Efectos de la gestión de playas sobre las dunas**

La playa es el sector donde se produce el intercambio sedimentario entre la parte sumergida y emergida o viceversa, así como el sector de transferencia sedimentaria hacia las dunas (Sherman y Bauer, 1993). En los sistemas playa-duna se puede definir un grado de sensibilidad y/o fragilidad morfodinámica mediante tres curvas de sensibilidad (Fig. 1): la primera, común en todos los sistemas dunares, es la debilitación, erosión y/o desaparición de los primeros cordones dunares, básicos para la estabilización del perfil natural playa-duna, establecida por Brown y McLachan (1990); la segunda, y aplicada a los sistemas playa-duna de Baleares por Rodríguez-Perea et al. (2000), se sitúa sobre las praderas de *Posidonia oceanica* como hábitat productor de sedimento del sistema y estabilizador de la playa sumergida.



**Fig. 1.** Sectores playa-duna con diferentes grados de sensibilidad y fragilidad. Fuente: Roig-Munar y Martín-Prieto (2004), modificado de Brown y McLachan (1990), y modificado de Rodríguez-Perea *et al.* (2002).

**Fig. 1.** Beach dune sectors with different degrees of sensitivity and fragility. Source: Roig-Munar & Martín-Prieto (2004), modified from Brown & McLachan (1990) and modified from Rodríguez-Perea *et al.* (2002).

La *tercera* curva sensible del sistema, definida por Roig-Munar y Martín-Prieto (2004) se establece sobre las bermas acumuladas de *Posidonia oceanica* debido a su importancia como sector de transferencia sedimentaria entre sectores playa-duna, como aporte de materia orgánica entre la playa y las comunidades vegetales de foredune, y como elemento amortiguador de la fuerza de los temporales. De este modo podemos diferenciar tres puntos críticos en el grado de sensibilidad y fragilidad del perfil teórico de playa-duna balear, a la vez que tres puntos donde incidir de forma positiva mediante sistemas de gestión geoambientales.

### Retirada de bermas vegetales de *Posidonia oceanica*

La *Posidonia oceanica*, es una fanerógama marina endémica del mar Mediterráneo, habita en general, sobre sustrato blando. Pierde cada año una parte importante de sus hojas, estimada entre 10 y 20 Tn/Ha (Medina *et al.*, 2001), coincidiendo con el otoño. La mayor parte de estas hojas (entorno un 70%) se encuentra entre la zona de pradera sumergida y el límite de la zona infralitoral. Estas praderas conforman el hábitat del ecosistema con la producción neta de sedimento arenoso más importante del litoral balear, que es eminentemente bioclástica con porcentajes superiores al

85% (Jaume y Fornós, 1992). Al ser el Mediterráneo un mar sin rango mareal se produce la acumulación de hojas muertas sobre la playa, formando una berma vegetal. Estas bermas llegan a alcanzar alturas superiores a 2 m por una anchura que oscila entre una o varias decenas de metros extendiéndose hacia tierra y formando una compacta y espesa capa de materia orgánica, arena y agua. La berma tiene una triple función morfodinámica: en primer lugar, ejerce una protección sobre la playa subaérea frente a la incidencia de temporales, en segundo, reduce la velocidad y turbulencia de ola rota debido a la elevada viscosidad del agua mezclada con restos de hojas, que amortiguan el impacto de esta sobre la berma, y en tercer lugar acumula sedimento entre sus hojas (Rodríguez-Perea et al. 2000). Desde el punto de vista sedimentológico representa la llegada de importantes cantidades de sedimento que se encuentran intercaladas de forma irregular en la potencia acumulada o bien adheridos a los haces de las hojas (Roig-Munar et al., 2004).

Estas acumulaciones contribuyen pues, al mantenimiento de la línea de costa reduciendo la fuerza del oleaje y favorecen los procesos de sedimentación frente a los erosivos.

La persistencia de estas bermas mejora pues, las condiciones de la protección costera. Actualmente, y a causa de la afluencia turística, en el período estival estas bermas son retiradas sistemáticamente (Fig. 2), por una concepción equívoca del término limpieza y estética de playas (Roig-Munar, 2002).

En el período invernal esta retirada, amparándose en el uso agrario-ganadero, se realiza de forma masiva y con maquinaria pesada que provoca, por una parte, la destrucción del pie de la duna, y por otra parte, la pérdida de una importante cantidad de sedimento con la retirada de las hojas al



**Fig. 2.** Extracción de hojas de *Posidonia oceanica* con maquinaria pesada, Tirant 2008 (Menorca).

**Fig. 2.** Removing of *Posidonia oceanica* leaves using heavy machinery, Tirant 2008 (Menorca).

estar éste intercalado con los restos de *Posidonia* que sale del sistema playa-duna, dando lugar a balances negativos.

