

La vegetación en la gestión de las playas de Menorca

Pere FRAGA ARGIMBAU y José Ángel MARTÍN PRIETO

Fraga, P. y Martín-Prieto, J.A., 2012. La vegetación en la gestión de las playas de Menorca. En: Rodríguez-Perea, A., Pons, G.X., Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.A., 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: 375-392. 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

Una gestión sostenible a largo plazo de las playas, tanto en su consideración de espacio de ocio como en la de un hábitat de elevado interés ecológico, no puede consolidarse sin una visión general de estos ambientes que tenga en cuenta aspectos como la vegetación y la flora vascular que lo caracterizan. Este componente del medio natural tiene una función de gran importancia que va más allá de su caracterización, influyendo notablemente en su configuración geomorfológica y en su conservación. Menorca, donde concurren diversas situaciones y una elevada tipología de playas, puede servir de ejemplo ilustrativo. En este trabajo se realiza un recorrido explicativo sobre la vegetación que caracteriza estos ambientes y sobre su diferente estado de conservación en algunas playas, tanto aquellas que se han mantenido en un estado natural como las que han sufrido algún tipo de alteración o intervención antrópica destinada a su restauración. Con todo ello se obtiene una visión holística de las consecuencias de la alteración humana y permite exponer unas breves conclusiones o recomendación para una gestión sostenible.

Palabras clave: *sistemas dunares, flora amenazada, alteración antrópica, riqueza florística, restauración ecológica, Mediterráneo.*

THE ROLE OF THE VEGETATION IN THE MANAGEMENT OF BEACHES IN MINORCA. Beaches as a place of leisure or even as a valuable habitat for ecological conservation can get only a long term sustainable management when they are considered as a complex habitat, that is taking into consideration aspects like vegetation and the diversity of vascular flora. Plants are a keystone element in their characterization with a strong influence on geomorphological configuration and conservation. In Minorca occur a wide range of situations and types of beaches, thus it can serve as a case study. In this paper is shown a general explanation of the vegetation that characterizes these habitats, going from those with a nearly natural situation to other with a high degree of alteration, even that have been restored recently. Altogether shows a whole vision of human alteration consequences and allows exposing a few conclusions and recommendation for a sustainable management.

Key words: *dune systems, endangered flora, human alteration, vascular flora richness, ecological restoration, Mediterranean.*

Pere FRAGA, Consell Insular de Menorca, Plaça de la Biosfera, 5, 07703 Maó, Menorca e Institut Menorquí d'Estudis, Camí des Castell, 28, 07702 Maó, Menorca y José Ángel MARTÍN PRIETO, Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears, Ctra. Valldemossa, km 7,5, 07071 Palma, Mallorca.

Introducción

En la mayoría de los ecosistemas terrestres la flora tiene un papel fundamental tanto en lo que se refiere a su caracterización como en su evolución y persistencia en el tiempo. Por ello este elemento se debe tener también en cuenta en cualquier actuación o programa de gestión que tenga como objetivo la conservación o recuperación de cualquier hábitat o ecosistema con un mínimo de vegetación presente.

Las playas y sistemas dunares tienen como principal característica común su constitución por suelos arenosos. Las propiedades físicas de este material son el principal condicionante para cualquier tipo de vida que se desarrolle en él (Salisbury, 1952; Hesp, 1991; Kim y Yu, 2009; Maun, 2009). En el caso de las plantas ello implica una serie de adaptaciones (salinidad, viento, sustrato, etc.). Esto hace que aquellas especies más adaptadas a este medio muestren una serie de rasgos morfológicos comunes de tal forma que es posible discriminarlas con cierta facilidad (Salisbury, 1952; Hesp, 1991; Maun, 2009).

Actualmente las playas y sistemas dunares se sitúan entre los hábitats que están padeciendo un mayor incremento en el deterioro del estado de conservación a una escala global (McGwynne y McLahlan, 1992; Salman y Strating, 1992; Rust y Illenberger, 1996; Van der Meulen y Udo de Haes, 1996). Esta situación deriva principalmente del aumento de incidencia de ciertas amenazas de origen antrópico

como por ejemplo el exceso de frecuentación humana o la alteración del medio para supuestamente adecuar su uso como zona de ocio (Holdgate, 1993; Nichols, 1996; van der Meulen y Salman, 1996; Drees, 1997; El Banna, 2004, 2008). Esta situación de empeoramiento creciente del estado de conservación está acarreado problemas no solamente en el aspecto medioambiental, sino también en el económico y el mismo sector turístico (La Cock y Burkinshaw, 1996; Nichols, 1996). Estos problemas se manifiestan en situaciones como la pérdida de superficie de arena (Komar, 1983; Martín *et al.*, 2009), disminución de los valores estéticos o el aumento de los costes de gestión y mantenimiento para mantener estos espacios en unas condiciones adecuadas para su uso.

A medida que los técnicos y otros responsables de la gestión de estos espacios han tomado consciencia de esta situación de deterioro continuado, la preocupación por una gestión integral, que tenga en cuenta todos los factores que influyen en la conservación a largo plazo de las playas y sistemas dunares, ha aumentado considerablemente (Cicin-Sain, 1993; Hillen y Verhagen, 1993; van Bohemen, 1996; Mc Kenna *et al.*, 2007). Los avances conseguidos en este sentido en los últimos años son verdaderamente importantes y significativos (Mentis y Ellery, 1994; van Aarde *et al.*, 1996). Son numerosas las iniciativas de gestión que se realizan de una forma integral, buscando más la conservación del hábitat que no su

transformación en un espacio abiótico de uso exclusivo para el hombre (Van der Meulen y Udo de Haes, 1996; De Lillis *et al.*, 2004). Precisamente las experiencias y resultados que se derivan de estas iniciativas muestran claramente como las más exitosas y eficientes, con un coste económico y ambiental mínimo, son aquellas que tienen en consideración y buscan una restauración del ambiente natural original y que en su posterior mantenimiento la conservación de éste prima por encima de su transformación (Sanjaume y Pardo, 1992; Kutiel, 2001; Gómez-Pina *et al.*, 2002; De Lillis *et al.*, 2004; Roig *et al.*, 2009).

Atendiendo a todo esto, esta contribución pretende hacer un repaso de las funciones que tiene la vegetación en la conservación y gestión de las playas y sistemas dunares, partiendo de ejemplos concretos existentes en la isla de Menorca, tanto en lo que se refiere a casos que han permanecido prácticamente intactos hasta nuestros días, como a otras situaciones en las que la gestión y las actuaciones directas han permitido una recuperación o todo al contrario está provocando su deterioro continuado.

Las plantas en la arena

Experimentalmente es fácil comprobar como la ubicación de un ser vivo cualquiera en un medio abiótico en poco tiempo su presencia provoca cambios y alteraciones importantes en éste. La mayoría de veces estas variaciones son consecuencia de obtener algún tipo de provecho del nuevo ambiente. Al mismo tiempo el organismo buscará su permanencia mediante un proceso de adaptación. En general, como más extremado y más inhóspito sea el ambiente mayores son los esfuerzos de adaptación y con frecuencia también son más evidentes

los cambios que provoca la presencia de vida en él (Turesson, 1922; Kruckeberg, 2002).

Los medios arenosos por esta misma condición de extremos y hostiles implican adaptaciones importantes a las especies vegetales que viven en ellos (Hesp, 1991; Maun, 2009). Al mismo tiempo, los vegetales para poder vivir en la arena causan en ésta cambios evidentes en su configuración a diferentes niveles (Hesp, 2002; Jones *et al.*, 2008; Maun, 2009), de tal forma que la apariencia visual cambia significativamente según la presencia o no de vida vegetal (Hesp, 2002; Parisod y Baudière, 2006; Maun, 2009).