La retirada de estas bermas da lugar a desequilibrios continuos de la línea de costa y a la pérdida de sedimento (Fig. 3), ya que el material que se retira es generalmente transportado a espacios ajenos al ambiente playa-duna (Roig-Munar y Martín-Prieto, 2004). Asensi y Servera (2004) en un estudio realizado en la Bahía de Alcudia, cuantificaron en un 23% el contenido sedimentario de acumulaciones situadas en la parte posterior de la playa. En Menorca, Roig-Munar et al. (2004) establecen volúmenes de pérdida sedimentaria del 4% al analizar los depósitos de las bermas recién acumuladas, mediante criterios geomorfológicos.

## La limpieza mecánica de la playa

Otro de los factores erosivos del sistema playa-duna son las limpiezas mecánicas, centradas únicamente en el "aireado y alisamiento extensivo" de la superficie de playa, sin tener presentes las características ambientales y geomorfológicas, ni las zonaciones de máximo uso

antrópico (Fig. 4). Estas prácticas son causa de degradación de los sistemas dunares de Baleares (Roig-Munar, 2004).

Desencadenan desequilibrios ambientales a escala local, como la alteración y desaparición de fauna inters-ticial (Pretus, 1989), y la disminución de materiales orgánicos de vital importancia para las comunidades vegetales dunares, ya que proporcionan nutrientes para el desarrollo de las comunidades vegetales pioneras de la playa y de las morfologías de foredune.

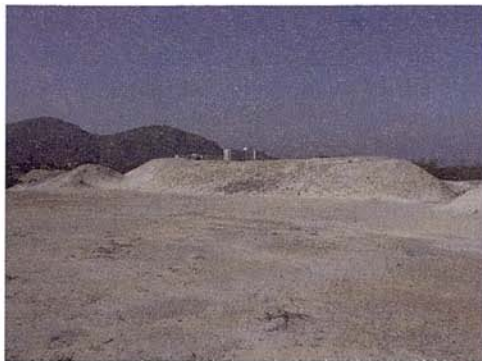
A nivel botánico estas actuaciones dan lugar al deterioro de la vegetación, desplazan especies propias de playa, desaparecen taxones sensibles, y se propicia la inmigración de taxones nitrófilos externos y más resistentes (Schmitt, 1994).

Estas gestiones afectan directamente al desarrollo de las dunas embrionarias, fundamentales en el crecimiento de nuevas morfologías, en la estabilización natural del sedimento, y en el mantenimiento de la biodiversidad en la zona más dinámica.

Geomorfológicamente se da una compactación del suelo (Bird, 1996), y una modificación del perfil natural de la playa, y se descompensan los balances sedimentarios entre la playa y la duna, inducidos por un cambio en el índice de rugosidad natural (Brown y McLachlan, 1990).

Estas modificaciones de rugosidad y perfil suponen un incremento en la velocidad del viento sobre la superficie de playa expuesta y un aumento del transporte sedimentario por la pérdida de vegetación de playa, con connotaciones de retranqueo de morfologías delanteras y adose a morfologías semiestabilizadas.

La limpieza con maquinaria pesada de la totalidad de la playa subaérea es, aún hoy, y a pesar de lo expuesto, la práctica más habitual a lo largo de buena parte del litoral estatal. Tampoco se tienen en cuenta las condiciones ambientales en el momento



**Fig. 3.** Sedimento intercalado de una berma vegetal extraída con maquinaria pesada, Alcúdia 2008 (Mallorca).

*Fig. 3. Sediment inserted in a vegetal berm extracted with heavy machinery, Alcudia 2008 (Mallorca).*

de la actuación, llevándose a cabo limpiezas preestablecidas a priori e independientes de sus afecciones morfológicas (Roig-Munar, 2004). Se realizan limpiezas desde la zona de swash, donde los índices de humedad del sustrato son más elevados, y por ende, el grado de cohesión en el sedimento es mayor, con lo que se aumenta de este modo la posibilidad de ser retirado y retenido por la máquina cribadora, hasta el talud de la foredune dando lugar a una desestructuración de la morfología debido a su descalzamiento y a un aumento del sedimento suelto sobre la playa (Fig. 4).

En el caso de las Islas Baleares, las particularidades sedimentarias del litoral hacen que estas actuaciones mecánicas puedan ser más nocivas que en otros ambientes costeros, ya que la composición sedimentológica es eminentemente bioclástica.

Esta composición, juntamente con el grado de humedad, da como resultado la creación de costras de cimentación por coalescencia entre partículas arenosas (Leeder, 1983), factores ambientales que producen una disminución en la intensidad del transporte eólico al facilitar la cohesión



**Fig. 4.** Modificación del perfil de playa y alteración del pie de duna con la limpieza mecánica. Sant Tomàs, año 2000 (Menorca).