Los efectos más evidentes de la presencia de vegetación en los suelos arenosos son la modificación de la geomorfología (Avis y Lubke, 1996; Lancaster y Baas, 1998; De Lillis *et al.*, 2004), que generalmente se traduce en la formación de las morfologías típicas los sistemas dunares a mayor o menor escala en función de diversos factores (van Dijk *et al.*, 1999; Hesp, 2002). No hay duda que estos cambios se pueden producir igualmente en ausencia de vegetación y que están relacionados con otros condicionantes como el viento, las características de la arena, la orientación, etc., pero en cualquier caso la presencia de vegetación les confiere una configuración concreta que tiene sus consecuencias en la posterior evolución del sistema dunar (Doing, 1985; Hesp, 2002).

Por un lado la parte aérea de la vegetación realiza un efecto barrera que atrapa las partículas de arena y favorece su acumulación dando así origen a las formaciones en relieve (Buckley, 1987; Arens, 1996; Hesp, 2002; Maun, 2009). Al mismo tiempo, esta modificación de la horizontalidad implica ya cambios significativos en lo que se refiere al medio de vida de la planta. Al aumentar la profundidad de la arena también se produce

un incremento en la columna de agua disponible para la planta o en el volumen de exploración del sistema radicular. Todo ello significa un aumento significativo de los recursos disponibles para el crecimiento y desarrollo de la planta. Una situación que también está favorecida por una mayor capacidad de captación de recursos nutritivos a partir del mismo efecto barrera. Éste no solamente intercepta partículas de arena sino que también lo hace con restos de materia orgánica u otros elementos minerales que pueden ser nutrientes para la planta. Todo esto se traduce en la formación de una capa de vegetación más desarrollada (Hesp, 1991)

En contraposición a estos efectos positivos, la planta en este medio arenoso debe tener capacidad para superar las dificultades que el medio arenoso supone a su desarrollo: baja capacidad de retención de agua, escasez de nutrientes, elevado dinamismo que puede ocasionar sepultamientos, elevada refracción solar, etc. Precisamente son estos factores adversos los que fuerzan las adaptaciones morfológicas y fisiológicas de las plantas al medio arenoso (Salisbury, 1952; Hesp, 1991; Maun, 2009). Algunos de estos rasgos son los que hacen que la vegetación de las playas y los sistemas dunares tenga una apariencia diferenciada respecto a la que se sitúa en suelos más consistentes (Doing, 1985; Kruckeberg, 2002) de hecho, es una realidad que en un paisaje la presencia de un sistema dunar causa una discontinuidad muy evidente en la cubierta vegetal. Esta diferenciación se manifiesta tanto en el conjunto de la cubierta vegetal por su densidad cobertura o distribución de las masas vegetales (Kutiel, 2001), como por el aspecto individual de cada planta, de tal forma que las especies vegetales que crecen de forma habitual en estos ambientes presentan algunas características comunes (Doing, 1985; Crawford, 1989; Hesp, 1991;

Melo, 2007; Maun, 2009).

Con todo esto no hay duda que existe una flora y vegetación mejor adaptada a la vida en substratos arenosos. Estas plantas, sin duda, son las que proporcionarían mejores resultados en cualquier actuación de gestión de las playas y sistemas dunares, ya sea con vistas a su conservación o bien para una regeneración en el caso de situaciones de degradación.

Playas prístinas: un ejemplo irreal

En un territorio fuertemente antropizado como la región mediterránea hablar de ambientes naturales prístinos no tiene mucho sentido, una afirmación con la que actualmente ya coinciden numerosos autores (Grove y Rackham 2001; Butzer, 2005; Thompson, 2005; Blondel, 2006).

En los territorios insulares los efectos de la presencia humana pueden ser todavía más intensos, tanto en lo que se refiere a su duración en el tiempo como a su intensidad (Walter, 2004; Blondel, 2008). La isla de Menorca es un claro ejemplo de ello (Fig. 1). Su extensión limitada, la larga historia de la presencia del hombre y la idoneidad de sus tierras para los usos agropecuarios han hecho que prácticamente no quede en la isla ningún rincón con algún vestigio de presencia humana (Fraga *et al.*, 2004). Aún así, es posible establecer diferentes grados de alteración antrópica más todavía cuando actualmente los efectos de ésta son radicalmente diferentes a los de hace algunos años en que éstos se limitaban a los causados por las prácticas agrícolas tradicionales, en general de baja intensidad.

En lo que se refiere a las playas, no hay duda que existe una gran diferencia entre su estado de conservación y su apariencia antes del auge de la actividad turística al que presentan actualmente (Roig-Munar *et al.*, 2006a). Anteriormente

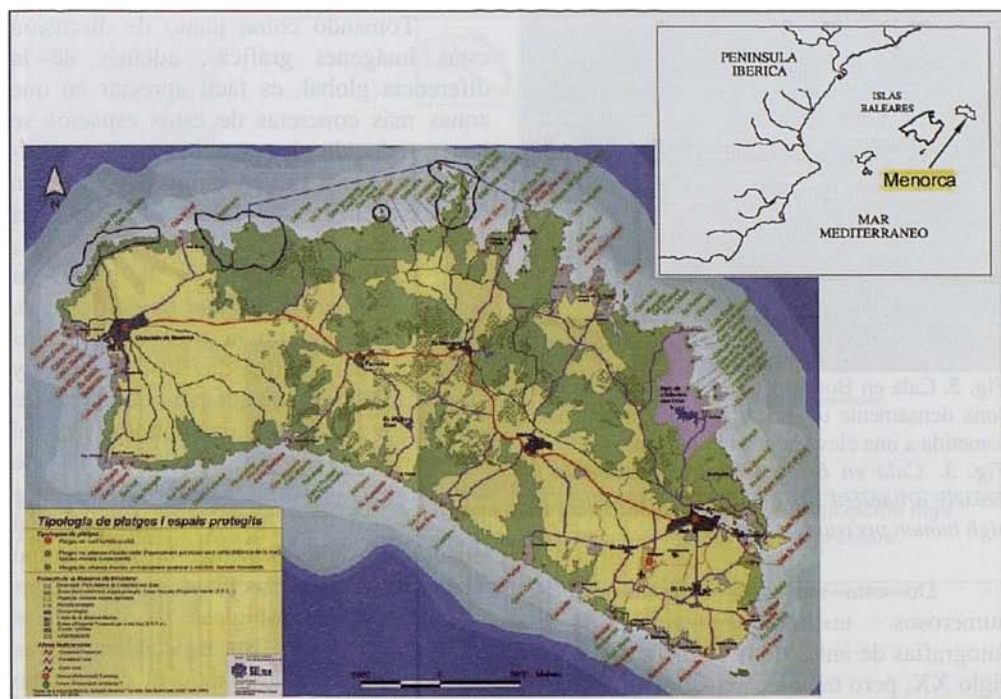


Fig. 1. Distribución de las principales playas y sistemas dunares de Menorca con respecto a las zonas protegidas y núcleos urbanos.

Fig. 1. Distribution of the main beaches and dune systems of Minorca with respect to protected areas and urban centers.

estos espacios prácticamente no cumplían ningún tipo de función social. Únicamente tenían alguna utilidad como fuente de recursos naturales (p.e. restos de *Posidonia* como enmienda orgánica al suelo), para determinadas actividades pesqueras o bien como lugar de reposo para el ganado. Por lo tanto la presión antrópica sobre estos hábitats era mínima (Massutí *et al.*, 2000).

En consecuencia, su imagen en muchos casos no era un espacio de arena libre a primera línea, sino que más bien era un mosaico de diferentes tipos de cubiertas de vegetación y otros restos orgánicos dejados por el mar.