*Fig. 4. Beach profile modification and dune foot alteration due to beach mechanical cleaning. Sant Tomàs 2000 (Menorca).*

sedimentaria.

Las actuaciones de limpieza facilitan la rotura del encostramiento y exhuman el material suelto susceptible de ser desplazado más allá de la propia playa, incrementando y agravando los balances del equilibrio natural entre playa y duna. Por tanto, estas características –humedad y  $\text{CaCO}_3$ - reducen el dinamismo del conjunto de los sistemas dunares de Baleares.

### **Aplicación de métodos geoambientales**

La gestión de los sistemas playa-duna basada en criterios geomorfológicos tiene su base en las tres curvas de sensibilidad que condicionan la estabilidad o erosión del sistema en su conjunto (Fig. 1). Intervenir con criterios geomorfológicos en estos sistemas permite la ralentización y estabilización de los procesos erosivos delanteros e internos del sistema dunar. El uso de las técnicas que a continuación se describen tienen una incidencia a lo largo de los sectores del perfil playa-duna y sus resultados geoambientales y económicos fueron valorados por Roig-Munar *et al.* (2006). Estas técnicas llamadas blandas

expuestas en el presente trabajo están condicionadas por los agentes naturales que actúan sobre la playa (disponibilidad de sedimento, régimen de viento, estado geomorfológico y ambiental del sistema, entre otras...). Se trata de procesos de recuperación más lentos, pero más duraderos, que los de regeneración artificial. Estos métodos sólo pueden ser aplicados en espacios donde se conserve un mínimo de calidad ambiental y morfológica del sistema playa-duna. A diferencia de los métodos de regeneración artificial, no permiten la nueva creación de playas en espacios no arenosos, pero sí favorecen la ampliación de las superficies y volúmenes de las playas existentes. La diferencia entre cada método viene condicionada por la calidad de las arenas y por las consecuencias ambientales asociadas. Se presentan a continuación, algunas de las técnicas blandas utilizadas en la gestión de las playas y dunas de Menorca con una valoración de los volúmenes sedimentarios obtenidos y los costes económicos y geoambientales asociados.

### **Restricciones en la limpieza mecánica de la playa**

La limpieza mecánica ha sido uno de los factores erosivos que más han acelerado los procesos de desestructuración de los sistemas playa-duna (Roig-Munar, 2004). Las restricciones en la limpieza mecánica, tanto en periodicidad, como en las áreas de actuación, son un factor importante para la restauración natural de los primeros cordones dunares. Son decisivos para la recuperación de las neomorfologías de playa y su vegetación asociada, así como para la recuperación de los taludes de foredune. Los resultados obtenidos a lo largo de cinco años de actuación, o de no actuación, en cuatro sistemas playa-duna de Menorca han sido la recuperación de 12.207 m<sup>2</sup> de morfologías

y vegetación dunar pionera; con una potencia media de 0,36 m equivalente a un volumen de 879 m<sup>3</sup> de arena con morfologías recuperadas. Con el paso del tiempo, tales neofomas, han sido colonizadas por la vegetación y se han convertido en morfologías de mayor magnitud, estabilizando taludes erosionados, y dando continuación al perfil teórico de playa. La limpieza limitada a las zonas de reposo, evita la actuación sobre toda la superficie de playa, zona de batida y pie de duna. Ello facilita el desarrollo de la cobertura vegetal, permite la acumulación de sedimento y la recuperación de morfologías perdidas. El impacto ambiental de estas actuaciones es nulo y su coste económico anual ronda los 0,05 €/ m<sup>3</sup> recuperado (Tabla 1).

### **Trampas de interferencia eólica**

Consiste en la instalación de barreras de distintos materiales porosos que al reducir la velocidad del viento acumulan el sedimento que este transporta. En el caso de sistemas playa-duna se ha optado por el uso de materiales vegetales que quedan enterrados (cañizo o espartina), o reutilizables que se instalan anualmente (tablillas de madera o caña).

En las discontinuidades morfológicas delanteras, en las foredune y en los canales de deflación de las dunas semiestabilizadas y estabilizadas, se utilizan preferentemente cañizos.

Los mejores resultados se obtienen con el uso de porosidades del 50% y alturas de 1-1,5 m, basándonos en una sombra de deposición esperada, de longitud entre 5 y 10 veces la altura de la trampa. En la parte frontal de las foredunes se utiliza espartina con una porosidad del 10% para crear las primeras formas de retención, equivalentes a neomorfologías.

En playas eminentemente urbanas se usan pantallas de tablillas de madera con

porosidad del 50%, reutilizables en cada período invernal.