Fig. 2. Cala Trebalúger. Una playa a la que solo se puede acceder por mar o a pie y que conserva una tasa de frecuentación humana baja.

Fig. 2. Cala Trebalúger. A beach which is only accessible by boat or on foot and keeps a low human frequency rate.



Fig. 3. Cala en Bosch. Una playa situada en una zona densamente urbanizada y en consecuencia sometida a una elevada presión humana.

Fig. 3. Cala en Bosch. A beach located in a densely urbanized area and therefore subject to high human pressure.

De esta situación original dan fe numerosos testimonios gráficos de fotografías de antes de la primera mitad del siglo XX, pero también actualmente quedan algunos contados ejemplos de playas que mantienen aún cierta fidelidad a aquella situación original. En general se trata de playas de difícil acceso o éste limitado a la vía peatonal o bien que son poco conocidas en el ámbito turístico y de la población visitante en general.

Es suficiente una mirada rápida a un par de imágenes para constatar las grandes diferencias existentes entre una de estas playas poco frecuentadas por los turistas y otra en una situación contraria (Figs. 2 y 3). Si sobre estos espacios reflejamos algún tipo de valoración más cuantitativa, como por ejemplo el mapa de vegetación (Figs. 4, 5 y 6), los parecidos se hacen todavía más remotos. Mientras que en Sa Torreta (Fig. 4) las zonas de vegetación presentan una diversidad de tipos y ocupan prácticamente todo el espacio terrestre, en S'Olla (Fig. 5) y Punta Prima (Fig. 6), la diversidad es menor y la primera línea está prácticamente desprovista de vegetación.

Tomando como punto de discusión estas imágenes gráficas, además de la diferencia global, es fácil apreciar en que zonas más concretas de estos espacios se han producido los cambios más significativos, que a su vez son los que reflejan donde se encuentran las alteraciones más importantes.

La primera línea de la playa, en donde la influencia del mar es más directa, es al mismo tiempo la zona de uso más intensivo por parte de los turistas y visitantes. A pesar de que por naturaleza sea un ambiente en alteración continuada por el oleaje (Forey *et al.*, 2008), su grado de sensibilidad a otras perturbaciones es elevado (Melo, 2007). Como se ha mencionado anteriormente, la arena como medio de vida para las plantas implica unas adaptaciones morfológicas y fisiológicas por parte de éstas. Esta especialización es todavía más intensa cuando el dinamismo del medio arenoso es más importante (Salisbury, 1952; Hesp, 1991; Avis y Lubke, 1996), como es el caso de esta primera línea de la playa. Precisamente es este mayor grado de especialización el que hace que las especies colonizadoras de este ambiente sean habitualmente relativamente escasas (Musila *et al.*, 2001) más sensibles a alteraciones que en un principio podrían parecer de baja intensidad (Rust y Illenberger, 1996). A esto hay que añadir que solo en determinadas épocas del año es posible la colonización por especies vegetales (Hesp, 2002) y por ello en esta zona la vegetación está formada por pocas especies pioneras de ciclo de vida anual (Corre, 1991), muchas veces efímero y con un bajo porcentaje de cobertura (Avis y Lubke, 1996; Acosta *et al.*, 2009). Si esta época favorable coincide con la de mayor frecuencia de presencia humana resulta fácilmente comprensible que las comunidades vegetales de esta zona de la playa sean las que se han visto más afectadas por

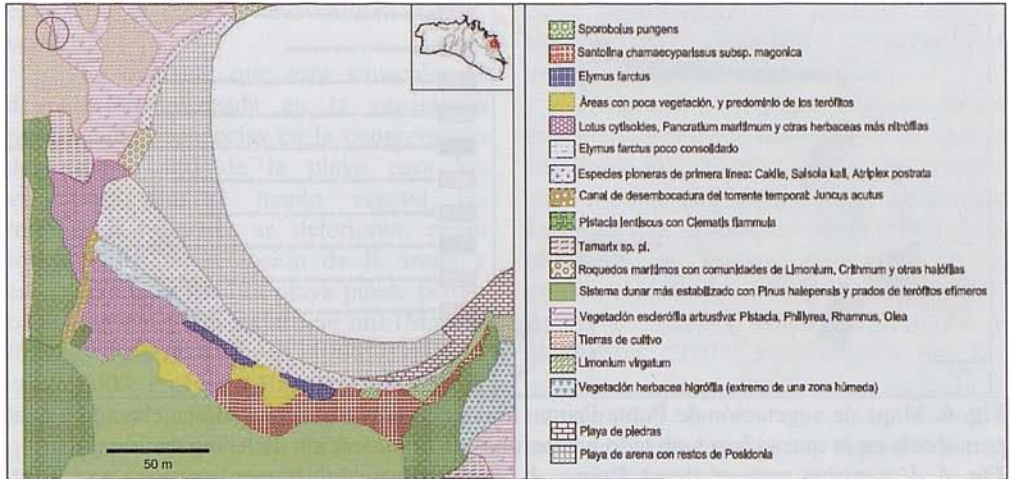


Fig. 4. Mapa de vegetación de Cala de Sa Torreta. Una playa con un nivel de antropización bajo
Fig. 4. Vegetation map of Cala de Sa Torreta. A beach with a low level of human pressure.

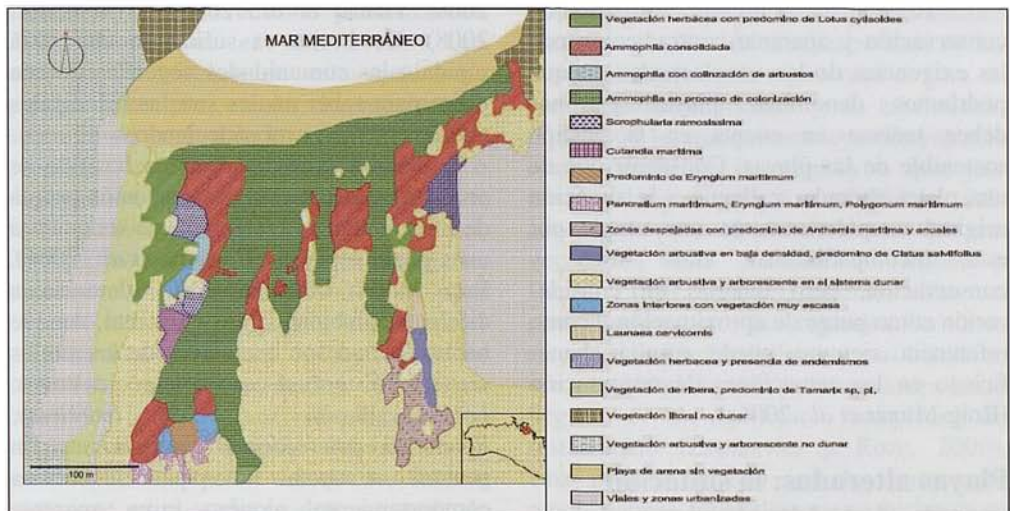


Fig. 5. Mapa de vegetación del Arenal de s'Olla. Una playa sometida a una fuerte presión antrópica en la que se han realizado actuaciones de regeneración de la vegetación dunar.
Fig. 5. Vegetation map of s'Olla Arenal. A beach under strong anthropic pressure on which have been made actions to regenerate the dune vegetation.

el exceso de frecuentación humana. De hecho, en muchas playas ha desaparecido por completo.

Las franjas de vegetación posteriores también han sufrido situaciones de degradación, aunque por las características de la vegetación y del mismo

ambiente su regeneración es más factible (Nzunda *et al.*, 2008) y actualmente todavía es relativamente frecuente encontrar situaciones con un buen estado de conservación.

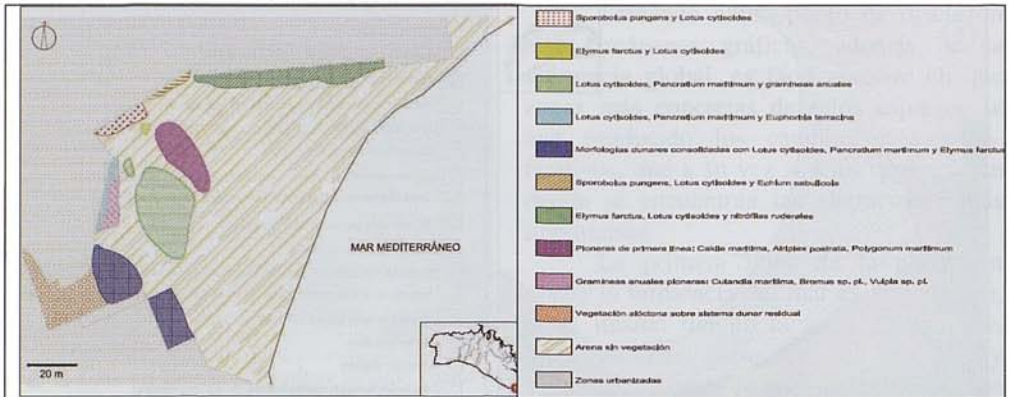


Fig. 6. Mapa de vegetación de Punta Prima. Playa con una presión antrópica elevada y más persistente en la que se han realizado actuaciones de regeneración de la vegetación dunar.

Fig. 6. Vegetation map of Punta Prima. A beach with a high human pressure and more persistent in the proceedings that have been made to regenerate the dune vegetation.

A pesar de su escasez, dificultad de conservación y aparente contradicción con las exigencias de los usos actuales, lo que podríamos denominar playas prístinas deben tenerse en cuenta en la gestión sostenible de las playas. Conseguir que de una playa alterada se llegue a la situación original es prácticamente una utopía por esta incompatibilidad entre usos y conservación, pero tenerlas en consideración como punto de aproximación y como referencia siempre puede resultar beneficioso en las actuaciones de restauración (Roig-Munar *et al.*, 2006a).

Playas alteradas: la situación actual más habitual

En contraposición a la situación anterior, la gran mayoría de playas de arena presentan en la actualidad algún nivel de degradación. Con lo expuesto anteriormente es fácil comprender que la vegetación es uno de los mejores indicadores para evaluar el estado de conservación de un sistema dunar (Avis y Lubke, 1996; Martín-Prieto y Rodríguez-Perea, 1996; De Lillis, 2004; Levin y Ben-Dor, 2004; Duran y Herrmann,

2006; Yizhaq *et al.*, 2007; Levin *et al.*, 2008). De hecho es suficiente una vista rápida a las comunidades vegetales de una playa para saber cuales son las principales alteraciones que está padeciendo.

En el caso de Menorca, cuando se produce esta situación, la vegetación propia de los ambientes dunares queda reducida a unas pocas especies (Cardona *et al.*, 2004). Éstas tienen en común su tolerancia a diferentes ambientes, y por lo tanto, aunque habituales, no son exclusivas de los suelos arenosos. Este es el caso de especies como: *Lotus cytoides*, *Sonchus tenerrimus*, *Reichardia picroides*, *R. tingitana*, etc. En general se trata de plantas con un comportamiento pionero cuya aparente preferencia por los suelos arenosos está relacionada con la existencia de un buen drenaje en su sistema radicular. En cambio, las especies más típicamente psamófilas desaparecen casi por completo. Únicamente en los puntos donde el grado de alteración tiene menor intensidad suelen quedar vestigios de algunas de las más tolerantes como es el caso de *Elymus farctus*, o bien de otras especies que basan su tolerancia en la persistencia que les otorga la existencia de órganos de resistencia como los bulbos,

este sería el caso de *Pancratium maritimum*.

Es evidente que esta situación de degradación avanzada en la vegetación tiene sus consecuencias en la conservación del espacio útil de la playa para los visitantes. Sin el manto vegetal las morfologías dunares se deterioran, cesan los procesos de retención de la arena y como resultado final la playa puede perder buena parte de esta superficie útil (Martín-Prieto y Rodríguez-Perea, 1996; Tzatzanis *et al.*, 2003; Parisod y Baudière, 2006). Por lo tanto, una gestión correcta de la playa, que tenga como objetivo unos resultados duraderos a largo plazo, debe considerar en sus planes de actuación la recuperación de la vegetación dunar (Nichols, 1996; Van Bohemen, 1996; Freestone y Nordstrom, 2001; Nordstrom *et al.*, 2002). Una consecución efectiva de esta meta pasa precisamente por emular la máximo la sucesión de comunidades vegetales que se produce después de una alteración o degradación por causas naturales (Avis y Lubke, 1996; Raal y Burns, 1996; Kutiel, 2001; Provoost *et al.*, 2004). Al contrario, una intervención inadecuada, como por ejemplo la introducción directa de especies permanentes, con toda probabilidad no obtendrá buenos resultados de forma inmediata. Una vez finalizada su implantación estas especies entrarán en un periodo de adaptación del que no saldrán hasta que en el suelo se den una serie de condiciones más favorables para su desarrollo. Precisamente éstas son generadas habitualmente por especies pioneras (De Lillis *et al.*, 2004). Estas plantas a pesar de su comportamiento efímero y en muchos casos de presencia poco evidente, desarrollan unas funciones fundamentales para garantizar el asentamiento de las otras especies más permanentes (Avis y Lubke, 1996; Parisod y Baudière, 2006). Estas consisten entre

otras: estabilización del substrato arenoso, fijación de nutrientes, creación de morfologías primarias en la arena.

Por lo tanto, las playas alteradas deben entenderse y tratarse como un hábitat que se encuentra en un punto inicial de un proceso de sucesión de comunidades vegetales. Entender este proceso es fundamental en la obtención de buenos resultados en la gestión (De Raeve, 1989; Wanders, 1989; Avis y Lubke, 1996; Freestone y Nordstrom, 2001). Esto implica que las actuaciones de restauración que incluyan la regeneración de la vegetación deberían tener en cuenta las especies vegetales por su funcionalidad además de otros aspectos como los estéticos o visuales (Avis y Lubke, 1996; Kutiel, 2001; Kutiel *et al.*, 2004). Así por ejemplo las especies anuales cumplen una función muy importante en las primeras fases de la regeneración. Con su comportamiento pionero y su crecimiento rápido son las que primero contribuyen a la estabilización de la arena y a que este medio tenga unas condiciones más adecuadas para el asentamiento de una vegetación más permanente (Kutiel y Danin, 1987; Kutiel, 1998). Sin su participación en la regeneración esta siempre resultará más lenta y posiblemente con necesidad de más intervenciones hasta llegar a un proceso completo de restauración (Lemauiel y Roze, 2000). Una prueba de ello son las numerosas repoblaciones forestales que se hicieron en sistemas dunares del litoral de la Península Ibérica (Valls, 1870; Artigas, 1889; Anónimo, 1890; Artigas, 1896; De Castro, 1900a, 1900b) y otros lugares de Europa (Williams y Davies, 2001) que actualmente tienen un valor ecológico bajo. De hecho, en no pocos casos para iniciar un proceso de regeneración natural de la vegetación dunar sería suficiente con una simple actuación que favoreciera el desarrollo de estas comunidades anuales pioneras (Van



Fig. 7. Actuación de replantación e instalación de trampas en Arenal de s'Olla.

Fig. 7. Actuation of replanting and installation of traps in s'Olla.