Una vez retiradas estas instalaciones o bien, se realiza un proceso de nivelación de playa, o bien, en algunas playas con importantes ganancias volumétricas, estas actúan como espacios de acumulación sedimentarios, a modo de almacén, con un efecto “nodriza” de playas próximas, garantizando de este modo una calidad en el sedimento aportado y sin impactos ambientales asociados.

Los costes unitarios anuales varían en función de la técnica, siendo estos entre 0,51 €/ m<sup>3</sup> en el caso de cañizos o espartina (que son permanentes) a 17,46 €/ m<sup>3</sup> en los casos de tablillas (coste de instalación y retirada). El impacto ambiental es nulo en todos los casos (ver Tabla 1).

### **Utilización de cordones disuasorios del paso en las dunas**

La simple colocación de estacas unidas mediante cuerdas para impedir el paso de usuarios hacia el interior de los sistemas dunares ha permitido una recuperación lenta, pero progresiva, de morfologías dunares y vegetación asociada. Esta técnica favorece el sellado de blowouts y la colonización vegetal natural de los pequeños senderos distribuidos sobre el sistema dunar.

El respeto hacia esta técnica por parte de los usuarios se ha estimado entorno al 98%, según aforos realizados en tres playas de Menorca. Las ganancias volumétricas no superan espesores de 0,30 m pero favorecen de la progresiva colonización vegetal y la creación de morfologías asociadas.

Los costes anuales son bajos, entorno el 0,25 €/m<sup>3</sup> y el impacto ambiental asociado es nulo (Tabla 1). En la Fig. 5 podemos observar los resultados obtenidos en el sistema playa-duna de S'Olla (Menorca), este presentaba graves procesos erosivos en su frente dunar, con la pérdida





**Fig. 5.** Desarrollo de dunas incipientes utilizando diferentes técnicas blandas de gestión. S'Olla-2007 (Menorca).

*Fig. 5. Incipient foredune development using soft management techniques. S'Olla 2007 (Menorca).*

progresiva de comunidades vegetales y la creación de morfologías transgresivas de orden decamétrico hacia el interior del sistema. La restricción de la limpieza mecánica de las superficies de playa alta, la instalación de cordones disuasorios y la instalación de trampas de interferencia eólica a lo largo del frente dunar permitió en dos años la recuperación de morfologías efímeras iniciales de playa alta y su posterior revegetación de forma natural dando como resultado la recuperación del frente dunar.

### Uso de restos de *Posidonia oceanica* como barreras de interferencia eólica

La retirada de las bermas vegetales y su posterior acumulación sobre el sistema pueden servir como técnica de interferencia eólica en morfologías erosivas (Roig-Munar et al., 2004). Se han usado como pantallas eólicas en discontinuidades dunares y en superficies y canales de deflación longitudinales entre foredune y dunas estabilizadas. La técnica aporta al sistema gran cantidad de materia orgánica y sedimento intercalado, en función de la

madurez de la berma extraída. Esta actuación favorece la rápida colonización de especies vegetales psamófilas propias de morfologías dunares delanteras y actúa como pantalla de interferencia eólica. De este modo, y en base a la clasificación morfoecológica de Hesp (2002), se han conseguido pasar de estadios 5-4 a estadios 2 en las foredunes de algunos sistemas playa-duna de Menorca. En el sistema de es Grau (Menorca) se han recuperado mediante este método 3.582 m<sup>2</sup> con una potencia media de 1,23 m. El coste de la técnica se estima en 0,19 €/m<sup>3</sup> sin impacto ambiental asociado (Tabla 1). Estos aportes permiten la interferencia eólica redimentaria, la rápida colonización de vegetación pionera y la recuperación del frente dunar. La técnica es complementaria a la instalación de pantallas de interferencia y al acordonamiento del sistema dunar.

### Uso de bermas de *Posidonia oceanica* en la playa

La retirada de bermas de *Posidonia oceanica* se enmarca dentro de las tareas de limpieza de playas. Estas retiradas, realizadas sin criterios técnicos y amparados en un concepto estético de limpieza, han generado importantes procesos erosivos a lo largo del litoral balear, y por extensión en otras muchas playas turísticas del Mediterráneo. Ya sea por los métodos utilizados, ya sea por la elevada frecuencia de dichas actuaciones, su retirada ha dado lugar a importantes pérdidas de sedimento (Fig. 3) y a desequilibrios puntuales en la línea de costa, ya que el material acumulado es generalmente transportado a espacios ajenos al ambiente playa-duna, produciéndose así una pérdida definitiva de sedimento (Roig-Munar y Martín-Prieto, 2005).

La aplicación de criterios geomorfológicos en la retirada, ya sea con

maquinaria adecuada, ya sea en base a principios geomorfológicos, favorecen la estabilización del sistema (Roig-Munar, 2002). La técnica consiste en nivelar el perfil natural de playa, desde superficies sin morfologías dunares, hacia las bermas vegetales recubriéndolas con arena. Permite la ganancia temporal de superficie de playa, acelerando los procesos naturales de adosamiento y sedimentación de barras sumergidas sobre las bermas ya acumuladas. El impacto ambiental asociado es prácticamente nulo y su coste unitario anual ronda los 28 €/m<sup>3</sup> recuperado (Tabla 1).

### **Uso de restos de *Posidonia oceanica* en playas urbanas**

En las playas urbanas o en playas que no posean morfologías dunares asociadas en las que no puedan usarse los restos de *Posidonia oceanica* como pantallas de interferencia eólica, los restos vegetales de dichas plantas pueden ser reservados mediante depósitos en áreas cercanas a la playa para su posterior revertido a la zona de swash.

La devolución de los restos de *Posidonia oceanica* a la zona de swash, una vez acabada la temporada turística, acelera de forma artificial la creación de bermas naturales de acumulación y la protección natural de playa, aportando el sedimento intercalado en su retirada, como podemos ver en la Fig. 3. El coste anual por m<sup>3</sup> es elevado, 95,06 €, y el impacto ambiental asociado es puntual y bajo –solo en la temporada estival- (Tabla 1). Los elevados costes económicos responden al coste del uso de maquinaria pesada en su retirada y posterior revertimiento.

### **Transvase de barras sumergidas sobre la playa**

En el caso de playas eminentemente urbanas, especialmente en las calas, que son

sistemas condicionados por procesos mixtos litorales y torrenciales, la recuperación del perfil de verano de la playa no suele producirse a tiempo o no es suficiente para la explotación turística de la playa

En estos casos, pueden realizarse trasvases de arena desde las barras sumergidas adosadas a la zona de swash hacia la playa emergida, acelerando de forma artificial el proceso natural de incorporación de las barras a la playa.

El coste anual por metro cúbico recuperado es de 3,2 € y su impacto ambiental bajo (Tabla 1), ya que, en realidad, sólo estamos acelerando el adose natural de las barras.

### **Valoración y análisis de la evolución temporal de los sistemas dunares**

En el caso de Menorca, el espacio costero arenoso es el espacio natural donde gravita la principal actividad económica de la isla.

Su uso y aprovechamiento económico se ha valorado, mediante el método de valoración contingente, en 33.532.156 €/anuales (Roig-Munar y Pérez-López, 2007).

Además, se requiere que el uso de este espacio sea perdurable y sostenible con la mínima alteración a lo largo de décadas.

Se precisa por tanto, que los factores naturales y ambientales que posibilitan el desarrollo a lo largo del tiempo y la prestación de los servicios al consumidor turístico (empresa y/o usuario) satisfagan las expectativas de satisfacción del usuario, siempre en consonancia con el estado geoambiental de los sistemas y con la declaración de Menorca Reserva de Biosfera.

A partir del análisis de la evolución temporal de los 28 sistemas dunares (Roig-Munar *et al.*, 2006) podemos identificar y

definir cuatro comportamientos diferentes agrupados en tres grupos (Fig. 6):

*Grupo 1:* Los sistemas no varían significativamente. Los valores anuales se mueven entre los dos cuadrantes de la derecha, definidos por el espacio factorial F1-F2 (superior e inferior).

Dentro de este grupo, identificamos dos subgrupos, que se mantienen estacionarios sin apenas variaciones interanuales (subgrupo 1a), y los que ligeramente empeoran y son objeto de medidas de gestión (subgrupo 1b). Estos sistemas situados en Espacios Naturales, poco publicitados y con accesos siempre peatonales han sufrido leves procesos de degradación por su uso, y en menor medida por su gestión, muchas veces inexistente por la baja o nula explotación turística de estos arenales. De aquí que sus variaciones dentro del espacio factorial hayan sido condicionadas a su protección legal, ya que los sistemas presentan similares condiciones geoambientales que en el período 1956, pudiendo describirse en 2004 estadios 1 y 2 según Hesp (2002).

*Grupo 2:* Los sistemas que describen una trayectoria en forma de "C", es decir, los que empeoran a lo largo del tiempo pero

son objeto de aplicación de medidas de gestión, muestran una cierta recuperación, observando dos tendencias de recuperación en función de la aceleración de estos sistemas a la respuesta ambiental de las medidas aplicadas.