Aarde *et al.*, 1996; Kutiel *et al.*, 2000; Parisod y Baudière, 2006). Su presencia desencadenaría todo el proceso de sucesión de la vegetación sin necesidad de realizar ningún otro tipo de reintroducción (Fig. 7).

Playas en restauración: la esperanza del futuro

Que la regeneración de la vegetación y la restauración de una playa con un alto nivel de degradación son posibles, es un hecho evidente por los numerosos casos prácticos que existen (La Cock y Burkinshaw, 1996; Nichols, 1996; Van der Meule y Udo de Haes, 1996; Freestone y Nordstrom, 2001; Kutiel, 2001; Nordstrom *et al.*, 2002; De Lillis, 2004; Roig-Munar *et al.*, 2006; 2009). Algunos de ellos con resultados positivos en un espacio de tiempo relativamente corto.

Hay diversos factores que favorecen que estas actuaciones de restauración se puedan realizar con pocos medios y con un coste económico relativamente bajo (Spurgeon, 1998). Por un lado están las propiedades intrínsecas del sistema dunar y de los suelos arenosos. Por ejemplo, este mismo condicionante del elevado dinamismo de la arena, es también en cierta mane-

ra, una ayuda. Gracias a él con intervenciones mínimas, de baja intensidad, se consiguen modificaciones del relieve que son suficientes para propiciar el establecimiento de las especies más pioneras (Nichols, 1996; Freestone y Nordstrom, 2001; Conway y Nordstrom, 2003). Pero este efecto no solamente es en el aspecto cuantitativo, sino también en el cualitativo. Esto significa que estos pequeños cambios en el relieve también generan una diversificación de ambientes y hábitats, y a mayor diversidad de éstos más oportunidades de establecimiento para un mayor número de especies. Precisamente la incidencia en este aspecto es lo que puede favorecer la obtención de mejores resultados en las actuaciones de restauración de sistemas dunares (De Raeve, 1989; Kutiel, 2001). Actuando de esta forma también se saca provecho de otra serie de factores que facilitan la regeneración del sistema dunar y sus componentes. Si la vegetación es uno de los elementos clave en el mantenimiento de un sistema dunar, en la medida que se favorezca la diversidad de ésta, los resultados obtenidos serán más positivos a largo plazo (Kutiel, 2001).

Las especies vegetales se agrupan entre ellas para formar comunidades y asociaciones. La constitución y diferenciación suele obedecer a variaciones, a veces mínimas y difícilmente apreciables, en la morfología del suelo o en otros aspectos como su profundidad o propiedades químicas y físicas. Por otro lado, es evidente que en un medio alterado como más se logra diversificar el número de especies más posibilidades hay que se produzca una recolonización efectiva y por lo tanto se logre iniciar un proceso de asentamiento de las comunidades vegetales. Éstas en último término serán las que servirán de confirmación o referencia del buen sentido de la restauración integral del

hábitat (Avis y Lubke, 1996; Provoost *et al.*, 2004; Levin *et al.*, 2008; Acosta *et al.*, 2009). En resumen también hay que saber aprovechar el dinamismo y la diversidad que nos ofrece la misma vegetación, de esta forma aumentamos también las probabilidades de éxito en las actuaciones de restauración.

Hay evidencias claras que los mejores resultados en las actuaciones de restauración de sistemas dunares se obtiene en aquellas que utilizan diferentes técnicas y métodos de manera simultánea (Fig. 8) (Nichols, 1996; Freestone y Nordstrom, 2001; Nordstrom *et al.*, 2002; Nordstrom, 2005).

Así por ejemplo si a la instalación de barreras o trampas de arena se asocian otras prácticas como la formación de pequeños relieves que tengan en su base algún tipo de materia orgánica, como por ejemplo los restos de *Posidonia oceanica* dejados por el oleaje (Roig-Munar *et al.*, 2006b; 2009), se conseguirá no solamente captar arena e iniciar así la morfología dunar, sino que también se favorecerá la implantación más rápida de una vegetación pionera de carácter nitrófilo. El principal beneficio de la presencia de ésta será el desarrollo puntual de una vegetación herbácea de crecimiento rápido que servirá de punto de apoyo para el establecimiento de otras plantas con un carácter más permanente.

El efecto positivo de esta actuación concreta puede observarse en la evolución de la restauración de la playa del arenal de S'Olla (Fig. 9). La comparación de imágenes aéreas muestra evidencias claras la transformación que ha sufrido esta playa y su sistema dunar asociado (Roig *et al.*, 2007b). La pérdida de cubierta vegetal es evidente en el extremo oriental. Pero en unos pocos años esta tendencia se está invirtiendo gracias a las actuaciones de restauración. Como muestra el mapa de zonas de vegetación (Fig. 5) una parte im-



Fig. 8. Utilización simultánea de diferentes técnicas en Arenal de s'Olla.

Fig. 8. Simultaneous use of different techniques in s'Olla.

portante del sistema dunar muestra actualmente un proceso de colonización de la vegetación, especialmente por parte de especies como *Ammophila arenaria* y *Lotus cytisoides*.

En el contexto actual el origen del material vegetal es también un factor importante a tener en cuenta. Si el material es de origen local tendrá un proceso de adaptación más rápido al medio natural. Al mismo tiempo, con su uso, se contribuye a la conservación la biodiversidad local y se evita la introducción de especies o genotipos alóctonos. El movimiento de especies fuera de su región de origen está originando numerosos problemas ecológicos y económicos a una escala global. La proliferación de especies exóticas invasoras cuya expansión se está convirtiendo en una de las principales amenazas a la conservación de la biodiversidad y está también presente en la gestión de los sistemas dunares (Hellström, 1996; Lemauviel y Roze, 2000; Leege y Murphy, 2001; Levin y Ben-Dor, 2004; Provoost *et al.*, 2004). Aunque menos evidente pero igualmente grave es la traslocación de genotipos de una misma especie. Esto tiene especial importancia en territorios delimitados como los insulares en los cuales con frecuencia el



Fig. 9. Cronosecuencia mediante ortofotos de la evolución de la vegetación en Arenal de s'Olla. Puede observarse el cambio significativo entre 2002 y 2007 gracias a la utilización simultánea de diferentes técnicas.

Fig. 9. Chronosequence using orthophotos of the evolution of vegetation in s'Olla. Thanks to the simultaneous use of different techniques a significant change between 2002 and 2007 pictures can be seen.

aislamiento geográfico ha ocasionado una diferenciación genética que aunque no tenga valor taxonómico si lo tiene en cuanto a la conservación de la biodiversidad.

Playas en deterioro constante: la batalla continuada

Algunas playas por sus características geomorfológicas y por la presión antrópica que están soportando, en el contexto actual, difícilmente se podrán realizar en ellas actuaciones que tengan como objetivo una regeneración integral del sistema dunar. Este es el caso por ejemplo de las calas que quedan encajonadas en el litoral rocoso. En estos espacios la limitación afecta a la vegetación original al no existir fase de transición entre el suelo arenoso y el substrato rocoso, por lo tanto la posibilidad de expansión de los vegetales es limitada. Pero también tiene limitado el espacio el turista o visitante. La consecuencia de todo esto es la total ocupación del sistema dunar por parte de las personas y con ello la destrucción y desaparición de la vegetación original. Con esta situación las actuaciones de gestión destinadas a la restauración que se puedan realizar tendrán un ámbito limitado.

Contemplar una regeneración integral del sistema dunar es prácticamente imposible. Pero en cambio, es posible incentivar y desarrollar actuaciones puntuales que permitan regenerar o conservar un mínimo de vegetación dunar como puede observarse en el caso concreto de Punta Prima (Fig. 10). El mapa de zonas de vegetación de esta playa (Fig. 6), también pone de manifiesto esta situación. En pocos años se ha pasado de una situación de casi total ausencia de vegetación a la presencia de núcleos dinámicos de comunidades vegetales propias de los hábitats de suelos arenosos litorales.