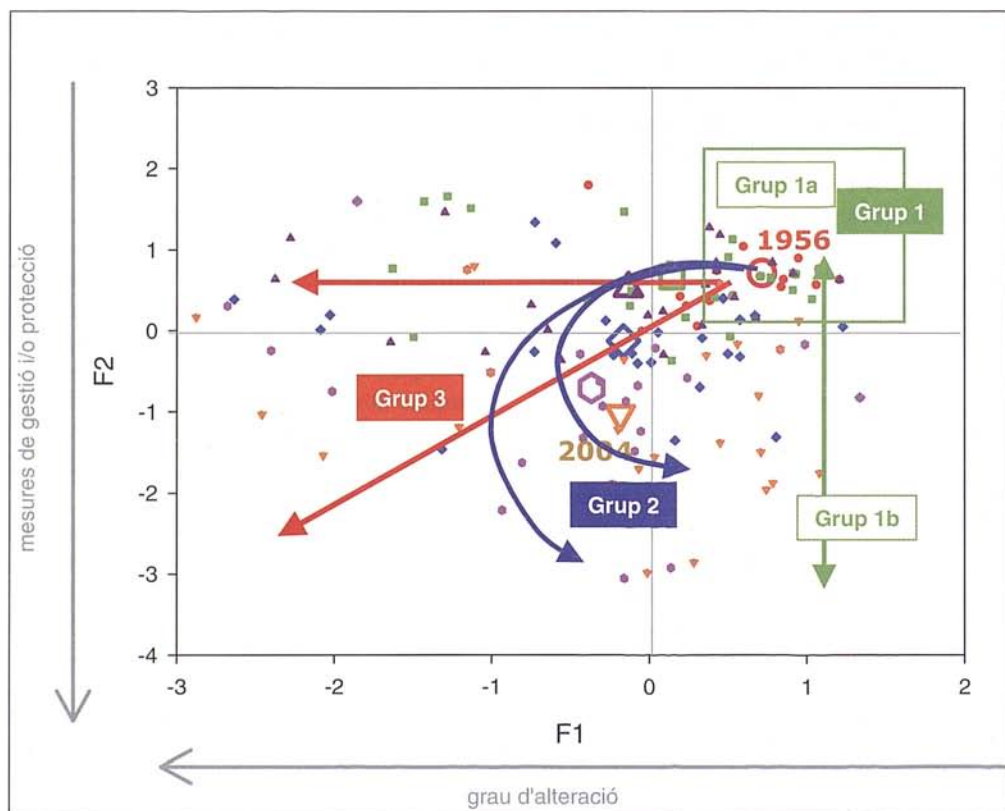
Esta recuperación de las formas dunares mediante procesos de recuperación sedimentaria puede derivar a hacia una tendencia hacia la naturalización del sistema en su conjunto, llegando en algunos casos a la situación de sistema recuperado, equiparándose a los del grupo 1 pero con elevados grados de uso y la aplicación de medidas de mantenimiento adecuadas para su correcta gestión.

*Grupo 3:* Se trata de sistemas con clara vocación degenerativa y que su tendencia ha sido hacia la degradación continuada e incluso su desaparición aparente, convirtiéndose en superficies de deflación con morfologías relictuales aisladas y la neocolonización de morfologías asociadas a plantas pioneras que son erradicadas en períodos estivales al realizar actuaciones de adecuación de la playa para su uso turístico-recreativo. No muestran síntomas de recuperación, debido a la falta de gestión correcta a pesar que

Sistema de recuperación	Coste anual	Impacto
Restricciones en la limpieza mecánica de la playa	0,05 €/ m <sup>3</sup>	Nulo
Trampas de interferencia eólica	0,51-17,46 €/ m <sup>3</sup>	Nulo
Utilización de cordones disuasorios del paso a las dunas	0,25 €/ m <sup>3</sup>	Nulo
Uso de restos de <i>Posidonia oceanica</i> como barrera eólica	0,19 €/ m <sup>3</sup>	Nulo
Uso de bermas de <i>Posidonia oceanica</i> en la playa	28 €/ m <sup>3</sup>	Nulo
Uso de restos de <i>Posidonia oceanica</i> en playas urbanas	95,06 €/ m <sup>3</sup>	Muy bajo
Transvase de barras sumergidas sobre la playa	3,50 €/ m <sup>3</sup>	Bajo

**Tabla 1.** Costes geoambientales y económicos de las medidas de gestión sostenibles aplicadas en Menorca (Islas Baleares).

*Table 1.* Geo-environmental and economic costs of sustainable management measures applied in Menorca (Balearic Islands).



**Fig. 6.** Evolución espacio-temporal de los sistemas dunares de Menorca (1956-2004).

**Fig. 6.** Space-time evolution of dunar systems of Menorca (1956-2004).

pueden ser objeto de medidas de gestión encaminadas a la recuperación de formas.

De los tres comportamientos observados, el de los sistemas degenerativos es el de más interés para su análisis, ya que las medidas de gestión sostenible ayudan a recuperar los espacios dunares.

Como en el caso de la clasificación de playas utilizada para la gestión litoral de arenales de Menorca y de las Islas Baleares (Roig-Munar, 2003; Roig-Munar y Comas, 2005), el análisis de la evolución espacio-temporal se presenta como una buena herramienta para medir y controlar el estado de conservación de los sistemas dunares basado en indicadores objetivos y en gestiones ambientales blandas.

## Conclusiones

La gestión de los sistemas playa-duna se basa en asegurar su alimentación sedimentaria, por ello, resulta crítico actuar de modo que no se pongan en peligro dichos aportes.

Hay que evitar que balances sedimentarios negativos provoquen procesos erosivos que desde sus partes más frontales se extiendan hacia el interior de las dunas y desestabilicen su estructura.

El mantenimiento y recuperación de la vegetación pionera es crucial ya que se trata de especies altamente especializadas capaces de resistir el spray marino y

desarrollarse sobre sustratos salobres e incluso salinos.

Solo conservando estas comunidades podemos asegurar el éxito de la sucesión vegetal que caracteriza las dunas litorales y que asegura la retención sedimentaria

Por otra parte hemos de garantizar el uso de la recreación, sin poner en peligro la evolución y dinámica natural del sistema. Para ello hemos de restringir su frecuentación masiva que conlleva la creación de canales de erosión. Determinar la capacidad de carga de los sistemas y reducir su frecuentación en sus zonas más frágiles resulta imprescindible para el equilibrio.

En el caso de las dunas litorales, su dependencia de la conservación de la playa es total. La retirada indiscriminada de los restos vegetales de *Posidonia oceanica* que en forma de bermas se acumulan sobre la playa pone en peligro la alimentación sedimentaria de la playa y su protección contra los temporales. Estas operaciones junto a técnicas de limpieza de playas inadecuadas, constituyen los mayores peligros, no solo para la conservación de la playa, sino también para la alimentación y preservación de las dunas. Es por ello que una correcta gestión de la playa es imprescindible para garantizar el buen estado de las dunas.

Se ha demostrado que un cambio en el concepto de gestión, mediante el uso de técnicas blandas, y buscando el soporte social, puede invertir las tendencias erosivas de un sistema dunar (Roig-Munar et al., 2006b). Pero, además, hemos de procurar la recuperación de las zonas dañadas del sistema dunar que no sean capaces de restaurarse por sí solas. Para ello, además de restringir una frecuentación excesiva, mediante cordones disuasorios, deberemos procurar barreras de interferencia eólica que sustituyan temporalmente la vegetación y permitan reiniciar la acumulación de sedimento. Conocer la

dinámica eólica y sedimentaria del sistema es necesario para conseguir el éxito de la gestión. Confiar en la capacidad de regeneración vegetal, apoyarla e incluso acelerarla siguiendo su pauta natural es la estrategia mas adecuada para recuperar *blowouts* y canales de deflación, que posteriormente serán revegetados de forma natural, una vez los procesos erosivos hayan desaparecido.

En definitiva, trabajar a favor de los procesos naturales basándonos en su conocimiento técnico y científico es la clave de una gestión sostenible a medio y largo plazo. Asegurar la alimentación del sistema dunar y recuperar las morfologías erosivas son dos fases ineludibles de la gestión de estos valiosos espacios frágiles y dinámicos y en este sentido, la apuesta por técnicas blandas ha sido la respuesta geoambiental mejor acogida del sistema playa-duna.

## Agradecimientos

Este trabajo se ha visto beneficiado del proyecto de investigación GCL2010-18616 del ministerio de Educación, Cultura y Deporte, así como de la *Direcció General d'Universitats, Recerca i Transferència de Coneixement* del Gobierno de las Islas Baleares para grupos de investigación competitivos (grupo de investigación BIOGEOMED) cofinanciado con fondos FEDER.

## Bibliografía

- Asensi, M. y Servera, J. 2004. Aproximació a la quantificació de la pèrdua de sediment de platja amb la retirada mecànica de les bermes vegetals de *Posidonia oceanica*. En Pons, G.X. (ed.) IV Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears, Soc. Hist. Nat. Balears, 87-91.
- Bird, E. C. F. 1996. Beach management. Chichester, John Wiley & Sons.