A diferencia de los casos anteriores, las actuaciones que se puedan realizar tendrán una metodología y unas técnicas algo diferentes. Por un lado tendrá que obtenerse información sobre que zonas del espacio donde se intervenir son las más adecuadas para realizar estas intervenciones. Por otro, la elección de las especies se realizará de una forma más precisa en función de su ubicación dentro del espacio de intervención, pero también según su tolerancia a las alteraciones causadas por el exceso de frecuentación humana. Así, por ejemplo aquellas plantas con una elevada capacidad de regeneración vegetativa son



Fig. 10. Resultado de la regeneración de la vegetación en Punta Prima.
Fig. 10. Results of the regeneration of vegetation in Punta Prima.

más adecuadas que no las que tengan problemas para rebrotar o con un crecimiento basal limitado. De esta forma especies como *Elymus farctus*, *Pancratium maritimum*, *Sporobolus pungens* o *Lotus cytisoides*, todas ellas con recursos subterráneos o facilidad de rebrotación, son más adecuadas que otras como *Echium sabulicola*, *Anthemis maritima*, *Matthiola incana* u *Otanthus maritimus*, las cuales tienen un sistema vegetativo subterráneo poco desarrollado o la parte aérea se rompe con facilidad. Aún así en estas actuaciones, todo y su ámbito limitado, es igualmente aconsejable seguir las recomendaciones mencionadas anteriormente, en el sentido de favorecer y conseguir los procesos naturales de sucesión de las comunidades vegetales.

Al mismo tiempo por la situación de proximidad y por el efecto visual que tienen estas actuaciones pueden convertirse en un buen recurso en la sensibilización y concienciación social. Como en la mayoría de iniciativas de gestión del medio ambiente la consecución de sus objetivos a largo plazo tiene en la implicación de la sociedad uno de los pilares fundamentales (Nichols, 1996; Harman y Arbogast, 2004; Mc Kenna *et al.*, 2007). Sin ello, sin esta comprensión muchas de estas actuaciones

no consiguen tener prolongación en el tiempo y sus objetivos finales nunca se consiguen. Esta argumentación es todavía más importante en casos como estos de deterioro constante y en la que por lo tanto las actuaciones tienen que repetirse y prolongarse en el tiempo con cierta frecuencia. Por todo esto en estas situaciones más que en otros casos es aconsejable realizar actuaciones completarias en este sentido (Nichols, 1996). Se trataría entre otras cosas de la delimitación física del espacio o la instalación de cartelería informativa sobre las actuaciones realizadas y las especies utilizadas. Con ello no solamente se pretende informar, sino también difundir otros aspectos como la necesidad de conservar la vegetación de estos espacios para poder seguir disfrutando de ellos, o también comunicar y demostrar que la restauración del medio natural es compatible con la presencia y la actividad humana, incluso en espacios altamente degradados.

Conclusiones y recomendaciones

En Menorca es posible encontrar diferentes estados de conservación de las playas y sistemas dunares. A pesar de todo

en los últimos años ha habido un claro incremento de la situación de degradación a causa del aumento de la actividad turística. Este proceso de deterioro ha tenido efectos negativos, no solamente en la conservación del medio ambiente, sino también en la propia funcionalidad de estos espacios para el uso turístico. La pérdida de la superficie de arena provoca una disminución del espacio más adecuado para uso de las persona, pero también la degradación de la vegetación tiene una percepción negativa en lo que se refiere a la valoración de la calidad ambiental del lugar de veraneo. Esta situación local y la más avanzada de deterioro que se puede observar en regiones próximas han propiciado el desarrollo de iniciativas para restaurar y recuperar los sistemas dunares más degradados. En éstas se ha puesto en evidencia que la vegetación tiene una función fundamental en la obtención de resultados positivos y que éstos se mantengan a largo plazo.

Por todo ello el conocimiento de la flora y vegetación de los sistemas dunares de la isla, tanto en el aspecto cuantitativo como en el cualitativo, no es solamente una necesidad desde el punto de visto científico, sino que también tiene una orientación práctica. Más aun cuando estudios realizados en diversos ámbitos ponen de manifiesto que algunas de estas formaciones geomorfológicas tienen en la isla particularidades tanto en lo que se refiere a su comportamiento y funcionamiento, como a la biodiversidad que albergan (Bolòs *et al.*, 1970; Rita *et al.*, 1988; Rita y Tébar, 1990; Roig-Munar *et al.*, 2007).

En cualquier caso, los trabajos de restauración realizados hasta ahora muestran como la regeneración integral de estos hábitats es posible, incluso con la utilización de técnicas poco agresivas y en un plazo de tiempo relativamente corto.

Bibliografía

- Acosta, A., Carranza, M.L. y Izzi, C.F. 2009. Are there habitats that contribute best to plant species diversity in coastal dunes? *Biodiversity and Conservation*, 18: 1087-1098.
- Anónimo. 1890. Estudio sobre la fijación de las dunas situadas en el término municipal de Almonte, en la provincia de Huelva. *Revista de Montes*, 14: 281-287,311-318,343-348,367-373,388-397,448-457,472-479,496-502,505-510.
- Arens, S.M. 1996. Patterns of sand transport on vegetated foredunes. *Geomorphology*, 17: 339-350.
- Artigas, P. 1889. Dunas procedentes del golfo de Rosas. *Revista de Montes*, 300: 329-331.
- Artigas, P. 1896. Las dunas del golfo de Rosas. *Revista de Montes*, XX: 536-541, 9-15
- Avis, A.M. y Lubke, R.A. 1996. Dynamics and succession of coastal dune vegetation in the Eastern Cape, South Africa. *Landscape and Urban Planning*, 34: 237-254.
- Blondel, J. 2006. The 'design' of Mediterranean landscapes: a millennial history of humans and ecological systems during the historic period. *Human Ecology*, 34: 713-729.
- Blondel, J. 2008. On humans and wildlife in Mediterranean islands. *Journal of Biogeography*, 35: 509-518.
- Bolòs, O., Molinier, R. i Montserrat, P. 1970. Observations phytosociologiques dans l'île de Minorque. *Acta Geobot. Barcinon.*, 5: 1-150.
- Buckley, R. 1987. The effect of sparse vegetation on the transport of dune sand by wind. *Nature* 325, 426-428.
- Butzer, K.W. 2005. Environmental history in the Mediterranean world: cross-disciplinary investigation of cause-and-effect for degradation and soil erosion. *Journal of Archaeological Science*, 32: 1773-1800.
- Cardona, X., Carreras, D., Fraga, P. Roig-Munar, F. X. i Estaún, I. 2004. Avaluació de l'estat dels sistemes dunars de Menorca 2002. In: Pons, G.X (Edit). *IV Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums. Soc. Hist. Nat. Balears. Palma de Mallorca. 307-308.*