- Brown, A. C. y McLachlan, A. M. 1990. Ecology of sandy shores. Amsterdam. Elsevier.
- Hesp, P. 2002. Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. *Geomorphology*, 48: 245-268.
- Jaume, C. y Fornós, J. J. 1992. Composició i textura dels sediments de platja del litoral mallorquí. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 35: 93-110.
- Leeder, M. R. 1983. On the interactions between turbulent flow, sediment transport and bedform mechanics in channelized flows. *Spec. Publ. Int. Ass. Sediment*, 6: 5-18.
- Medina, J. R., Tintoré, J. y Duarte, C. 2001. Las praderas de *Posidonia oceanica* y la regeneración de playas. *Revista de Obras Públicas*, 3409(3): 31-41.
- Pretus, J.L.I. 1989. Contribució al coneixement de la fauna intersticial litoral. Presència de Mistacocàrides (Crustacea) a l'illa de Mallorca. *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.* 60 (9): 113-119.
- Rodríguez-Perea, A., Servera, J. y Martín-Prieto J.A. 2000. Alternatives a la dependència de les platges de les Balears de la regeneració artificial: Informe METADONA. Univ. I. Balears, Col. Pedagogia Ambiental nº10.
- Roig-Munar, F. X. 2002. El Pla de neteja integral del litoral de Menorca. Aspectes geomòrfics, ambientals i socials. *Boll. Geografia Aplicada*. 3-4, 51-64.
- Roig-Munar, F. X. 2003. Identificación de variables útiles para la clasificación y gestión de calas y playas. El caso de la isla de Menorca (I. Balears). *Boletín de la A.G.E.* 35, 175-190
- Roig-Munar, F. X. 2004. Análisis y consecuencias de la modificación artificial del perfil playa-duna por el efecto mecánico de su limpieza. *Investigaciones geográficas* 33, 87-103
- Roig-Munar, F.X y Martín-Prieto, J. Á. 2003. Valoración de la capacidad de carga física y perceptual en playas situadas en espacios naturales protegidos. En Santos X. (Ed.): *La Geografía y la Gestión del Turismo*. Actas VIII Coloquio de Geografía del Turismo, ocio y recreación. Universidad de Santiago de Compostela, 343-351.
- Roig-Munar, F. X. y Martín-Prieto, J. Á. 2003b. El papel protector de las bermas vegetales de *Posidonia oceanica* sobre la playa emergida d'es Perengons (S.E. Mallorca). En: Blanco, R.; López, J. y Pérez, A. (Eds.): *Procesos geomorfológicos y evolución costera*. Actas II Reunión de Geomorfología Litoral, Univ. de Santiago de Compostela, 201-212.
- Roig-Munar, F. X. y Martín-Prieto, J. Á. 2004. Efecto de laretirada de bermas vegetales de *Posidonia oceanica* sobre las playas de las Islas Baleares: consecuencias de la presión turística. *Investigaciones Geográficas*, 57: 40-52.
- Roig-Munar, F. X. y Pérez-López, M. 2008. Anàlisi del grau de publicitat i freqüentació de les platges de Menorca com a eina de gestió de la demanda. En: Pons, G.X. (edit.). *V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears*, SHNB. 347-349.
- Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.Á., Rodríguez-Perea, A. y Pons, G. X. 2006a. Valoración geambiental y económica de diferentes técnicas de gestión de playas. IX Jornadas Nacionales de Geomorfología, 457-469.
- Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.A., Comas, E. y Rodríguez-Perea, A. 2006b. Space-time analysis (1956-2004) of human use and management of the beach dune systems of Menorca (Balearic Islands, Spain). *Journal of Coastal Research Sp. Iss.* 48: 107-111.
- Roig-Munar, F.X, Rodríguez-Perea, A. y Martín-Prieto, J.Á. 2004a. Influencia antrópica en la alteración del sistema playa-duna de Son Bou (Menorca), En G. Benito y A. Díez Herrero (Eds): *Contribuciones Recientes sobre Geomorfología*. SEG y CSIC, Madrid, 375-384.
- Roig-Munar, F.X., Rodríguez-Perea, A., Martín-Prieto, J.Á. y Comas, E. 2004b. Aproximació a la quantificació de la pèrdua de sediment de platja amb la retirada mecànica de les bermes vegetals de *Posidonia oceanica*. En: Pons, G.X. (ed.) *IV Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears*, Soc. Hist. Nat. Bal. Palma-Maó, 82-83.
- Roig-Munar, F.X. y Pérez-López, M. 2007. Valoración económica del litoral de Menorca, reserva de biosfera. Aplicación del método de valoración contingente.

- Boletín Boletín EUROPARC núm. 23, pp 49-53
- Schmitt, T. 1994. Degradació de la vegetació psamòfila litoral de Mallorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 37: 151-174.
- Servera, J., Martín-Prieto, J. Á. y Rodríguez-Perea, A. 2002. Forma y dinámica de las acumulaciones de hojas de *Posidonia oceanica*. Su papel como elemento protector de la playa subaérea. En Pérez-González, A.; Vegas, J. & Machado, J. (eds): *Aportaciones a la Geomorfología de España en el inicio del tercer milenio*. Instituto Geológico y Minero de España, Sociedad Española de Geomorfología, Madrid. 363-369.
- Sherman, D. J. y Bauer, B. O. 1993. Dynamics of beach-dune systems. *Progress in Physical Geography*, 17(4): 413-447.