- Cicin-Sain, B. (ed.). 1993. Integrated coastal zone management. Special issue. *Ocean and Coastal Management*, 21.
- Conway, T.M. y Nordstrom, K.F. 2003. Characteristics of topography and vegetation at boundaries between the beach and dune on residential shorefront lots in two municipalities in New Jersey, USA. *Ocean and Coastal Management*, 46: 635-648.
- Corre, J.J. 1991. The sand dunes and their vegetation along the Mediterranean coast of France. Their likely response to climatic change. *Landscape Ecology*, 6: 65-75.
- Crawford, R.M.M. 1989. Studies in plant survival. Ecological case histories of plant adaptation to adversity. Blackwell Science.
- De Castro, A.F. 1900a. Repoblación de dunas. *Revista de Montes*, 24: 225-232, 281-285
- De Castro, A.F. 1900b. Repoblación de dunas. *Revista de Montes*, 24: 395-400.
- De Lillis, M., Costanzo, L., Bianco, P.M. y Tinelli, A. 2004. Sustainability of sand dune restoration along the coast of the Tyrrhenian sea. *Journal of Coastal Conservartion*, 10: 93-100.
- De Raeve, F. 1989. Sand dune vegetation and management dynamics. In: Van der Meulen, F., Jungerius, P.D. y Visser, J.H. *Perspectives in coastal dune management: 99-109*. SPB Academic Publisjing bv. The Hague.
- Doing, H. 1985. Coastal fore-dune zonation and succession in various parts of the world. In: Beeftink, W.G., Rozema, J. y Huisker, A.H.L. *Ecology of coastal vegetation. Proceedings of a symposium, Haamstede, March 21-25, 1983: 65-75*. Dr. W. Junk Publishers. Dordrecht, Boston and Lancaster.
- Drees, J.M. (ed.) 1997. Coastal dunes, recreation and planning. Proceedings of European Seminar, Castricum, November, 1995. Publ. EUCC Service, Leiden.
- Durán, O. y Herrmann, H.J. 2006. Vegetation against dune mobility. *Physical Review Letters*, 97: 188001
- El Banna, M.M. 2004. Nature and human impact on Niel Delta coastal sand dunes, Egypt. *Environmental Geology*, 45: 690-695.
- El Banna, M.M. 2008. Vulnerability and fate of a coastal sand dune complex. Rosetta-Idku, northwestern Nile Delta, Egypt. *Environmental Geology*, 54: 1291-1299.
- Forey, E., Chapelet, B., Vitasse, Y., Tilquin, M., Touzard, B. y Michalet, R. 2008. The relative importance of disturbance and environmental stress at local and regional scales in French coastal sand dunes. *Journal of Vegetation Science*, 19: 493-502.
- Fraga, P., Mascaró Sintes, C., Carreras Martí, D., Garcia Febrero, O., Pallicer Allés, X., Pons Gomila, M., Seoane Barber, M. i Truyol Olives, M. 2004. *Catàleg de la flora vascular de Menorca*. Institut Menorquí d'Estudis. Maó.
- Freestone, A.L. y Nordstrom, K.F. 2001. Early development of vegetation in restored dune plant microhabitats on a nourished beach at Ocean City, New Jersey. *Journal of Coastal Conservation*, 7: 105-116.
- Gómez-Pina, G., Muñoz-Pérez, J.J., Ramírez, J.L. y Carlos, L. 2002. Sand dune management problems and techniques, Spain. *Journal of Coastal Research*, 36: 325-332.
- Grove, A.T. y Rackham, O. 2001. *The nature of Mediterranean Europe. An ecological history*. Yale University Press.
- Harman, J.R. y Arbogast, A.F. 2004. Environmental ethics and coastal dunes in Western Lower Michigan: Developing a rationale for ecosystem preservation. *Annals of the Association of American Geographers*, 94: 23-36.
- Hillen, R. y Verhagen, H.J. 1993. Coastlines of teh southern North Sea. *Amer. Soc. Civ. Eng.*
- Hellström, G.B. 1996. Preliminary investigations into recent changes of the Goukamma Nature Reserve frontal dune system, South Africa – with management implications. *Landscape and Urban Planning*, 34: 237-254. *Landscape and Urban Planning*, 34: 225-235.
- Hesp, P.A. 1991. Ecological processes and plant adaptations on coastal dunes. *Journal of Arid Environments*, 21: 165-191.
- Hesp, P.A. 2002. Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. *Geomorphology*, 48: 245-268.
- Holdgate, M.W. 1993. The sustainable use of tourism – a key conservation issue. *Ambio*, 22: 481-482.

- Jones, M.L.M., Sowerby, A., Williams, D.L. y Jones, R.E. 2008. Factors controlling soil development in sand dunes: evidence from a coastal dune soil chronosequence. *Plant Soil*, 307: 219-234.
- Kim, D. y Yu, K.B. 2009 A conceptual model of coastal dune ecology synthesizing spatial gradients of vegetation, soil, and geomorphology. *Plant Ecology*, 202: 135-148.
- Komar, P.D. 1983. *Handbook of coastal processes and erosion*. CRC Press.
- Kruckeberg, A.R. 2002. *Geology and plant life. The effects of landforms and rock types on plants*. University of Washington Press.
- Kutiel, P. 1998. Annual vegetation of the coastal sand dunes of the northern Sharon, Israel. *Israel Journal of Plant Sciences*, 46: 287-298.
- Kutiel, P. 2001. Conservation and management of the Mediterranean coastal sand dunes in Israel. *Journal of Coastal Conservation*, 7: 183-192.
- Kutiel, P., Cohen, O., Shoshany, M. y Shub, M. 2004. Vegetation establishment on the southern Israeli coastal sand dunes between the years 1965 and 1999. *Landscape and Urban Planning*, 67: 141-156.
- Kutiel, P. y Danin, A. 1987. Annual-species diversity and aboveground phytomass in relation to some soil properties in the sand dunes of northern Sharon Plains, Israel. *Vegetatio*, 70: 45-49.
- Kutiel, P., Peled, Y. y Geffen, E. 2000. The effect of removing shrub cover on annual plants and small mammals in a coastal sand dune ecosystem. *Biological Conservation*, 94: 235-242.
- La Cock, G.D. y Burkinshaw, J.R. 1996. Management implications of development resulting in disruption of headland bypass dunefield and its associated river, Cape St Francis, South Africa. *Landscape and Urban Planning*, 34: 373-381.
- Lancaster, N. y Baas, A. 1998. Influence of vegetation cover on sand transport by wind: field studies at Owens lake, California. *Earth Surface Processes and Landforms*, 23: 69-82.
- Leege, L.M. y Murphy, P.G. 2001. Ecological effects of the non-native *Pinus nigra* on sand dune communities. *Canadian Journal of Botany*, 79: 429-437.
- Lemauiel, S. y Roze, F. 2000. Ecological study of pine forest clearings along the French Atlantic sand dunes: Perspectives of restoration. *Acta Oecologica*, 21: 179-192.
- Levin, N. y Ben-Dor, E. 2004. Monitoring sand dune stabilization along the coastal dunes of Ashdod-Nizanim, Israel, 1945-1999. *Journal of Arid Environments*, 58: 335-355.
- Levin, N., Kidron, G.J. y Ben-Dor, E. 2008. A field quantification of coastal dune perennial plants as indicators of surface stability, erosion or deposition. *Sedimentology*, 55: 751-772.
- Martín-Prieto, J.A. y Rodríguez Perea, A. 1996. Participación vegetal en la construcción de los sistemas dunares litorales de Mallorca. In: Grandal d'Anglade, A. y Pagés Valcarlos, J. (eds.). IV Reunión de Geomorfología. O Castro (Coruña): 785-799. Sociedad Española de Geomorfología.
- Martín-Prieto, J.A., Roig-Munar, F. X., Rodríguez Perea, A. y Pons, G. X. 2009. Evolució de la línia de costa de la platja d'es Trenc. In: Mayol, J., Muntaner, Ll. y Rullán, O. (eds.). Homenatge a Bartomeu Barceló i Pons, geògraf. 423-438. Palma de Mallorca.
- Massuti, E., Grau, A.M., Duarte, C.M., Terrados, J. y Marbà, N. 2000. La posidònia: l'alga que no ho és. *Quaderns de Pesca*, 5. Conselleria d'Agricultura i Pesca, Govern de les Illes Balears.
- Maun, M.A. 2009. *The biology of coastal sand dunes*. Oxford University Press.
- McGwynne, L.E. y McLahlan, A. 1992. *Ecology and management of sandy coasts*. Institute for Coastal Research Report No. 30. University of Port Elizabeth.
- Mc Kenna, J., O'Hagan, A.M., Power, J., Macleod, M. y Cooper, A. 2007. Coastal dune conservation on an Irish commonage: community-based management or tragedy of the commons? *The Geographical Journal*, 173: 157-159.
- Melo Ferraz, M.D. 2007. Identificação e caracterização das dunas e campos dunares da parte norte da Península de Tróia. Mestrado em Geologia na Especialidade de Ambiente, Riscos Geológicos e Ordena-

- miento do Território. Universidade de Lisboa.
- Mentis, M.T. y Ellery, W.N. 1994. Post-mining rehabilitation of dunes on the north-east coast of South Africa. *South African Journal of Sciences*, 90: 69-74.
- Musila, W.M., Kinyamario, J.I. y Jungerius, P.D. 2001. Vegetation dynamics of coastal sand dunes near Malindi, Kenya. *African Journal of Ecology*, 39: 170-177.
- Nichols, G.R. 1996. Preliminary observations on managing and reclaiming frontal dunes within the Durban municipal area. *Landscape and Urban Planning*, 34: 383-388.
- Nordstrom, K.F. 2005. Beach Nourishment and coastal habitats: Research needs to improve compatibility. *Restoration Ecology*, 13: 215-222.
- Nordstrom, K.F., Jackson, N.L., Bruno, M.S., de Butts, H.A. 2002. Municipal initiatives for managing dunes in coastal and residential areas: a case study of Avalon, New Jersey, USA. *Geomorphology*, 47: 137-152.
- Nzunda, E.F., Griffiths, M.E. y Lawes, M.J. 2008. Sprouting by remobilization of above-ground resources ensures persistence after disturbance of coastal dune forest trees. *Functional Ecology*, 22: 577-582.
- Parisod, C. y Baudière, A. 2006. Flore du litoral sableux: description et conservation de la plage roussillonnaise en tant que théâtre écologique de l'évolution. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, 90: 47-68.
- Provoost, S., Ampe, C., Bonte, D., Cosyns, E. y Hoffmann, M. 2004. Ecology, management and monitoring of grey dunes in Flanders. *Journal of Coastal Conservation*, 10: 33-42.
- Raal, P.A. y Burns, M.E.R. 1996. Mapping and conservation importance rating of the South African coastal vegetation as an aid to development planning. *Landscape and Urban Planning*, 34: 389-400.
- Rita, J., Rodríguez, A i Tébar, F. 1988. Sistemas dunares de Menorca. Valoración Geoambiental y estado de conservación. IME inédito, 109 p.
- Rita, J. i Tébar, F. 1990. Estructura de la vegetación dunar de Menorca (I. Baleares). *Studia Ecologica* 7: 33-48.
- Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.A., Comas-Lamarca, E. y Rodríguez-Perea, A. 2006a. Space-time analysis (1956-2004) of human use and management of the beach-dune systems of Menorca (Balearic Islands, Spain). *Journal of Coastal Research*, 48: 107-111.
- Roig Munar, F.X., Martín Prieto, J., Rodríguez-Perea, A. y Pons, G. X. 2006b. Valoración geoambiental y económica de diferentes técnicas de gestión de playas. In: Pérez Albertí, A. y López Bedoya, J. (Eds). *Geomorfología y Territorio. Actas IX Reunión Nacional de Geomorfología*. Universidad de Santiago de Compostela. 457-469.
- Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J. Á. y Fraga, P. 2007a. Descripción del sistema dunar de Cala en Carbó (NW Menorca, Illes Balears). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 50: 77-85.
- Roig-Munar, F.X., Rodríguez-Perea, A., Martín-Prieto, J. A. y Pons, G. X. 2007b. The restoration of the dune system of s'Olla (Menorca, Balearic Islands) as an example of the use and application of soft and passive measures of administration. In: *ICCD 2007 Book of abstracts of the International Conference on Management and Restoration of Coastal Dunes*. Ministerio de Medio Ambiente, Universidad de Cantabria: 126-128.
- Roig-Munar, F.X., Rodríguez-Perea, A, Martín-Prieto, J.A., y Pons, G. X. 2009. Soft of beach-dune systems as a tool for their sustainability. *Journal of Coastal Research*, 56: 1284-1288.
- Rust, I.C. y Illenberger, W.K. 1996. Coastal dunes: sensitive or not? *Landscape and Urban Planning*, 34: 165-169.
- Salisbury, E. 1952. *Downs y Dunes. Their plant life and its environment*. G. Bell y Sons, Ltd.
- Salman, A.H.P.M. y Strating, K.M. 1992. European coastal dunes and their decline since 1900. *European Union for Coastal Conservation*. Leiden.
- Sanjaume, E. y Pardo, J. 1992. The dunes of the Valencian coast (Spain): Past and present. *Proceedings of the third European dune congress*. Galway.

- Spurgeon, J. 1998. The socio-economic costs and benefits of coastal habitat rehabilitation and creation. *Marine Pollution Bulletin*, 37: 373-382.
- Thompson, J.D. 2005. *Plant evolution in the Mediterranean*. Oxford University Press.
- Turesson, G. 1922. The genotypical response of the plant species to the habitat. *Hereditas*, 3: 211-350.
- Tzatzanis, M., Wrbka, T. y Sauberer, N. 2003. Landscape and vegetation responses to human impact in sandy coasts of Western Crete, Greece. *Journal of Nature Conservation*, 11: 187-195.
- Valls, A. 1870. Las dunas de la ciudad de San Sebastián, su repoblación y su cultivo. *Revista de Montes*, 3: 89-94.
- Van Aarde, R.J., Ferreira, S.M. y Kritzinger, J.J. 1996. Successional changes in rehabilitating coastal dune communities in northern Kwazulu/Natal, South Africa. *Landscape and Urban Planning*, 34: 277-286.
- Van Bohemen, H.D. 1996. Environmentally friendly coasts: dune breaches and tidal inlets in foredunes. *Environmental engineering and coastal management. A case study from the Netherlands*. *Landscape and Urban Planning*, 34: 197-213.
- Van der Meulen, F. y Salman, A.H.P.M. 1996. Management of Mediterranean coastal dunes. *Ocean Coastal Management*, 30: 177-195.
- Van der Meulen, F. y Udo de Haes, H.A. 1996. Nature conservation and integrated coastal zone management in Europe: present and future. *Landscape and Urban Planning*, 34: 401-410.
- Van Dijk, P.M., Arens, S.M. y Van Boxel, J.H. 1999. Aeolian processes across transverse dunes. II: modelling the sediment transport and profile development. *Earth Surface Processes and Landforms*, 24: 319-333.
- Walter, H.S. 2004. The mismeasure of islands: implications for biogeographical theory and the conservation of nature. *Journal of Biogeography*, 31: 177-197.
- Wanders, E. 1989. Perspectives in coastal dune management. Towards a dynamic approach. In: van der Meulen, F., Jungerius, P.D. y Visser, J. (eds.). *Perspectives in coastal dune management: 141-148*. SPD Academis Publishing.
- Williams, A.T. y Davies, P. 2001. Coastal dunes of Wales; vulnerability and protection. *Journal of Coastal Conservation*, 7: 145-154.
- Yizhaq, H., Ashkenazy, Y. y Tsoar, H. 2007. Why do active and stabilized dunes coexist under the same climatic conditions? *Physical Review Letters*, 98.